

M. Fresenius

M. Heck

**Repetitorium Intensivmedizin**

**3., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage**

M. Fresenius

M. Heck

# Repetitorium Intensivmedizin

Vorbereitung auf die Prüfung »Intensivmedizin«

Unter Mitarbeit von Wolfgang Zink, Universität Göttingen

3., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Mit 130 Abbildungen

 Springer

**Dr. med. Michael Fresenius**

Evangelisches Krankenhaus Düsseldorf  
Klinik für Anästhesiologie,  
operative Intensiv- u. Schmerztherapie  
Kirchfeldstr. 40  
40217 Düsseldorf  
E-mail: Msfres@aol.com

**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-13 978-3-540-72279-3 3. Auflage 2008 Springer Medizin Verlag Heidelberg

ISBN-13 978-3-540-21479-3 2. Auflage 2006 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 Verlag**

[springer.de](http://springer.de)

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2001, 2006, 2008

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

Planung: Ulrike Hartmann und Dr. Anna Krätz, Heidelberg

Projektmanagement: Gisela Schmitt, Heidelberg

Copy-Editing: Michaela Mallwitz, Tairnbach

Layout und Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Satz: TypoStudio Tobias Schaedla, Heidelberg

SPIN: 12057825

Gedruckt auf säurefreiem Papier

22/2122 – 5 4 3 2 1 0

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

# Vorwort zur 3. Auflage

---

Im intensivmedizinischen Bereich wurde in den zurückliegenden Jahren zum Beginn des neuen Jahrtausends eine Reihe von bedeutenden neuen Therapiekonzepten 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.

So wird zum Beispiel das Kreislauf stabilisierende Kortison bei septischen Patienten aufgrund fehlender Mortalitätsreduktion nach der Präsentation der *Corticus-Studie* aktuell nicht mehr empfohlen. Die intensivierete Insulintherapie mit Blutzuckerzielwerten von 80-110 mg/dl nach den Erstempfehlungen von Gritt van de Berghe wurde aufgrund der Gefahr von iatrogenen Hypoglykämien bei septischen Patienten »gelockert«, und die Anwendung des aktivierten Protein C zur Sepsistherapie wurde auf bestimmte Patientenkollektive beschränkt.

Weitere Veränderungen z.B. im Bereich der parenteralen/enteralen Ernährung oder der Beatmungstherapie sowie Weaningverfahren werden wohl in naher Zukunft folgen.

Diese zahlreichen neuen Therapiekonzepte sowie die Einführung neuer Substanzen und Medikamente in der intensivmedizinischen Therapie auf den Gebieten der Infektiologie, der Ernährung, der Herzkreislauftherapie, der Organersatzverfahren machten es notwendig, die vorhandenen Kapitel der im Jahr 2005 erschienenen 2. Auflage des »*Repetitorium Intensivmedizin*« bereits nach kurzer Zeit zu aktualisieren und durch einige klinisch und prüfungsrelevante neue Kapitel zu ergänzen.

Bei der vorliegenden 3. Auflage des »*Repetitorium Intensivmedizin*« hat uns erstmals Herr Wolfgang Zink von der Universität Göttingen bei der Überarbeitung einiger bestehender Kapitel wie *Monitoring*, sowie durch die Abfassung des neuen Kapitels *Schock* unterstützt.

Das erfolgreiche Konzept unserer »*Repetitorien*« – nämlich die Darstellung von ausgewähltem, knapp formuliertem, aktuellem intensivmedizinischem Wissen – haben wir beibehalten. Wir hoffen, damit auch in Zukunft den Erwartungen unserer Leser und Prüfungskandidaten zu entsprechen.

Für die konstruktiven Hinweise zur Verbesserung der vorangegangenen Auflagen des »*Repetitorium Intensivmedizin*« möchten wir uns bei den zahlreichen Lesern vielmals bedanken und würden uns auch weiterhin über Anregungen und Kritik aus Ihrem Leserkreis sehr freuen.

Düsseldorf, Heidelberg und  
Göttingen im Oktober 2007

Dr. med. Michael Fresenius  
Dr. med. Michael Heck

## Geleitwort zur 3. Auflage

---

Aus verwaltungstechnischer Sicht ist die Intensivstation eine Station, die hohe bis sehr hohe Kosten verursacht. Aus Sicht des Patienten ist die Intensivstation diejenige Station, die über seine Prognose quoad vitam entscheidet. Die Praxis der Intensivmedizin hat sich in den letzten 10 Jahren deutlich geändert. Früher bestand die Intensivmedizin aus einer empirischen Therapie, die »aus dem Bauch heraus« gesteuert wurde. Heute orientiert sich der Intensivmediziner an einer Vielzahl wissenschaftlich erhobener Daten und richtet danach das therapeutische Konzept für den individuellen Patienten aus.

Die Umsetzung dieses modernen Konzeptes erfordert vom Intensivmediziner neben Erfahrung insbesondere detaillierte Sachkenntnis. Bereits die ersten beiden Auflagen dieses *Repetitoriums* hatten sich in den vergangenen Jahren als verlässlicher Zugang zu einer detaillierten Sachkenntnis bestens bewährt. Auf den Intensivstationen vieler Kliniken sah man das *Repetitorium* liegen, und viele Kolleginnen und Kollegen platzierten den *Fresenius/Heck* im heimischen Arbeitszimmer.

Die dritte Auflage des Werkes wurde um zahlreiche Themen erweitert, einzelne Kapitel wurden komplett neu überarbeitet, und es wurden eine ganze Reihe neuer Therapieprinzipien integriert. Somit spiegelt das *Repetitorium* den aktuellsten Stand der Intensivmedizin wider.

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

Im Oktober 2007

Prof. Dr. Hubert Böhler  
Caritas-Krankenhaus  
97980 Bad Mergentheim

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis..... XIII

## Allgemeine intensiv- medizinische Themen

1	Tracheotomie und Bronchoskopie .....	3
2	Monitoring .....	15
3	Kardiovaskulär wirksame Medikamente .....	53
4	Blut und Blutprodukte .....	65
5	Analgosedierung .....	87
6	Ernährungstherapie .....	95
7	»Invasive« Beatmung .....	127
8	»Nichtinvasive« Beatmung (NIV) .....	159
9	Hyperbare Oxygenierung (HBO) .....	163
10	Kardiopulmonale Reanimation (CPR).....	165

## Infektiologie

11	Antibiotika und Antimykotika.....	177
12	Infektiöse Endokarditis und Endokarditisprophylaxe .....	207
13	Pneumonie.....	215
14	Nosokomiale Infektionen .....	227
15	Spezielle Infektionen .....	231

## Spezielle Krankheitsbilder

16	Nierenerkrankungen und Nierenersatzverfahren.....	253
17	Lebererkrankungen .....	269
18	Pankreatitis.....	279
19	Gastrointestinale Probleme .....	287
20	Stressulkus .....	305
21	Entzugssyndrome und Delir .....	313

22	Intoxikationen.....	319
23	Akutes Koronarsyndrom (ACS) .....	331
24	ARDS (»acute respiratory distress syndrome«) .....	339
25	SIRS, Sepsis und Multiorganversagen .....	351
26	Lungenembolie .....	373
27	Pulmonaler Hypertonus (PH) und akute Rechtsherzdekompensation .....	383
28	Tetanus .....	389
29	Patienten mit Subarachnoidalblutung (SAB) .....	391
30	Intensivtherapie von Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT) .....	395
31	Therapie zerebraler Krampfanfälle .....	403
32	Herzinsuffizienz .....	405
33	Hirntoddiagnostik und Therapie des Organspenders.....	415
34	Abdominelles Kompartmentsyndrom (AKS) ..	419
35	Herzrhythmusstörungen in der Intensivmedizin .....	423
36	Schock .....	431

## Physiologie

37	Physiologie der Atmung .....	449
38	Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen- Haushalt .....	467
39	Blutgerinnung.....	481

## Anhang

40	Nachschlageteil .....	521
41	Umrechnungstabellen für Laborwerte – Normalwerte (SI-Einheiten) und sonstige Einheiten.....	527
	Stichwortverzeichnis .....	531

