

Anaesthesia for thoracic surgery – Part I: Preoperative evaluation, preparation and airway management

U. Klein · K. Wiedemann



Klinik für Anästhesie und operative Intensivtherapie, Südharz-Krankenhaus, Nordhausen (Chefarzt: Prof. Dr. U. Klein)



PIN-Nr. 190411

Zusammenfassung

Die Anästhesie in der Thoraxchirurgie weist wesentliche Besonderheiten auf. Die präoperative Befunderhebung mit klinischen und radiologischen Mitteln sowie der Lungenfunktionsprüfung dient der Einschätzung von Operabilität, Risiko und Prognose. Zur individuellen Beurteilung der Resektabilität sind klinische Befunde und Funktionstests stets in der Zusammenschau zu werten. Thoraxchirurgische Patienten haben ein mittleres Operationsrisiko. Neben üblichen Begleiterkrankungen muss mit Rechtsherzbelastung und pulmonalem Hypertonus gerechnet werden. Die präoperative Vorbereitung dient der Motivation des Patienten, dem Training der Atemmuskulatur, der Verbesserung von Atemmechanik und Gasaustausch sowie der Sekretentfernung aus den Atemwegen. Die Einstellung des Rauchens ist zu jedem Zeitpunkt sinnvoll. Die Trennung der Atemwege dient der Sicherung der Lungenventilation, der Vermeidung des Übertritts von Eiter, Sekret und Blut sowie der Verbesserung der Operationsbedingungen durch Ruhigstellung der chirurgisch exponierten Seite. Techniken zur Atemwegstrennung sind die Anwendung eines Doppelkatheters oder einer Bronchialblockade. Die fiberoptische Bronchoskopie ist ein unverzichtbares Instrument zur Atemwegssicherung in der Thoraxanästhesie. Beim schwierigen Atemweg sind in der Thoraxanästhesie neben den üblichen Intubationsproblemen auch Hindernisse der zentralen Atemwege zu beachten, welche sowohl

Anästhesie in der Thoraxchirurgie – Teil I:

Präoperative Befunderhebung, Vorbereitung und Atemwegssicherung

die Platzierung von Tuben als auch die Seitentrennung erschweren oder unmöglich machen. Hier erweist sich die integrative Anwendung verschiedener Instrumente zur Atemwegssicherung als vorteilhaft.

Summary

Anaesthesia for thoracic surgery has a number of distinctive aspects. The purpose of preoperative evaluation using clinical and radiological methods as well as pulmonary function tests, is to assess operability, risks and prognosis. For the individual evaluation of resectability, clinical aspects and function tests must also be taken into account. Thoracic surgery patients generally have a moderate operative risk. Apart from the usual associated conditions, right heart strain and pulmonary hypertension must be expected. Preoperative preparation aims not only to motivate the patient, but also to train the respiratory muscles, improve respiratory mechanics and gas exchange, and eliminate pulmonary secretion. Cessation of smoking is always useful at any time. Reasons for separating the lungs are securement of ventilation, avoidance of spillage of pus, secretion and blood, and facilitation of the surgical procedure. Lung separation is achieved by using a double-lumen tube or a bronchial blocker. Fiberoptic bronchoscopy is an essential tool for airway management in thoracic anaesthesia. A difficult airway may be due not only to the usual intubation problems, but also to central airway obstruction rendering tube placement or lung separation difficult or even

Schlüsselwörter

Anästhesie – Thoraxchirurgie
– Präoperative Vorbereitung
– Atemwegssicherung – Atemwegstrennung

Keywords

Anaesthesia – Thoracic Surgery –
Preoperative Evaluation and
Preparation – Airway Management – Lung Separation

impossible. In such cases, an integrative approach involving the use of various different instruments is recommended.