# Abkürzungsverzeichnis

---

AAA	abdominelles Aortenaneurysma	AVNRT	AV-Knoten-Reentry-Tachykardie
AaDO <sub>2</sub>	alveoloarterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz	AWMF	Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlicher Medizinischer Fachgesellschaften
ACh	Acetylcholin		
ACS	akutes Koronarsyndrom	BAA	Bauchaortenaneurysma
ACT	»activated clotting time«	BE	»base excess« (Basenüberschuss)
ACVB	aortokoronarer Venenbypass	BEL	Beckenendlage
ADH	antidiuretisches Hormon	BG	Blutgruppe
AED	automatischer externer Defibrillator	BGA	Blutgasanalyse oder Bundesgesundheitsamt (aus Kontext ersichtlich)
AEP	akustisch evozierte Potenziale		
AGW	Atemgrenzwert	BIPAP	»biphasic positive airway pressure«
AI	Aorteninsuffizienz	BLS	»basic life support«
AK	Antikörper	BMI	Body-Mass-Index
AKS	abdominelles Kompartmentsyndrom	BNP	»B-type natriuretic peptide«
ALI	»acute lung injury«	BtMvV	Betäubungsmittelverordnung
ALS	»advanced life support«	BZ	Blutzucker
AMI	akuter Myokardinfarkt		
AML	akute myeloische Leukämie	C	Compliance
ALV	akutes Leberversagen	CAO	»chronic airflow obstruction«
AMI	akuter Myokardinfarkt	c <sub>a</sub> O <sub>2</sub>	arterieller Sauerstoffgehalt
AMV	Atemminutenvolumen	CAP	»community acquired pneumonia« oder ambulant erworbene Pneumonie
Anm	Anmerkung	CARS	»compensatory antiinflammatory response syndrome«
ANF	atrialer natriuretischer Faktor	CAVHD	kontinuierliche arteriovenöse Hämodialyse
ANV	akutes Nierenversagen	CAVHF	kontinuierliche arteriovenöse Hämo-filtration bzw. Spontanfiltration
AO	apnoische Oxygenierung	CBF	zerebraler Blutfluss (Hirndurchblutung)
AP	arterieller Systemdruck bzw. Angina pectoris bzw. alkalische Phosphatase (je nach Zusammenhang)	CBV	zerebrales Blutvolumen
APACHE (-Score)	»acute physiology and chronic health evaluation« (score)	CC	»closing capacity« (Verschlusskapazität)
APC	aktiviertes Protein C	CHE	Cholinesterase
APP	abdomineller Perfusionsdruck	CFT	»clot formation time«
ARDS	»acute respiratory distress syndrome« (früher: »adult respiratory distress syndrome«)	CI	Herzindex
AS	Aminosäuren bzw. Aortenstenose (je nach Zusammenhang)	CIP	»critical illness polyneuropathy«
ASA	American Society of Anesthesiologists	C <sub>LA</sub>	Konzentration des Lokalanästhetikums
ASB	»assisted spontaneous breathing«	C <sub>m</sub>	minimale Konzentration
ASD	Vorhofseptumdefekt	CMRO <sub>2</sub>	»cerebral metabolic rate for oxygen« (zerebraler Metabolismus)
ASS	Acetylsalicylsäure	CO	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)
ATC	»automatic tube compensation«	CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
avDO <sub>2</sub>	arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	COLD	»chronic obstructive lung disease«
		COPD	»chronic obstructive pulmonary disease«
		COT	»clot observation time«



**XIV** Abkürzungen

CPAP	»continuous positive airway pressure«	EMLA	eutektische Mischung von Lokalanästhetika
CP(I)	Cardiac-power-(Index)	EMD	elektromechanische Dissoziation bzw. Entkoppelung
CPP	zerebraler Perfusionsdruck	EPA	Eikosapentaensäure (C20:5)
CPR	kardiopulmonale Reanimation	EPH	»edema, proteinuria, hypertension« (Gestose)
CPPV	»continuous positive pressure ventilation«	ERCP	endoskopisch retrograde Cholangio-pankreatikographie
CSE	kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie	ERV	expiratorisches Reservevolumen
CSF	Liquor cerebrospinalis	ES	Extrasystolen
CT	»coagulation time« oder Computertomographie (je nach Zusammenhang)	ESV	endsystolisches Volumen
CUT	koronare Ultraschallthrombolysen	ESBL	»extended spectrum beta lactamases«
CV	»closing volume« (Verschlussvolumen)	ESWL	extrakorporale Stoßwellenlithotripsie
CVI	Chronische ventilatorische Insuffizienz	etCO <sub>2</sub>	endexpiratorische CO <sub>2</sub> -Konzentration (in Vol.-%)
c <sub>v</sub> O <sub>2</sub>	venöser Sauerstoffgehalt	EVLW	extravaskuläres Lungenwasser
CVVHD	kontinuierliche venovenöse Hämodialyse	FAC	»fractional area change«
CVVHDF	kontinuierliche venovenöse Hämodiafiltration	F <sub>A</sub> O <sub>2</sub>	alveoläre Sauerstoffkonzentration
CVVHF	kontinuierliche venovenöse Hämodifiltration	FCKW	fluorierte Chlorkohlenwasserstoffverbindungen
DBS	Double-burst-Stimulation	FDA	Food and Drug Administration
DCM	dilatative Kardiomyopathie	Feiba	»factor eight inhibitor bypassing activity«
DD	Differentialdiagnose	FEV <sub>1</sub>	Ein-Sekunden-Kapazität
DHA	Docosahexensäure (C20:6)	FEV <sub>1</sub> /FVC	relative Ein-Sekunden-Kapazität in %
DHB	2,5-Dihydroxybenzoesäure	F <sub>ex</sub> CO <sub>2</sub>	expiratorische CO <sub>2</sub> -Konzentration
DIC	disseminierte intravasale Koagulopathie (Verbrauchskoagulopathie)	FFP	Fresh-frozen-Plasma
DK	Blasendauerkatheter	FFS	freie Fettsäuren
DL <sub>CO</sub>	Diffusionskapazität der Lunge für CO	FG	Frühgeborenes
DLV	»different lung ventilation« (seitendifferente Beatmung)	FGB	Fremdgasbolustest
DO <sub>2</sub>	Sauerstoffangebot	FI	Fibrinogen
DSA	digitale Subtraktionsangiographie	F <sub>I</sub> O <sub>2</sub>	inspiratorische Sauerstoffkonzentration
<b>E</b>	Expiration	FKW	fluorierte Kohlenwasserstoffe
ECCO <sub>2</sub> R	extrakorporale CO <sub>2</sub> -Elimination	FRC	funktionelle Residualkapazität
ECF	Extrazellulärflüssigkeit	FS	Fettsäuren
ECMO	extrakorporale Membranoxygenierung	FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis
ECT	»ecarin clotting time«	FSP	Fibrin(ogen)spaltprodukt
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure	FVC	forcierte Vitalkapazität
EDCF	»endothelium-derived contracting factor«	<b>GABA</b>	γ-Aminobuttersäure
EDRF	»endothelium-derived relaxing factor«	GCS	Glasgow Coma Scale
ED	Einzeldosis	GFR	glomeruläre Filtrationsrate
EDV	enddiastolisches Volumen	GHB	g-Hydroxybuttersäure
EF	Ejektionsfraktion (Auswurf fraktion)	GI	gastrointestinal
EK	Erythrozytenkonzentrat	GIB	gastrointestinale Blutung
EKK	extrakorporaler Kreislauf	GISA	Glykopeptid – intermediär empfindlicher Staphylococcus
EKZ	extrakorporale Zirkulation		

## Abkürzungen

FVC	forcierte expiratorische Vitalkapazität	ICG-PDR	Indocyangrün-Plasmaverschwinderate
GvH-Reaktion	Graft-versus-host-Reaktion	ICR	Interkostalraum
HAES	Hydroxyethylstärke	ID	Innendurchmesser
HAP	»hospital acquired pneumonia« (nosokomial erworbene Pneumonie)	IHSS	idiopathische hypertrophe Subaortenstenose
HAT	Heparin-assoziierte Thrombozytopenie	ILA	»interventional lung assist«
HBO	hyperbare Oxygenierung	iNOS	induzierbare NO-Synthetase
HCAP	»health care acquired pneumonia« oder Pneumonie bei einem Patienten, der aus einem Alten- oder Pflegeheim stammt	IPPV	»intermittent positive pressure ventilation« (kontrollierte Beatmung)
HBO-Therapie	hyperbare Sauerstofftherapie	IRDS	»infant respiratory distress syndrome«
HF	Herzfrequenz	IRV	inspiratorisches Reservevolumen oder Inverse-ratio-Ventilation (je nach Zusammenhang)
HFV	»high frequency ventilation« (Hochfrequenzbeatmung)	ITN	Intubationsnarkose
HFOV	Hochfrequenzoszillationsventilation	ITBV	intrathorakales Blutvolumen
HI	Herzindex	KBE	Kolonie bildende Einheit
HIPA	Heparin-induzierter Plättchen- aggregationstest	KF	Kammerflimmern
HIPAA	Heparin-induzierter Plättchen- Aktivierungs-Assay	KG	Körpergewicht
HIT	Heparin-induzierte Thrombozytopenie	KH	Kohlenhydrate
HLM	Herz-Lungen-Maschine	KHK	koronare Herzkrankheit
HMV	Herzminutenvolumen	KI	Kontraindikation bzw. Kurzinfusion (je nach Zusammenhang)
HOcm	hypertroph-obstruktive Kardiomyopathie	KIE	Kallikrein-Inhibitor-Einheit
HOPS	hirnorganisches Psychosyndrom	KOD	kolloidosmotischer Druck
HP	Helicobacter pylori	KOF	Körperoberfläche
HPT	Hyperparathyreoidismus	LA	Lokalanästhetikum (Lokalanästhetika)
HPV	hypoxische pulmonale Vasokonstriktion	LAE	Lungenarterienembolie
HRS	hepatorenales Syndrom	LAP	linker Vorhofdruck
HRST	Herzrhythmusstörungen	LAP	linker Vorhofdruck
HTPL	Herztransplantation	LBP	Lipopolysaccharid-bindendes Protein
HWZ	Halbwertszeit	LE	Lungenembolie
INR	»international normalized ratio«	LSB	Linksschenkelblock
HZV	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)	LTPL	Lebertransplantation
I	Inspiration	LVAD	Linksherzunterstützungssystem
IABP	intraaortale Ballonpumpe	LVEDP	linksventrikulärer enddiastolischer Druck
IAP	intraabdomineller Druck bzw. instabile Angina pectoris (je nach Zusammenhang)	LVEDV	linksventrikuläres enddiastolisches Volumen
I <sub>B</sub>	Broca-Index	LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurfraction)
IC	Inspirationskapazität	LVF	linksventrikuläre Pumpfunktion
ICD	implantierbarer Kardioverterdefibrillator	LVP	linker Ventrikeldruck
ICF	Intrazellulärflüssigkeit	LVSWI	linksventrikulärer Schlagarbeitsindex
ICP	intrazerebraler bzw. intrakranieller Druck	MAC	minimale alveoläre Konzentration
		MAP	mittlerer arterieller Druck
		MCF	maximale »clot firmness«