Einleitung

Thoraxchirurgie mit Eingriffen an Lungenparenchym und Atemwegen oder auch anderen extrakardialen Thoraxorganen bedeutet unmittelbare Einflussnahme auf die Lungenfunktion und eng damit verknüpft auf die Herz- und Kreislauffunktion. Die in den letzten 20 Jahren - trotz steigenden Alters und zunehmender Multimorbidität der Patienten - sinkende Letalität und postoperative Morbidität thoraxchirurgischer Eingriffe steht nicht zuletzt in direkter Beziehung zur Entwicklung der Anästhesie während dieser Dekaden. Nach aktuellen Untersuchungen ergibt sich für resezierende Eingriffe an der Lunge dennoch eine vergleichsweise hohe eingriffbezogene Sterblichkeit, die für kleine Interventionen ca. 1 %, bei Pneumonektomien jedoch bis 12 % betragen kann [1-4]. Parallel zum Anstieg von Begleiterkrankungen und Patientenalter ist außerdem die Zunahme von Komplikationen festzustellen [5,6]. Ein Hauptproblem - neben bekannten Problemen wie kardiale Insuffizienz, Rhythmusstörungen, Ateletase, Aspiration und Pneumonie - stellt dabei die postoperativ auftretende Hypoxämie im Sinne eines akuten Lungenversagens (acute lung injury; ALI) dar.

Der Beitrag der Anästhesie zur weiteren Senkung von Letalität und Morbidität bei resezierenden Lungeneingriffen erklärt sich insbesondere aus dem besseren Verständnis präoperativer Untersuchungsverfahren zur Risikoeinschätzung der Patienten, dem eigentlichen Vorgehen bei der Narkose mit Atemwegssicherung und Beatmung, hier speziell der Einlungenventilation (ELV), sowie der differenzierten postoperativen Therapie. Der folgende Beitrag soll eine Übersicht aus vorwiegend klinisch praktischer Sicht geben. Im ersten Teil werden zunächst die präoperative Befunderhebung sowie die Atemwegssicherung behandelt; der zweite Teil widmet sich der Narkoseführung, Problemen der ELV sowie der postoperativen Versorgung.

Präoperative Befunderhebung

Grundlagen

Im Mittelpunkt steht die Wertung von

- Atemfunktion,
- kardiovaskulären Begleiterkrankungen und
- das Vorgehen bei Raucheranamnese.

Anamnese und körperliche Untersuchung

Wichtige Symptomgruppen sind Dyspnoe (mit und ohne Zeichen der Obstruktion), Husten und Auswurf, Thoraxschmerz, Zyanose sowie ein pathologischer Befund bei Auskultation. Das **Tabakrauchen** ist die Hauptursache von chronisch-obstruktiver Bronchitis, Emphysem, malignen Lungentumoren und kardiovaskulären Erkrankungen.

Dyspnoe als Symptom allein ist wenig aussagefähig, erlaubt jedoch in Beziehung zu Alltagsaktivitäten, z.B. Treppensteigen [7], die Schätzung des perioperativen Risikos. Dyspnoe ist auch Zeichen einer **kardialen Insuffizienz**.

Patienten, die weniger als drei Etagen steigen können, haben nach Thorakotomie häufiger pulmonale Komplikationen und verlängerte Beatmungszeiten.

Eine **Obstruktion** mit Zeichen verlängerter Ausatmung zeigt eine COPD an. Beschleunigte, flache Atemzüge sprechen für Restriktion durch Gewebsverdichtung (z.B. Fibrose oder Pneumonie) bzw. eine extrapulmonale Raumforderung wie Schwarte, Erguss oder Empyem. Oft findet sich die Behinderung der Atemexkursionen einseitig ipsilateral.

Im Rahmen der Thoraxchirurgie besteht für Patienten mit koronarer Herzkrankheit (KHK) ein mittleres Risiko von unter 5 % für Herztod oder perioperativen Infarkt.

Bei **Rechtsherzinsuffizienz** bzw. **pulmonaler Hypertonie** finden sich neben Symptomen wie Dyspnoe und Stauungszeichen bestimmte EKG-Veränderungen:

P-pulmonale und verminderte präkordiale R-Progression, verkleinerter QRS-Komplex bei Lungenblähung, bei schwerer Störung T-Negativierung in V₁-V₃. Hier soll, besonders bei geplanter Pneumonektomie bzw. ähnlichen größeren Eingriffen, die Abklärung per Echokardiographie (u.U. auch Rechtsherzkatheterisierung) erfolgen [8]. Eine bedenkliche pulmonale Hypertonie ist jedoch außer bei Patienten mit Emphysemchirurgie und Lungentransplantation selten.

Husten kann Symptom von Begleiterkrankungen (oft chronische Bronchitis), aber auch der zur Operation führenden Erkrankung sein.

Trockener Husten über Monate ist ein Verdachtssymptom für ein Bronchialkarzinom.

Auswurf mit großen Mengen eitrigen Sputums zeigen Bronchiektasen an. Beimischungen von Blut bis zur Haemoptoe beruhen überwiegend auf entzündlichen Erkrankungen, sind aber auch auf Tumor-einbruch in die Atemwege verdächtig.