XVI Abkürzungen

MCT	»middle chain triglycerides« (mittelkettige Triglyceride)	p	Druck
MEF	mittlerer expiratorischer Flow	p	Partialdruck
MEP	motorisch evozierte Potentiale	PAF	plättchenaktivierender Faktor
MER	Muskeigenreflex	PAI	Plasminogenaktivatorinhibitor
MG	Molekulargewicht	PAK	Pulmonalarterienkatheter
MI	Mitralinsuffizienz	PAOP	pulmonalkapillärer Verschlussdruck
MIF	inspiratorischer Spitzenfluss	$p_AO_2$	alveolärer $O_2$ -Partialdruck
MKG-	Mund-Kiefer-Gaumen-Gebiet	$p_aO_2$	arterieller $O_2$ -Partialdruck
Gebiet		$p_AO_2$	alveolärer $O_2$ -Partialdruck
MM	Muttermund	PAP	Pulmonalarteriendruck
MMEF	maximaler mittlerer expiratorischer Flow	pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
MNS	Malignes neuroleptisches Syndrom	PC-Druck	pulmonalarterieller Verschlussdruck
MODS	»multiple organ dysfunction syndrome«	PCA	patientenkontrollierte Analgesie
MOV	Multiorganversagen	PCI	perkutane Koronarintervention
MPAP	mittlerer Pulmonalarteriendruck	PCEA	patienten-kontrollierte Epidural-analgesie
MR	Muskelrelaxanzien	$pCO_2$	$CO_2$ -Partialdruck
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus	pcP	primär chronische Polyarthrit
MRSE	Methicilin-resistenter Staphylococcus epidermidis	PCWP	Pulmonalkapillardruck = Wedgemittel-druck
MS	Magensonde	PDA	Periduralanästhesie
MSSA	Methicillin-empfindlicher Staphylococcus aureus	PDT	perkutane Dilatationstracheotomie
$N_2$	Stickstoff	PDK	Periduralkatheter
$N_2O$	Stickoxidul (Lachgas)	PEA	pulslose elektrische Aktivität
NAW	Notarztwagen	PEEP	»positive endexpiratory pressure« (positiver endexpiratorischer Druck)
ndMR	nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien	PEF	persönlicher expiratorischer Flow
NEV	Nierenersatzverfahren	PEG	perkutane endoskopische Gastrostomie
NLA	Neuroleptanästhesie	$p_{et}CO_2$	endexpiratorischer $CO_2$ -Partialdruck
NMB	neuromuskuläre Blockade	PFA	»platelets function analyzer«
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat	PF	Plättchenfaktor
NMH	niedermolekulares Heparin	Pha	Pharmakologie
NMM	neuromuskuläres Monitoring	PH	pulmonaler Hypertonus
NMR	Kernspintomographie	$pH_i$	intramukosaler pH-Wert
NO	Stickstoffmonoxid	PHC	permissive Hyperkapnie
NSAID	»nonsteroidal anti-inflammatory drugs« (nichtsteroidale Antiphlogistika)	PI	Pulsatilitätsindex
NSE	neuronenspezifische Enolase	PIP	Atemwegsspitzenruck
NSTEMI	Nicht-ST-Strecken-Elevations-Myokardinfarkt	PK	Plasmapräkallikrein
NTPL	Nierentransplantation	PONV	»postoperative nausea and vomiting« (postoperative Übelkeit und Erbrechen)
NW	Nebenwirkung	PNS	peripheres Nervensystem
NYHA	New York Heart Association	PNP	Polyneuropathie
$O_2$	Sauerstoff	$pO_2$	$O_2$ -Partialdruck
		PPH(N)	persistierende pulmonale Hypertension (des Neugeborenen)
		ppm	»parts per million« = $ml/m^3$
		$p_sO_2$	partielle oder funktionelle Sauerstoffsättigung

## Abkürzungen

PTC	»post tetanic count« (posttetanische Zahl) oder Procalcitonin (je nach Zusammenhang)	SO <sub>2</sub>	fraktionelle Sauerstoffsättigung
PTCA	perkutane transluminale koronare Angioplastie	SPA	Spinalanästhesie
PTT	partielle Thromboplastinzeit	SSEP	somatosensorisch evozierte Potentiale
PTZ	Thrombinzeit	SSW	Schwangerschaftswoche
p <sub>v</sub> O <sub>2</sub>	gemischtvenöser Sauerstoffpartialdruck	SV	Schlagvolumen
PVR	pulmonaler Gefäßwiderstand	SVES	supraventrikuläre Extrasystole(n)
PVT	pulslose ventrikuläre Tachykardie	S <sub>vj</sub> O <sub>2</sub>	jugularvenöse Sauerstoffsättigung
		SVR	systemischer Gefäßwiderstand
		SVT	supraventrikuläre Tachykardie
Q <sub>L</sub>	Lungenperfusion	TAA	thorakales Aortenaneurysma
Q <sub>s</sub> /Q <sub>t</sub>	intrapulmonaler Shunt	TAAA	thorakoabdominelles Aortenaneurysma
R	Resistance (Atemwegswiderstand)	TAT	Thrombin-Antithrombin-III-Komplex
RAAS	Renin-Aldosteron-Angiotensin-System	TCD	transkranieller Doppler
RAP	rechter Vorhofdruck	TEC	transluminale Extraktionsatherektomie
RBF	renaler Blutfluss	TEE	transösophageale Echo(kardio)graphie
RES	retikuloendotheliales System	TEG	Thrombelastogramm
RKI	Robert Koch-Institut	TEG	Thrombelastogramm
ROSC	»return of spontaneous circulation«	TF	»tissue factor«
RQ	respiratorischer Quotient	TFA	Trifluoracetylchlorid
RR	systemarterieller Blutdruck (nach Riva-Rocci)	TG	Triglyzeride
RSB	Rechtsschenkelblock	TGI	intratracheale Gasinsufflation
rt-PH	rekombinanter Tissue-type-plasminogen-Aktivator (Alteplase)	THAM	Tris-Hydroxy-Aminomethan
RV	Residualvolumen	TIA	transitorische ischämische Attacke
RVEF	rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurffraktion)	TIPSS	transjugulärer intrahepatischer portosystemischer Shunt
RVP	rechter Ventrikeldruck	TIVA	totale intravenöse Anästhesie
RVSWI	rechtsventrikulärer Schlagarbeitsindex	TK	Thrombozytenkonzentrat
RWBS	regionale Wandbewegungsstörungen	TLC	totale Lungenkapazität
RZ	Reptilasezeit	TLT	translangyale Tracheotomie
SAB	Subarachnoidalblutung	TOF	»train-of-four«
SAP	systolischer arterieller Druck	t-PA	»tissue plasminogen activator!
S <sub>a</sub> O <sub>2</sub>	fraktionelle arterielle Sauerstoffsättigung	TRALI	»transfusion-related acute lung injury«
SAPS	Simplified Acute Physiology Score	Tris	Tris(hydroxymethyl)-aminomethan
SAS	Schlafapnoesyndrom bzw. sympathikoadrenales System (je nach Zusammenhang)	TTE	transthorakale Echokardiographie
SBM	Single-breath-Methode	TUR	transurethrale Resektion
SDD	selektive Darmdekontamination	TUR-Blase	transurethrale Elektroresektion der Blase
SHT	Schädel-Hirn-Trauma	TUR-Prostata	transurethrale Elektroresektion der Prostata
SI	Schlagvolumenindex	TVT	tiefe (Bein-)venenthrombose
SIADH	Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion	UBF	uteriner Blutfluss
SI-Einheit	Einheit im »système international d'unités«	UFH	normales (unfraktioniertes) Heparin
SIRS	»systemic inflammatory response syndrome«	URS	Ureterorenoskopie
		V <sub>A</sub>	alveoläre Ventilation
		V <sub>A</sub> /Q	Ventilations-Perfusions-Verhältnis
		VALI	»ventilation associated lung injury«
		VC	Vitalkapazität

## XVIII Abkürzungen

VCO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> -Produktion
V <sub>D</sub>	Totraumvolumen
VES	ventrikuläre Extrasystole(n)
VF/VT	»ventricular fibrillation« (Kammerflimmern)/«ventricular tachycardia« (Kammertachykardie)
VHF	Vorhofflimmern
VILI	»ventilation induced lung injury«
VIP	vasoaktives intestinales Peptid
VK	Verteilungskoeffizient
VO <sub>2</sub>	Sauerstoffaufnahme (Sauerstoffverbrauch)
VS	Ventilationsstörung
VT	ventrikuläre Tachykardie
V <sub>T</sub>	Tidalvolumen (Atemzugvolumen) bzw. ventrikuläre Tachykardie (je nach Zusam- menhang)
VTE	venöses thrombembolisches Ereignis
VVBP	venovenöse Biopumpe (Bypass)
vWF	von-Willebrand-Jürgens-Faktor
vWJs	von-Willebrand-Jürgens-Syndrom
WM	Wirkmechanismus
WW	Wechselwirkung
ZAS	zentrales anticholinerges Syndrom
ZNS	zentrales Nervensystem
ZVD	zentraler Venendruck

# Allgemeine intensivmedizinische Themen

- Kapitel 1 Tracheotomie und Bronchoskopie – 3
- Kapitel 2 Monitoring – 15
- Kapitel 3 Kardiovaskulär wirksame Medikamente – 53
- Kapitel 4 Blut und Blutprodukte – 65
- Kapitel 5 Analgosedierung – 87
- Kapitel 6 Ernährungstherapie – 95
- Kapitel 7 »Invasive« Beatmung – 127
- Kapitel 8 »Nichtinvasive« Beatmung (NIV) – 159
- Kapitel 9 Hyperbare Oxygenierung (HBO) – 163
- Kapitel 10 Kardiopulmonale Reanimation (CPR) – 165

# Tracheotomie und Bronchoskopie

## 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 »gigide wire dilating forcepsmethode« [GWDF])
- 1997** Erstbeschreibung der **translaryngealen Durchzugstracheotomie** von **Fantoni**
- 2001 Erstbeschreibung der dilatativen Tracheotomie mit selbstschneidendem Gewinde (PercuTwist) nach **Frova**

! In Deutschland wurden nach Westphal im Jahr 2001 ca. 31.000 Tracheotomien durchgeführt, davon ca. 50% als perkutane Dilatationstracheotomien (zu  $\frac{3}{4}$  von Anästhesisten ausgeführt). Die perkutanen Tracheotomien haben im Vergleich zu chirurgischen Tracheotomien geringere Infektionsraten.

### Indikationen

- voraussichtliche Langzeitbeatmung infolge prolongiertem Weaning (> 10 Tage) → zur Vermeidung

von laryngealen Schäden müsste jedoch schon am 5. Tag tracheotomiert werden!

- ▶ 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
- Notwendigkeit zur kinetischen Therapie,  $F_{I}O_2 > 0,5$  und PEEP > 10 cm  $H_2O$
- Ulzerationen im oralen Bereich
- neuromuskuläre Erkrankungen
- ggf. intraoperativ nach größeren Operationen im HNO- oder MKG-Gebiet → Sicherung der Atemwege bei zu erwartenden längeranhaltenden 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 Sekretabsaugung
- Reduktion des Atemwegwiderstands durch im Innendurchmesser größere (> 8,5 mm) und kürzere Tuben → verminderte Atemarbeit
- geringere Beweglichkeit des Tracheoflexes 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 Stenosisierungen im posterioren Stimmbandndrittel und bis zu 10% subglottische Vernarbungen und Stenosen.
- bessere Möglichkeit der Mundpflege
- geringerer Bedarf an Analgesiedierung
- höherer Patientenkomfort (Patient kann über spezielle Kanüle sprechen oder kann leichter oralisiert werden)

#### 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

#### Zu den chirurgischen Methoden zählen:

- **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) sind:

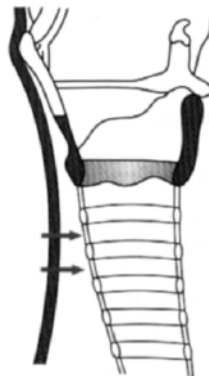
- **perkutane Dilatationstracheotomie** (PDT) nach Ciaglia, Ciaglia BlueRhino oder neuerdings nach Frova

- **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 Ligamentum 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 Dilatoren mit ansteigendem Durchmesser
  - nach der Dilatation Einführen der Trachealkanüle (■ Abb. 1.2)



■ Abb. 1.1. Optimale Punktionshöhe zur perkutanen Dilatationstracheotomie



## 2. Modifikation der PDT nach der Methode Ciaglia Blue Rhino

- Neuerdings stellt die Methode mittels **Ciglia-Blue-Rhino (CBR-)Methode** 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 verschieden gebogenen Führungsstäbe mit unterschiedlicher Größe mittels Seldinger-Technik durch den Dilatationskanal eingesetzt (Ciaglia-Blue-Rhino-Dilatator der Firma Cook Critical Care, Dänemark; ■ Abb. 1.3)

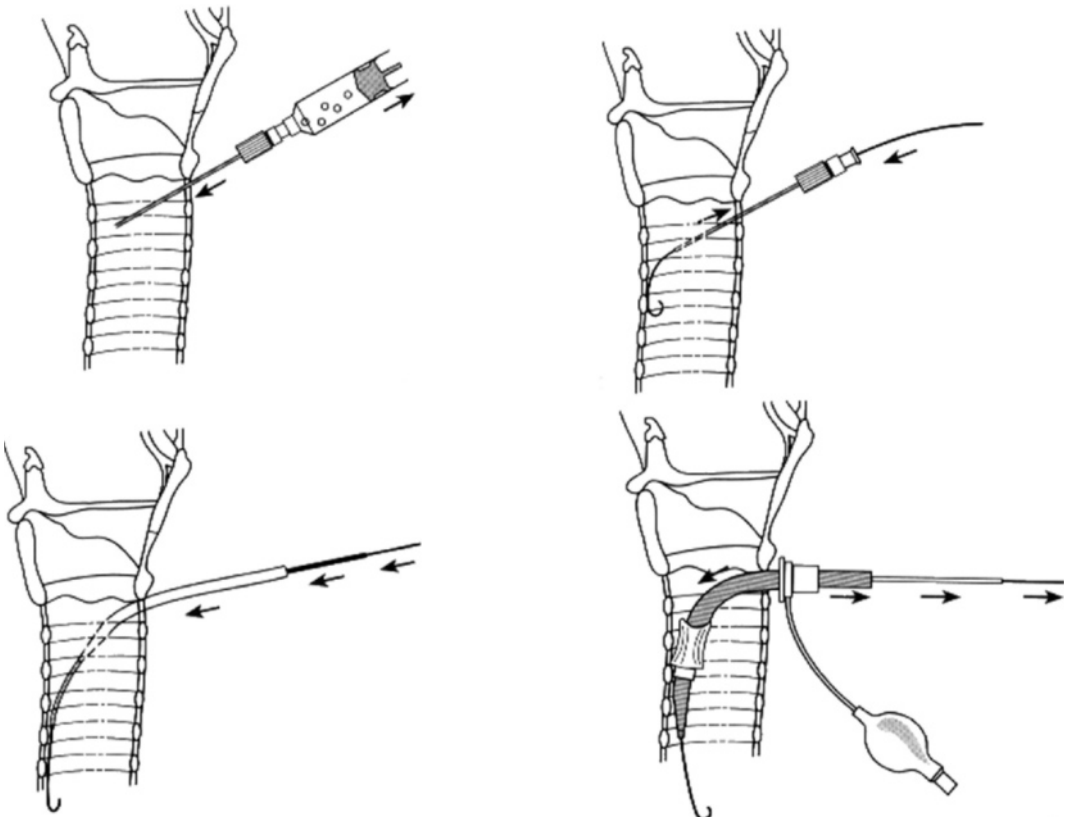
## 3. Dilatationstracheotomie nach Fova (■ Abb. 1.4)

- Punktion der Trachea in Höhe 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-Drahtes
- kontrolliertes Eindrehen eines selbstschneidenden schneckenförmigen Gewindes (PercuTwist) über den Seldinger-Draht unter bronchoskopischer Kontrolle bis zur Tracheahinterwand
- anschließend Einführung des spitz zulaufenden Dilators mit aufgeschobenem PercuQuick-Tubus oder CrystalClear-Tubus der Größen 7,0 oder 8,0 bzw. 9,0
- anschließend bronchoskopische Lagekontrolle des Trachealtubus
- Die PercuTwist-Methode weist nach Quintel erhöhte Inzidenzraten an Spätblutungen auf!