Allgemeine und bildgebende Diagnostik

Dringlichkeit, Ziel und Risiko des Thoraxeingriffs bestimmen Art und Umfang der präoperativen Diagnostik [9].

Die anästhesiologischen Sicherheitsanforderungen sind für invasiv-diagnostische Eingriffe ebenso hoch wie bei ggf. folgender Operation. Vor Mediastinoskopie, Thorakoskopie und Bronchoskopie sollen Ergebnisse von Standarduntersuchungen, Spirometrie, Blutgasanalyse und EKG vorliegen.

Das **EKG** in Ruhe ist vor Thoraxchirurgie obligat. Belastungsuntersuchungen sind bei mittelgradigem Risiko einer KHK angezeigt. Die **Blutgasanalyse** ist zusammen mit anderen Funktionsparametern zu werten. Therapieresistente Globalinsuffizienz, also Hyperkapnie mit Hypoxämie, lässt die Resektion von

Lungenparenchym nur mit erhöhtem Risiko zu. Eine **mäßige Hypoxie** mit einem arteriellen Sauerstoffpartialdruck (paO_2) <50 mm Hg, die sich während Belastung bessert, zeigt eine Störung der Ventilations-Perfusions (V/Q)-Beziehung an, was ggf. medikamentös zu bessern ist. Bei einem Rechts-Links-Shunt durch Nichtbelüftung der zur Resektion stehenden Lungenareale wird mit diesen auch die Ursache der Hypoxie entfernt. Jedoch gibt es keinen Grenzwert des paO_2 für ein eindeutig erhöhtes Risiko einer Parenchymresektion [10]. Eine **Hyperkapnie** mit einem arteriellen Kohlendioxidpartialdruck (paCO_2) >45 mm Hg ist lediglich Warnzeichen aber kein unabhängiger Voraussagewert für postoperative pulmonale Komplikationen, und muss zu weiteren Funktionsuntersuchungen (s.u.) veranlassen.

Die **bildgebende Diagnostik** liefert wichtige Informationen für die geplante Narkose. Die Lokalisation von Raumforderungen, Ateletasen, Bronchiektasen und Abszessen ist für die Führung der ELV und die Seitentrennung der Atemwege wichtig. Die Röntgen-**Thoraxaufnahme** im antero-posterioren (a.p.) und seitlichen Strahlengang erleichtert mit Abschätzung des Durchmessers von Trachea und Hauptbronchien die Größenwahl des Doppelklemmentubus (s.u.); eine Tracheaverlagerung und Auf spreizung der Karina weisen auf schwierige Platzierung von Doppelklemmentubus (DLT) oder Bronchusblocker hin. Die Kompression der Trachea durch eine Struma oder mediastinale Raumforderung lässt zusätzlich Probleme bei der Beatmung erwarten. Eine Bronchusverlegung kann einen Sekretverhalt anzeigen, der bronchoskopisch zu beheben ist. Das **Computer-Tomogramm** als weiterer Standard in der präoperativen Diagnostik informiert darüber hinaus über Lagebeziehungen von Raumforderungen zum Tracheobronchial-System, dem Herzen, den Gefäßen und der Brustwand. Ausmaß und Ausdehnung von Pneumothorax, Erguss und Pleuraverschwartung, Lungenzysten und Bullae können besser als in der Thoraxaufnahme erkannt werden. Die CT-gestützte Berechnung funktionsfähigen Lungenparenchyms

kann zur Schätzung der postoperativen Lungenfunktion herangezogen werden und evtl. andere Verfahren, z.B. die Lungenperfusionsszintigraphie (s.u.), ersetzen [10]. Ebenso leistet die **Bronchoskopie**, Standarduntersuchung bei den meisten thoraxchirurgischen Eingriffen zur Abklärung des Krankheitsbildes, wichtige Informationen für Narkosetechnik und -führung (s.o.). Die Befunde müssen dem Anästhesisten bekannt sein.

Kardiopulmonale Funktionsdiagnostik und Resektionskriterien

In der Risikobeurteilung wird grundsätzlich unterschieden zwischen

- Eingriffen mit postoperativer Funktionsverschlechterung durch Resektion funktionsfähigen Parenchyms (Pneumonektomie, Lobektomie, Segment- oder Keilresektion) und
- Eingriffen zur postoperativen Funktionsverbesserung: Emphysemchirurgie (Lungenvolumenreduktion), Entleerung von Erguss, Hämatom, Empyem, Dekortikation.