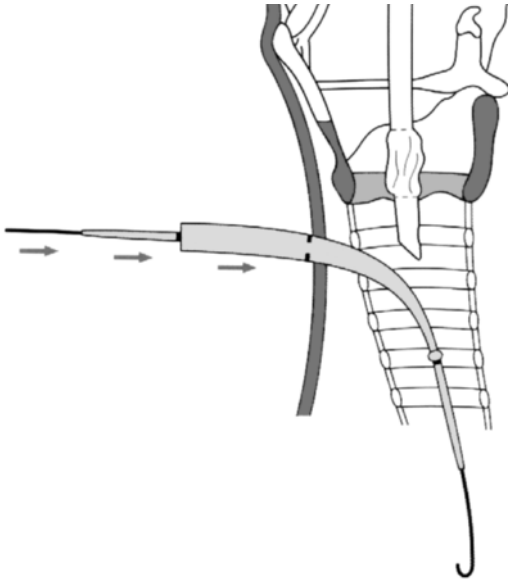
## Dissektionstracheotomie

- nach der Methode von **Schachner** bzw. später von **Griggs** modifizierte Technik mit spezieller Spreizschere der Firma Portex



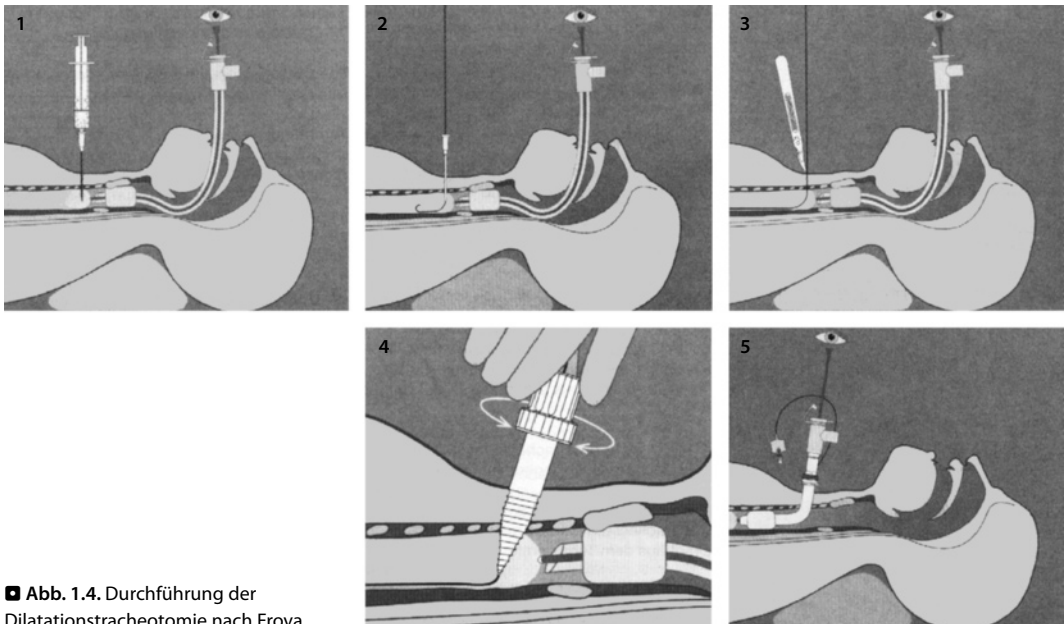
■ Abb. 1.2. Durchführung der Dilatationstracheotomie

- Punktion zwischen 2./3. oder 3./4. Trachealknorpel
- ▶ Zur Vermeidung von Sekundärschäden möglichst in der Mittellinie punktieren; ein horizontaler Hautschnitt zeigt bessere kosmetische



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

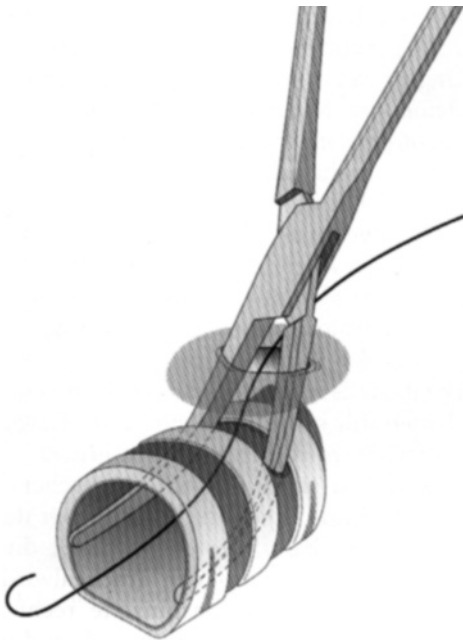
- Ergebnisse und geringere Verletzungsrate des Krikoidknorpels → keine Trachealstenosen.
- typische Komplikation: Verletzung der Tracheahinter- oder Seitenwand
- Durchführung der Dissektionstracheotomie:
  - nach Hautschnitt Punktion der Trachea mit nach kaudal gerichteter Kanüle
  - Insertion eines Seldinger-Drahtes über die Kanüle und anschließend obligate **bronchoskopische Lagekontrolle** des Drahtes
  - Vordilatation der Punktionsstelle mit einem kleinen Dilatator
  - Einführung der Dilatationspinzette über den Draht in das prätracheale Gewebe und Spreizung des Gewebes durch Rückzug der geöffneten Pinzette (■ Abb. 1.5)
  - 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.



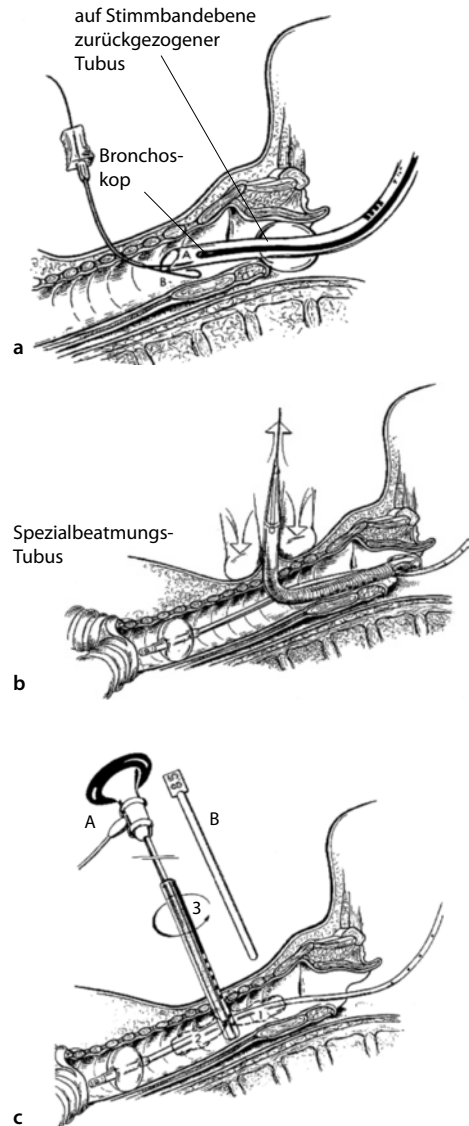
■ Abb. 1.4. Durchführung der Dilatationstracheotomie nach Frova

**Translaryngeale Tracheotomie (TLT)** (■ Abb. 1.6)

- 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 Stimmbandebene und letztendlich durch die Trachealwand und das umliegende Gewebe nach außen (zwei Finger dienen als Gegenlager)
- Abschneiden der ausgeleiteten Konusspitze des Tubus



■ **Abb. 1.5.** Dissektionstracheotomie. Nach Einführung der Spezialpinzette über den Seldinger-Draht Spreizung der intertrachealen Membran



■ **Abb. 1.6a-c.** 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 Karina und Nachführung des Tubus von außen nach innen bzw. Einsatz eines speziellen Obturators (B)

- nach weiterem Herausziehen des Tubus mit 4 ml geblocktem Cuff kann mittels im Tubuslumen inseriertem Bronchoskop die Hinterwand der Trachea gesehen werden
- anschließend Verschieben des Bronchoskops Richtung Karina und Nachführung des Tubus von außen nach innen bzw. Einsatz eines speziellen Obturators
- Vorteile der TLT:
  - geringeres Blutungsrisiko
  - deutlich reduzierte Verletzungsgefahr
  - weniger Knorpelspannungsfaktoren
  - weniger Infektionen des Tracheostomas

### Minitracheostoma

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



- 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 nach Hazard et al.), 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 Kogelbildung
- akzidentelle Dekanülierung
- tracheale Schäden (Strikturen, Stenosen einige Wochen nach der Dekanülierung etc.)
- Infektion des Stomas
- inakzeptable Narbenverhältnisse