In der Frühfolge geht jedoch jede Thorakotomie zunächst mit einer restriktiven Funktionseinschränkung einher; bei Parenchymresektion ist sie vom 1. bis 6. postoperativen Tag am deutlichsten [11], nach 6 Monaten weitgehend behoben und bleibt nur nach einer Pneumonektomie bei ca. 33 % der Patienten dauerhaft [12].

Die **Lungenfunktionsdiagnostik** ist vor allem bei (malignen) Grunderkrankungen, die eine Parenchymresektion erfordern, relevant [10,13]. Sie soll zwei Fragen beantworten:

- Sind pulmonale Begleiterkrankungen vorhanden, die mit medikamentöser oder physikalischer Therapie gebessert werden können?
- Genügen das postoperativ verbleibende Lungenparenchym und die postoperative Atemmechanik für Gasaustausch und Lebensführung?

Die globale Funktionseinschätzung (Tab. 1 und 2) stützt sich auf die Beurteilung folgender Parameter:

- **Atemmechanik:** Atemvolumen [l], das aus maximaler Inspiration während einer forcierten Expiration

ingesamt (FVC) bzw. während der ersten Sekunde ausgeatmet wird (FeV_1).

- **Kardiopulmonale Funktion:** maximale Sauerstoffaufnahme unter symptombegrenzter Ergometerbelastung ($\dot{\text{V}}\text{O}_{2 \text{ max}}$ [$\text{ml/min/kg Körpergewicht}$]).
- **Alveolo-kapilläre Funktion:** pulmonale Diffusionskapazität für Kohlenmonoxyd (sog. CO-Transferfaktor TLCO [$\text{ml/ml} \times \text{mmHg}$]).

Regionale Verteilung der Lungenperfusion mittels Lungen-Perfusionsszintigraphie zur Unterscheidung von funktionsfähigem und funktionslosem Lungengewebe und somit zur Schätzung für die postoperative (predicted postoperative; ppo) Restfunktion.

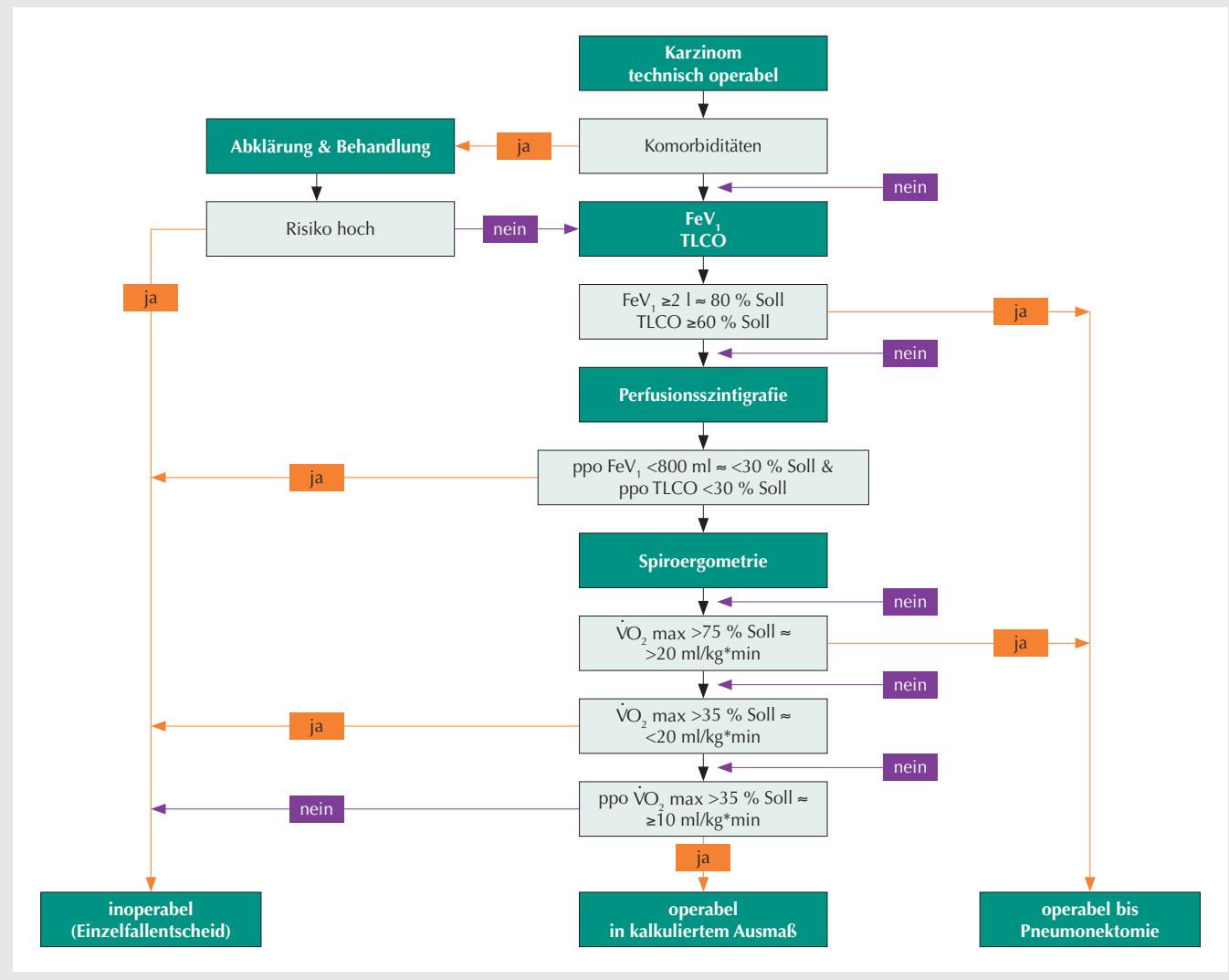
Ausmaß der Untersuchungen und ihre Bewertung erfolgen schrittweise, am besten nach einem aktuell angegebenem Ablaufschema (Tab. 1). Daraus resultiert die Entscheidung über Art und Ausmaß der Operation oder die Entscheidung der Inoperabilität. Daneben gehen stets Ergebnisse der klinischen Untersuchung und Labordiagnostik in die Einschätzung ein.

Die Absolutwerte der Lungenfunktionsdiagnostik müssen auf die Normwerte für Alter, Geschlecht und Körpergröße bezogen werden, um nicht einer schmächtigen Patientin fälschlich ein Risiko zuzurechnen, das ein bestimmter Messwert nur für einen stämmigen Mann mittleren Alters anzeigen, und werden als Prozentwerte der Norm, % (of predicted), angegeben.

Bei grenzwertigen Befunden soll die Operation nicht abgelehnt werden, bevor nicht durch Broncholytika, Steroide und Atemtherapie eine Funktionsverbesserung versucht und die individuelle Situation neu bewertet wurde. So konnte nach einer retrospektiven Analyse von 85 Thorakotomien [15] mit einem medianen FeV_1 ppo von 34 % der Norm kein einzelner Lungenfunktionstest als Risikofaktor postoperativer Morbidität und Mortalität identifiziert werden, andererseits aber

Tabelle 1

Ablauf zur Ermittlung der funktionellen Operabilität bei geplanter Lungenparenchymresektion [10] (Erklärung der Parameter und Abkürzungen s. Text).



blieben alle Patienten mit FeV₁ ppo <43 % langfristig sauerstoffabhängig. Auch wurde gezeigt, dass unter Abwägung von Funktions- und klinischen Kriterien die Mortalität von 4 auf 1,5 % und die Komplikationsrate von 20 auf 11 % (bei gleicher Rate inoperabel eingestufter Patienten) gesenkt werden konnte [16].

Bei funktionsverbessernden Eingriffen, im Besonderen der Resektion abgrenzbar emphysematischer Lungenareale in der sog. Lungenvolumenreduktion bei chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung (chronic obstructive pulmonary disease; COPD) sind o.g. Grenzwerte

ohne Bedeutung. Vielmehr ist hier die Feststellung einer ausgeprägten Funktionsstörung die Grundlage zur Indikation des Eingriffs, auch bei Ausgangswerten für FeV₁ % pred von nicht selten <25–27 % [17].

Indikationen zum resezierenden Eingriff auch bei eingeschränkter Lungenfunktion sind ebenso:

- **Hämoptysen** von mehr als 600 ml/24 h, wenn die Quelle zu orten ist.
- **Atemwegsverlegung** durch maligne Raumforderung mit Sekretverhalt und den Folgen Atelektase, Pneumonie, Abszess und Empyem.