### Kontraindikationen für perkutane

#### Tracheotomien

- Kinder und Jugendliche (unter 18 Jahren), Ausnahme ggf. die Tracheotomie nach Fantoni (einzelne positive Kasuistiken liegen gegenwärtig vor!)
- Notfallsituation
- schwierig oder gar nicht translaryngeal zu intubierende Patienten (**Cave:** Dislokation des Tracheostomas!)
- Nichtbeherrschung der konventionellen Tracheotomietechnik bzw. fehlende Kapazität zur notfallmäßigen konventionellen chirurgischen Tracheotomie
- Patienten mit massiven Gerinnungsstörungen
- Patienten mit dissoziiertem Tracheaverlauf, mit Struma, mit schlecht zu identifizierenden anatomischen Verhältnissen
- Infektionen und bestehende Malignität im Tracheotomiebereich
- Patienten mit instabiler HWS

### Relative Kontraindikationen:

- Patienten mit schweren Gasaustauschstörungen (manifestes ARDS)
- Patienten mit extremer Adipositas
- Patienten mit Zustand nach Hirnschädigung und anzunehmender längerer Rehabilitationsphase
- Sonstiges: kalzifizierende Trachealspannen, Patienten mit Hirndruck, vergrößerter Schilddrüse

### 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) Minitrachee-II-Seldinger (Innendurchmesser 6,4 oder 3 mm)
- kommerziell erhältliche Koniotomieschere von Storz
- **Skalpells** und z. B. 6,0-Tubus
- endobronchiale Lasertherapie oder Eingriffe an der Trachea
- Stentplatzierung
- Beurteilung der laryngealen und sublaryngealen Region (meist im HNO-Bereich)

## 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, Ø 10–30 µm);  
Ausnahme: nur 1 Lichtbündel beim LF-2-Bronchoskop von Olympus
- **1 Bildleitbündel** (ca. 20.000 Fasern, Ø 7–10 µm)
- **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)

#### 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 Wachintubation
- 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. 1.7):

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

## Häufige diagnostische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie bei Intensivpatienten

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

<sup>a</sup> Die endobronchiale Sekretgewinnung hat eine Sensitivität von 73–100% und eine Spezifität von nur 27–67%!

### Monitoring während der Bronchoskopie

Pulsoxymetrie, EKG, Blutdruckmessung (evtl. invasiv), intravenöser Zugang, Registrierung des endexpiratorischen CO<sub>2</sub> mittels Kapnometrie/-graphie, engmaschige Überwachung der Beatmungsparameter bei beatmeten Patienten (p<sub>AWs</sub>, AMV, Beatmungsdrücke, F<sub>I</sub>O<sub>2</sub>).

**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 postbronchoskopischen SIRS bei Patienten mit Pneumonie.

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

! 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 wie transbronchiale Biopsien (7–14%)!

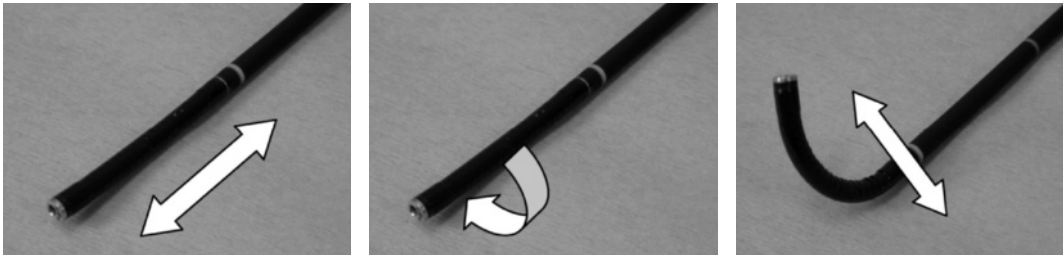
### Risikofaktoren für Komplikationen

#### 1. erhöhtes Risiko:

- PEEP >10 cm H<sub>2</sub>O
- Auto-PEEP >15 cm H<sub>2</sub>O
- manifeste Gerinnungsstörungen, PTT >1,5-fach verlängert oder Therapie mit Antikoagulanzen
- Hirndruck ohne ICP-Monitoring
- Urämie, pulmonaler Hypertonus

#### 2. sehr hohes Risiko:

- p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> <70 mmHg bei F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> >0,7
- refraktärer p<sub>a</sub>CO<sub>2</sub> >55 mmHg
- PEEP >15 cm H<sub>2</sub>O



■ Abb. 1.7. Bedienung des Fiberbronchoskops

### Häufige therapeutische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie bei Intensivpatienten

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 Noradrenalin-Lsg. (1:10.000), Xylometazolin-haltige 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

### Komplikationen der Bronchoskopie

Allgemein	Fieber (proinflammatorische Zytokine $\uparrow$ ) SIRS mit Temperaturanstieg
Gaswechsel	$p_aO_2 \downarrow$ , $S_aO_2 \downarrow$ , $p_aCO_2 \uparrow$ , $V_T \downarrow$ , $V_A \downarrow$ , $Q_5/Q_T \uparrow$
Kreislauf	MAP $\uparrow(\downarrow)$ , HF $\uparrow(\downarrow)$ , SVR $\downarrow$ , PCWP $\uparrow$ , PAP $\uparrow$ , PVR $\uparrow$ , CI $\uparrow(\downarrow)$ , Arrhythmie, ST-Strecke $\downarrow$ , ANP $\uparrow$ , MVO <sub>2</sub> $\uparrow$
Zerebral	ICP $\uparrow$
Atemwege/Lunge	<b>Reflektorische Broncho- und Laryngospastik</b> <b>Mechanische Mukosaläsion mit Blutung</b> Auto-PEEP $\uparrow$ (Barotrauma) Resorptionsatelektasen (hohe F <sub>I</sub> O <sub>2</sub> ) Surfactant $\downarrow$ , 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 $\downarrow$ , $V_T \downarrow$ , ( $V_A \downarrow$ ), FRC $\downarrow$ , $p_aO_2 \downarrow$ , $p_aCO_2 \uparrow$ , Mukosaläsion bei starkem Sog
Spontanatmung	
- ohne Tubus	(F)VC $\downarrow$ , FEV <sub>1,0</sub> $\downarrow$
- mit Tubus	$p_{AW} \uparrow(\downarrow)$ , PEEP $\uparrow$ , Atemarbeit $\uparrow$

- akuter unkontrollierter Bronchospasmus
- akuter Myokardinfarkt <48 h
- höhergradige Arrhythmien oder instabile Angina-pectoris-Symptomatik
- ausgeprägte refraktäre Bradykardien
- MAP <65 mmHg
- Thrombozytenzahl <20 000/ $\mu$ l

### Dokumentation der Bronchoskopie

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

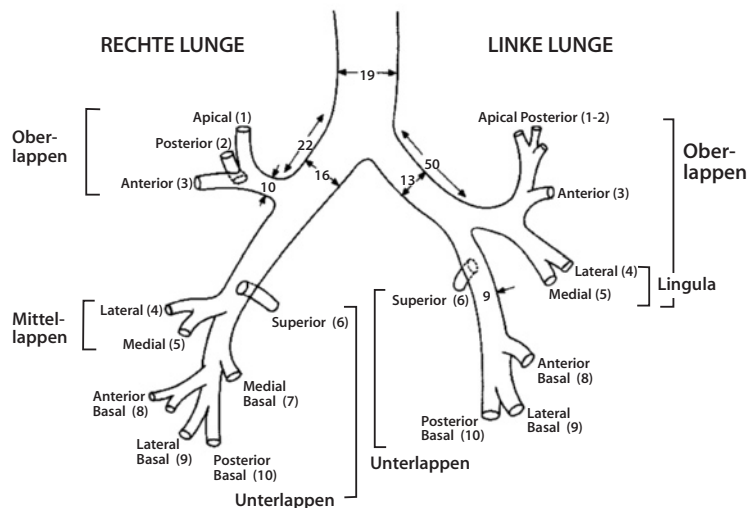
- Indikationsstellung und vorausgegangene Diagnostik
- individuelles Patientenrisiko
- Art und Weise der Analgosedierung
- topographische, morphologische und funktionelle Aspekte, insbesondere zu Tracheobronchialgerüst, Schleimhaut- und Sekretverhältnissen
- Befundlokalisierung und -ausbreitung
- Lumenverhältnisse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

Für eine optionale Zusatzdokumentation sind Videosysteme mit der Möglichkeit von Aufzeichnungen 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.

### 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)

■ Abbildung 1.8 zeigt die Anatomie des Bronchialbaums mit den Bronchialsegmenten.