Präoperative Vorbereitung

Atemtherapie

Grundzüge der präoperativen Atemtherapie sind:

- Sekretverflüssigung, -mobilisation und -expektoration durch kontrollierte Flüssigkeitszufuhr, Mukolytika, Vibrationsmassage, Lagerungsdrainage und Hustenübungen.
- Broncholyse mittels β_2 -Sympathomimetika, Anticholinergika und ggf. Methylxanthinen. Die entzündliche Komponente der Obstruktion wird

Tabelle 2

Abschätzung des Risikos der postoperativen Mortalität und Morbidität aus Daten von Klinik und Funktionsprüfungen, bezogen auf die geplante Pneumonektomie (verändert nach Deslauriers [14]).

Risiko:	niedrig	vertretbar	sehr hoch oder Kontraindikation
Funktion beider Lungen			
Klinik:			
Dyspnoe (Grad 0-4)	0-1	2-3	3-4
Rauchen (gegenwärtig)	0	++	+++
Sputum (1-4)	0	1-2	3-4
Spirometrie			
FeV ₁ FVC	>2,0 l >3,0 l >50 % pred	0,8-2,0 l 1,5-3,0 l <50 % pred	<0,8 l <1,5 l <30 % pred
FeV ₁ /FVC Verbesserung nach Bronchodilatation	>70 % >15 %	<70 % 1 %-15 %	<50 % keine
Gasaustausch			
Ruhe-pO ₂ mmHg (Raumluft)	60-80	45-60	<45
Ruhe-pCO ₂ mmHg	<45	45-50	>50
Ruhe-TLCO	>50 % pred	30 %-50 % pred	<30 % pred
Belastungstests			
Submaximale Belastung:			
Treppensteigen	>3 Etagen	≤3 Etagen	≤1 Etage
Belastungs-Pulsoximetrie (psaO ₂)			psaO ₂ in Ruhe <90 % Abfall >4 % unter Test
Maximale Belastung: Sauerstoffaufnahme unter Belastung [VO ₂ max]:	>20 ml/min x kg >75 % pred	12-19 ml/min x kg	<11 ml/min x kg <40 % pred
Perfusionsszintigramm, quantitatives Lungen-CT zur Schätzung der postoperativen Restfunktion (predicted postoperative; ppo):			
FeV ₁ ppo	>1,2 l	0,8-1,2 l	<0,8 l <40 % pred
TLCO ppo			beide <40 % pred: inop (sehr hohes Risiko)
VO ₂ max ppo			<35 % pred / <10ml: inop (sehr hohes Risiko)

mit inhalativen oder systemischen Kortikoiden behandelt.

- Pulmonale Infekte werden resistenzgerecht saniert. Retentionspneumonie oder intrapulmonaler Abszess, sofern nicht endoskopisch durch Rekanalisation zu bessern, sind OP-Indikationen.
- Training der Atemmuskulatur und Steigerung der funktionellen Residualkapazität FRC. Zwerchfellatmung, Thoraxdehnung mittels Incentive-Spirometer sowie Lippenbremse verbessern die Ausgangslage und dienen besonders bei COPD zur Prophylaxe

postoperativer pulmonaler Komplikationen. Diese Maßnahmen ermöglichen u. U. eine Lungenresektion bei vormals inoperabel eingeschätzten Patienten [15].

Kardiozirkulatorische Funktionsstörungen

Rechtsherz-Insuffizienz und pulmonale Hypertonie: Eine Parenchymresektion birgt das Risiko der Verschlechterung, was eine vorbereitende Therapie erfordert. Hierzu bieten sich Kalziumkanal-Blocker an, die sich auch zur Therapie einer supraventrikulären Tachykardie

eignen [18]. Bei chronischer Hypoxämie mit Ruhe-paO₂ <55 mm Hg ist die Sauerstofftherapie der erste Behandlungsschritt des pulmonalen Hypertonus [8].

Linksherz-Insuffizienz und KHK: Bei einem behandelbaren malignen Tumor ist im Einzelfall eine Revaskularisation der Koronararterien sinnvoll [9]. Nach Myokardinfarkt kann die Thorakotomie bei stabiler Situation und Klinik im Intervall von 4-6 Wochen erfolgen. Auch bei hohem Risiko bietet der Thoraxeingriff bei präoperativer VO₂ max >15 ml/kg KG/min eine ca. 3-fach höhere mediane Überlebenszeit als die konservative Tumorbehandlung. Bei behandelter KHK und stabiler Angina können Eingriffe ohne besondere Maßnahmen stattfinden, da das perioperative Infarktrisiko (1,1 %) kaum über dem der Normalbevölkerung (0,7 %) liegt.