■ **Abb. 1.8.** Bronchialbaum mit durchnummerierten Bronchialsegmenten. (Aus Heck u. Fresenius 2004)



## Ausgewählte Literatur

- Bonten MJ, Bergmans DC, Stobberingh EE, van der Geest S, De Leeuw PW, van Tiel FH, Gaillard CA (1997) Implementation 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. *Anästh Intensivmed* 46: 125–137
- 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
- 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 (2007) *Repetitorium Anästhesiologie*, 5. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio
- Krier C, Georgi R (2001) *Airway-Management*, 1. Aufl. Thieme, Stuttgart New York
- Randell T, Hakala P (1995) Fibreoptic intubation and bronchofibrescopy in anaesthesia and intensive care. *Acta Anaesthesiol Scand* 39: 3–16
- Walz MK (2002) Die Tracheostomie. Indikationen, Methoden, Risiken. *Anaesthesist* 51: 123–133

# Monitoring

## Allgemeine klinische Überwachungsmethoden

- Inspektion
- Palpation
- Auskultation
- Perkussion

## Basismonitoring

- Herzfrequenz/Herzrhythmus
- Blutdruck
- Atemfrequenz
- Urinausscheidung
- Temperatur
- evtl. Messung des Bauchumfangs
- evtl. Pulsoxymetrie

## Empfohlenes postoperatives Standardmonitoring für kardiochirurgische Intensivpatienten

- EKG (II- und V<sub>5</sub>-Ableitung mit ST-Streckenanalyse)
- Pulsoxymetrie
- invasive Blutdruckmessung und ZVD
- Bilanzierung (Drainagenverluste, Ein- und Ausfuhr)
- arterielle und zentralvenöse Blutgasanalyse (F<sub>1</sub>O<sub>2</sub> >0,6 alle 4 h, sonst alle 8 h bzw. bei Verände-

rung der Beatmungsparameter nach spätestens 30 min)

- Temperaturmessung (mindestens 4-stündlich)

## EKG-Monitoring

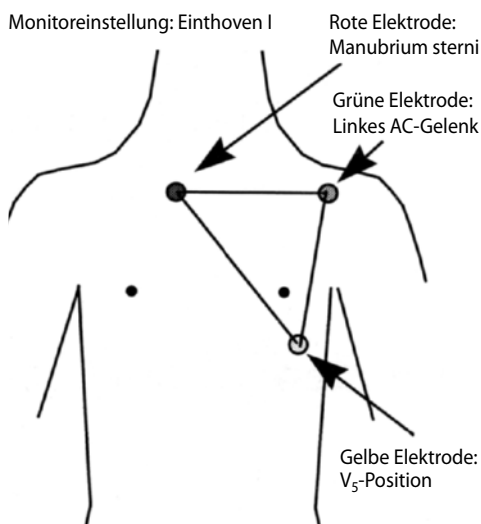
- Standardmonitoring
- Überwachung von Herzfrequenz, Rhythmus und Myokardischämien

### Herzfrequenz, -rhythmus

- kontinuierliche Überwachung
- bei herzgesunden Patienten Standardableitungen nach Einthofen (I, II, III)

### Myokardischämien (ischämische ST-Streckenveränderungen)

- die ST-Strecke beginnt nach dem J-Punkt (Ende des QRS-Komplexes) und dauert 60–80 ms
- eine pathologische ST-Senkung liegt vor bei Veränderungen > 0,05 mV in der Extremitätenableitung und > 0,1 mV in der Brustwandableitung
- ein präkordiales EKG mit den **Ableitung II oder V<sub>5</sub>** reicht aus, um **transmurale Ischämien im anterolateralen oder inferioren** Bereich zu erkennen (80% der Myokardischämien), ist aber ungeeignet, um eine subendokardiale Ischämie, besonders im Bereich der Hinterwand des linken Ventrikels, zu erfassen. Da der linke Ventrikel für subendokardiale Ischämien am anfälligsten ist, lässt sich durch die üblichen EKG-Ableitungen eine Ischämie in diesem Bereich nur schwer erkennen.



■ Abb. 2.1. Poor man's V<sub>5</sub>-EKG-Modifikation nach Kaplan

Zur **Überwachung der Hinterwand**, daher

- Ableitung II, V<sub>5</sub> + V<sub>4</sub> oder
- **Poor man's V<sub>5</sub>-EKG-Modifikation nach Kaplan** (■ Abb. 2.1) (Ableitung I und Elektrode in V<sub>5</sub>-Position und Elektrode am rechten Manubrium oder unter rechtem Schulterblatt) kann **ca. 96% der Myokardischämien** anhand von ischämischen ST-Streckenveränderungen **nachweisen**
- von einigen Autoren wird auch eine kontinuierliche EKG-Überwachung mit 12 Ableitungen (I, II, III, aVF, aVR, aVL, V<sub>1-6</sub>) empfohlen, um perioperative Myokardischämien zu entdecken

## Pulsoxymeter

- Standardmonitoring
- 1972 von Takuo Aoyagi entwickelt
- nichtinvasives Messverfahren zur kontinuierlichen Bestimmung der **partiellen Sauerstoffsättigung (S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>)**, mit einer Fehlerbreite von ca. 2% bei S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>-Werten > 70%
- Kombination von Plethysmographie (Registrierung einer peripheren Pulswelle) und spektrometrischer Oxymetrie
- Pulsoxymeter messen die Absorption von Licht mit **nur 2 Wellenlängen** (Rotlicht: 660 nm und Infrarotlicht: 940 nm)

- gemessen wird die **Differenz zwischen Absorption während der Diastole** (venöses Blut, Gewebe, Knochen, Pigmente) **und dem Spitzenwert während der Systole** (es wird unterstellt, dass der Absorptionsanstieg während der Systole nur durch arterielles Blut verursacht wird)
- Einsatz als Transmissions- oder Reflexionspulsoxymeter
- Das **Messprinzip** beruht darauf, dass
  - **desoxygeniertes Hämoglobin (Hb) im Infrarotbereich (≈ 940 nm) weniger** absorbiert wird als oxygeniertes Hb bzw.
  - **oxygeniertes Hämoglobin im Rotbereich (≈ 660 nm) weniger** Absorption als desoxygeniertes (=reduziertes) Hb zeigt!

### ! Merke:

- Bei einer Wellenlänge von 506 nm absorbiert oxygeniertes und desoxygeniertes Hämoglobin das emittierte Licht gleich!
- HbO<sub>2</sub> (Oxyhämoglobin): Absorptionsmaximum bei 560 und 590 nm!
- Bilirubin: Absorptionsmaximum bei 460 nm (350–550 nm)!

### Partielle oder funktionelle Sättigung (S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>)

- der prozentuale Anteil des oxygenierten Hämoglobins (HbO<sub>2</sub>) **zur Summe von Oxy- und Desoxyhämoglobin** wird als **partielle** oder funktionelle Sättigung (S<sub>p</sub>O<sub>2</sub>) bezeichnet

$$S_pO_2 = \frac{HbO_2}{Hb + HbO_2}$$

- **Dyshämoglobine** und **fetales Hb** werden **nicht berücksichtigt** und in der Berechnung der Sättigung vernachlässigt!

### ! Merke:

Im Normalfall ergeben sich aus den unten angegebenen O<sub>2</sub>-Partialdruckwerten folgende partielle Sättigungswerte!

p <sub>a</sub> O <sub>2</sub> (mmHg) (pCO <sub>2</sub> =40; pH=7,4; normale Temperatur)	26	35	40	60	90	150
S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> (%)	50	66	75	90	95	100

## Beeinflussung der Pulsoxymetrie

Keine Beeinflussung der pulsoxymetrischen Sättigungswerte	Falsch hohe Werte → tatsächliche Sättigung ( $S_pO_2$ ) ist niedriger!	Falsch niedrige Werte → tatsächliche Sättigung ( $S_pO_2$ ) ist höher!
<ul style="list-style-type: none"> <li>• roter und purpurner Nagellack</li> <li>• Hautfarbe</li> <li>• HbF</li> <li>• erhöhte COHb-Werte bis 14,5% weder in Hypoxie noch in Normoxie</li> <li>• Hyperbilirubinämie (Bilirubinabsorptionsmaximum bei 460 nm) (Bilirubinabsorptionsbereich von 350–550 nm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Xenon- und Fluoreszenzlicht</li> <li>• MetHb bei Hypoxie (bei 5% MetHb + 1% COHb → deutliche Überschätzung); unter Hypoxiebedingungen wird eine <math>O_2</math>-Sättigung von 87,6% am Gerät angezeigt, obwohl die tatsächliche partielle Sättigung nur 80% und die mit dem CO-Oxymeter gemessene aktuelle fraktionelle Sättigung* (<math>SO_2</math>) nur 72,5% beträgt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• farbiger Nagellack (blau, grün, schwarz) und Fingerabdrucktinte</li> <li>• Infrarot-Wärmelampen</li> <li>• infundierte Lipidlösungen und erhöhte Chylomikronkonzentrationen</li> <li>• Methylenblau (Absorptionsmaximum bei 660 nm)</li> <li>• Indocyaningrün, Indigocarmin (Effekt hält nur wenige Minuten an!)</li> <li>• MetHb-Werte (0,4–8,4%) in Normoxie (geringfügige Unterschätzung)</li> <li>• Onychomykose führt zu einem zu niedrig (3–5%) gemessenen Wert</li> </ul>

\* fraktionelle Sättigung s. Blutgasanalyse

- Normale Sauerstoffsättigung im arteriellen Blut: 96–98%!
- Normale Sauerstoffsättigung im gemischten venösen Blut: 70–75%!