Raucherentwöhnung

Was die Frage der Rauchkarenz vor Lungenresektion betrifft, ist die Antwort „JA“ und der Zeitpunkt „JETZT“.

Raucher haben bei Thorakotomie ein 2-6fach höheres Risiko postoperativer pulmonaler und kardialer Komplikationen. Da die Funktionsstörungen - vorwiegend der Sekretelimination und der Sauerstoffversorgung des Körpers - unterschiedlich abklingen, muss die präoperative Rauchkarenz frühzeitig erfolgen (Tab. 3). Da ein Rückgang der bronchialen Hypersekretion erst nach 2 Monaten sicher zu erwarten und zunächst sogar vermehrter Auswurf zu befürchten ist, wird die Zweckmäßigkeit dieser Forderung bezweifelt. Doch führt eine kurzfristige präoperative Rauchkarenz nicht häufiger zu pulmonalen Komplikationen nach Lungenparenchymresektionen als fortgesetztes Rauchen [19]. Die konsequente, auch kurzfristige Rauchkarenz ist zudem sinnvoll, um Kohlenmonoxid zu eliminieren. Andererseits ist es ungerechtfertigt, einem Raucher den Thoraxeingriff zu versagen, weil die Normalisierung der Sekretproduktion erst binnen einer für das Fortschreiten

des malignen Tumors bedenklichen Zeitspanne einträte. Bei Unterscheidung der Risiken des Tabakrauchens und denen des Suchtstoffes Nikotin kann die präoperative Rauchkarenz ggf. unter Nikotin-Substitution erfolgen [20].

Atemwegssicherung

Grundlagen

Vordringliches Ziel ist die Herstellung eines sicheren künstlichen Atemwegs mit verlässlicher Seitentrennung beider Lungenflügel zur möglichen ELV. Dies betrifft neben Eingriffen an der Lunge auch die Herz- und Ösophaguschirurgie sowie Eingriffe an der thorakalen Wirbelsäule. Auch Operationen von Patienten mit Thoraxtrauma erfordern ggf. die Lungenseparation für seitengetrennte Beatmung bzw. ELV [21]. Meilensteine der Versorgung sind die Verbesserung des eingesetzten Tubusmaterials, die Tubusüberwachung mittels fiberoptischer Bronchoskopie (FOB) und nicht zuletzt die Bewältigung erschwerter Atemwegssituationen. Dazu zählen:

- Platzierung von Doppelklemmentubus oder Bronchusblocker evtl. per se problematisch.
- Herausforderung bei schwieriger Intubation im sonst geläufigen Sinn.
- Hindernisse wie Stenosen, Tumorinvasion oder Verletzungen im Bereich der zentralen Atemwege subglottisch, tracheal oder im Bereich der Bifurkation.

Indikationen zur Lungenseparation

Absolute Indikationen zur Seitentrennung der Atemwege sind:

- Vermeidung von Sekretübertritt (Eiter, Sputum, Blut) von der zu operierenden auf die andere Lungenseite, etwa bei Bronchiektasen, intrapulmonalen Abszessen und Hämoptysen. Mögliche Folgen bei „feuchter Lunge“ wären sonst die Kontamination der nicht exponierten Seite.
- Atelektasenbildung, Gefährdung der Ventilation sowie Komplikationen im postoperativen Verlauf.
- Sicherung der Lungenventilation.

Tabelle 3

Zeiträume der Normalisierung gestörter Organfunktionen nach Beginn der Rauchkarenz.

Kurzeiteffekte	Erholungszeitraum
Nikotin-Elimination	2-5 h
CO-Elimination	12-48 h (verbesserte Sauerstoffversorgung, speziell auch des Herzens)
Bronchialtonus vermindert	20 min
Zilienfunktion verbessert	Stunden bis Tage
Bronchoreaktivität	Tage bis 4 Wochen
Langzeiteffekte	Erholungszeitraum
NO-Produktion	6-12 Monate
Lipid-Profil	6-12 Wochen
Sputumverminderung	2-8 Wochen
Pulmonale Morbidität	nach ca. 8 Wochen normal
Immunsystem	nach ca. 8 Wochen normal
Gerinnungssystem	nach ca. 1 Jahr normal
Infarktrisiko	nach 2-3 Jahren normal

Leckagen an Lungenparenchym (bronchopleurale/-kutane Fistel, durch Eingriffe wie Pleurektomie/ Dekortikation) und Atemwegen (Trauma, chirurgische Eröffnung größerer Atemwege) erfordern die seitengetrennte Beatmung der nicht betroffenen Lunge, da es sonst je nach Verlust des Atemhubvolumens zur Minderventilation käme.