### Störgrößen, keine Werte messbar

- Bewegung (Shivering)
- Zentralisation (Hypothermie, Hypovolämie,  $\alpha$ -adrenerge Substanzen)

## Blutdruckmessung

Die Blutdruckmessung stellt das Standardmonitoring zur Überwachung des Kreislaufs dar.

### Nichtinvasive Blutdruckmessung

Eine automatische Messung findet nach vorgegebenem Intervall statt.

### Manuelle Blutdruckmessung

- Manschettengröße (-breite) ca. 40% des Oberarmumfangs (bei Kindern: breiteste Manschette, die die Platzierung des Stethoskops in der Ellenbeuge noch erlaubt)
- die Blutdruckmanschette sollte 70% des Oberarms umschließen
- bei Oberarmumfang > 40 cm Messung am Unterarm oder am Unterschenkel

### Fehlermöglichkeiten:

- zu kleine Manschette oder zu locker angelegt → falsch hohe Werte
- zu große Manschette → keine Falschmessung
- zu schnelles Ablassen des Manschettendrucks (> 3 mmHg/s) → falsch niedrige Werte

### Blutdruckmessung nach Riva-Rocci (RR)

- Korotkoff-Geräusche
  - systolischer Wert: beim Hören des Gefäßtones
  - diastolischer Wert: beim Verschwinden oder deutlichen Leiserwerden des Gefäßtones
- Berechnung des mittleren arteriellen Druckes (MAP)

$$MAP = AP_{dia} + \frac{1}{3} (AP_{sys} - AP_{dia})$$

$AP_{sys}$  = systolischer arterieller Druck,  $AP_{dia}$  = diastolischer arterieller Druck

### Palpatorische Blutdruckmessung

- systolischer Wert: wenn Puls wieder tastbar, ca. 10–20 mmHg tiefer als bei der Riva-Rocci-Methode
- diastolischer Wert nicht zu messen

### Blutdruckautomaten

Hierbei handelt es sich meist um oszillometrische Messverfahren.

## Invasive (blutige) Blutdruckmessung (»Arterie«)

### Indikationen

Abhängig vom Allgemeinzustand des Patienten und meist während invasiver und nicht invasiver Beatmung:

- mehrfache arterielle Blutentnahmen
- kontinuierliche Blutdruckmessung

### Vorteil

Der Druckkurvenverlauf kann einen zusätzlichen Hinweis auf die Volumensituation des Patienten geben (cardiac cycling = systolische RR-Schwankungen bei In- und Expiration) (■ Abb. 2.2a,b)

### Kontraindikationen

- Gerinnungsstörungen (relativ)
- Gefäßprothese bei A.-femoralis-Zugang
- pathologischer Allen-Test für A.-radialis-Zugang
- ▶ Bei vitaler Indikation gibt es nur relative Kontraindikationen.

### Allen-Test

- Wert umstritten, aus forensischen Gründen jedoch empfehlenswert
- Kompression von A. radialis und A. ulnaris, nach mehrfachem Faustschluss wird die Hand blass → A. radialis weiter komprimieren und A. ulnaris freigeben → nach 5 bis max. 15 s wird die Hand rosig (Reperfusion). Wird die Hand

nicht rosig, besteht eine ungenügende Perfusion der Hand über die A. ulnaris

- ein pathologischer Allen-Test ist eine relative Kontraindikation für die Radialispunktion

### Allgemeine Komplikationen

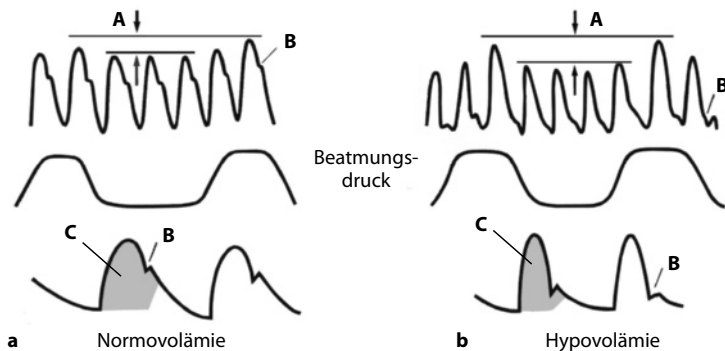
- Blutung und Hämatome
- Thrombose
- Gefäßläsionen: Dissektion, Aneurysma, arteriovenöse Fistel
- Verletzung umliegender Strukturen (Nervenschäden)
- Infektion
- passagerer Vasospasmus bei Fehlpunktion (sofortige weitere Punktionsversuche oft erfolglos)
- sekundäre Katheterfehllage, -dislokation, -dissektion mit Blutung
- versehentliche intraarterielle Injektion mit Gefahr von Nekrosen

### ! Merke:

- Überprüfung der Konnektionsstellen.
- Deutliche Kennzeichnung des arteriellen Zugangs!

### Praktisches Vorgehen

- aseptisches Vorgehen
- je nach Punktionsort spezielle Lagerung (leicht überstreckte Hand bei A. radialis, leichte Unterpolsterung des Beckens bei A. femoralis)
- Kontrolle der intravasalen (intraarteriellen) Lage



■ **Abb. 2.2a,b.** (a) Normale arterielle Druckkurve. A Geringer Effekt der Beatmung auf die Druckamplitude; B hoher diastolischer Um Schlagpunkt; C große Fläche unter der Kurve. (b) Arterielle

Druckkurve bei Hypovolämie. A Starker Effekt der Beatmung auf die Druckamplitude (paradox); B niedriger diastolischer Um Schlagpunkt; C kleine Fläche unter der Kurve

- evtl. Einführen eines Führungsdrahtes nach der Seldinger-Technik
- nach Einlegen der Kanüle Verbindung mit einem Spülsystem (3 ml/h mit 500 ml 0,9 % NaCl und 500 IE Heparin) und einem Drucksensor, bei Säuglingen und Kleinkindern: Perfusor mit 49 ml NaCl (G5%) und 1 ml Vetren (100 IE Heparin) mit 1,2 ml/h

## Zugangswege

### A. radialis

#### Vorgehen

- 20-(22) G-Kanüle nach vorheriger Lagerung der Hand (leichte Überstreckung)
- Punktion im Winkel von 30–45°

#### Spezifische Vorteile

- einfach zugängliche und kollaterale Blutversorgung über A. ulnaris

- ! Punktionsort der 1. Wahl, bei Rechtshändern sollte bevorzugt die linke Seite kanüliert werden und umgekehrt

### A. brachialis, A. axillaris

#### Vorgehen

- 18-(20-) G-Kanüle mit ausreichender Länge (Seldinger-Set)
- A. brachialis: medial der Bizepssehne in der Ellenbeuge
- A. axillaris: in Achselhöhle, Klick bei Penetration der Gefäß-Nerven-Scheide

#### Spezifische Nachteile

- N. medianus: Verletzung bei A. brachialis
- Plexusläsion bei Hämatom

### A. femoralis

#### Vorgehen

- 18- (20-) G-Kanüle mit ausreichender Länge notwendig! (Seldinger-Set)
- evtl. leichte Unterpolsterung des Beckens
- unterhalb des Leistenbandes
- ▶ IVAN: von Innen: Vene, Arterie, Nerv

#### Spezifische Vorteile

- oft erfolgreicherer Zugang, gerade bei Hypotonie

#### Spezifische Nachteile

- retro-intraperitoneale Hämatome oder Darmperforation, wenn zu hohe Punktion
- möglichst nicht bei Patienten mit AVK und nach Gefäßprothese der A. femoralis

### A. dorsalis pedis

#### Vorgehen

- Einsatz einer 22- (24-) G-Kanüle

#### Spezifische Nachteile

#### ! Cave:

Höherer systolischer Blutdruck im Vergleich zum Radialisdruck (MAP ist gleich!).

### A. temporalis superficialis

#### Vorgehen

Einsatz einer 22- (24-) G-Kanüle.

#### Spezifische Nachteile

- Luftembolie
- bei Thrombose → Ischämie des Schädels und Gesichts

## Probleme und Messfehler

Durch eine Unter- bzw. Überdämpfung des Systems kommt es zu bedeutsamen Abweichungen der gemessenen Druckwerte – bei Unterdämpfung des Katheter-Druckaufnehmer-Systems zur Überschätzung des systolischen Blutdrucks und zur Unterschätzung des diastolischen Drucks.

Die Resonanz eines Systems wird erniedrigt bzw. die Dämpfung verstärkt, wenn die Compliance des Schlauchsystems groß oder der Katheter sehr lang ist bzw. einen zu kleinen Innendurchmesser aufweist.

Der Nachweis von Resonanz und Dämpfung des Systems erfolgt durch den sog. »Fast-flush-Test« zur Überprüfung der dynamischen Eigenschaften eines Kathetersystems.

Durch das Spülen des Katheters werden der Fluss und der Druck im System abrupt angehoben und der Druckkurvenverlauf nach abruptem Spülstopp beobachtet. Eine gedämpfte Oszillation mit einem negativen Ausschlag gefolgt von einem einzigen positiven Ausschlag mit einer etwas schwächeren Amplitude zeigt eine optimale Dämpfung