- Dies gilt auch für größere Bullae oder Zysten, die überdehnt werden bzw. platzen könnten, die funktionstüchtige Ventilationsfläche einschränken oder zum Spannungspneumothorax führen würden.
- Nach Parenchymzerstörung durch Stich, Schuss oder Zerreißung ist die frühzeitige ELV auch angezeigt, um alveolo-pulmonalvenöse und dadurch systemarterielle Gasembolien zu verhindern.

Relative Indikationen zur Seitentrennung der Atemwege sind von der besseren Zugänglichkeit des Operationsfeldes durch „Ruhigstellung“ bei parenchymsparenden Lungenresektionen, Ösophagus- und minimal-invasiver Herz- und Aortenchirurgie bestimmt. Die erwartete Präzision des operativen Vorgehens unter guten Sichtverhältnissen, insbesondere bei videoassistierter Thoraxchirurgie

(Video Assisted Thoracic Surgery; VATS), kann nur unter ELV verwirklicht werden.

Die Seitentrennung der Atemwege ist unbedingt notwendig bei Risiko von Sekretverschleppung, einseitiger Lungeneröhrblähung und hohem Gasverlust durch Leckage. Indikation ist ebenso die Ruhigstellung der chirurgisch exponierten Seite.

Techniken der Lungenseparation

Allgemeines

Die **endobronchiale Intubation** ist die einfachste Form der Lungenseparation. Sie beschränkt sich auf die Revision nach rechtsseitiger Pneumonektomie (Bronchusstumpf-Insuffizienz), wenige Eingriffe im Säuglingsalter und auf Notfälle. Bei Thoraxtrauma kann zur kurzeitigen Überbrückung einer kritischen Situation (zentrale Leckage, z.B. karinianaher Tracheal- oder Bronchusriss) versucht werden, mit einem dünnen Trachealtubus zunächst endobronchial zu intubieren und diese Lungenseite mit 100 % O₂ zu beatmen. Dabei besteht bei rechtsseitiger Intubation wegen des kurzen rechten Stammbronchus die Gefahr der Verlegung des Oberlappenbronchus. Bei endobronchialer Intubation ist die

von der Ventilation ausgeschlossene Lunge jedoch nicht für Absaugmanöver, eine Bronchoskopie oder die zusätzliche Sauerstoffapplikation zugänglich.

Doppelumentubus

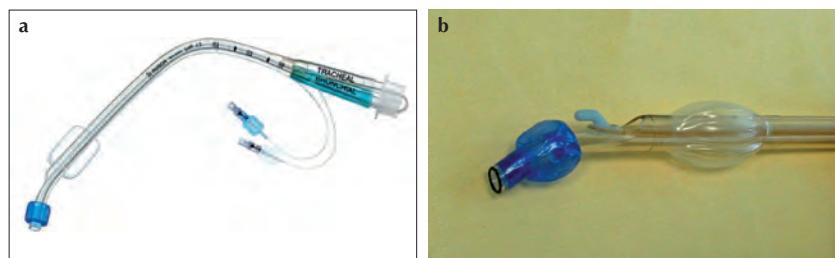
Der Doppelumentubus (DLT) ist das am meisten für die Seitentrennung der Atemwege (Lungenseparation) und ELV eingesetzte Instrument [22]. Entsprechend der Anatomie des Bronchialbaumes werden links- und rechtsseitige DLT unterschieden, die jeweils in den linken oder rechten Hauptbronchus platziert werden (Abb. 1). Die seitengetrennte Beatmung wird möglich durch

- einen **Tracheal-Cuff**, der die Abdichtung nach außen sichert, und
- einen **bronchialen Cuff**, der die Separation der einen von der anderen Lunge gewährleistet.

Den Vorzug genießen heute DLT aus Polyvinylchlorid (PVC) ohne Karinasporn (DLT nach Robertshaw). Ursprünglich und z.T. bis in die Gegenwart benutzte DLT nach Carlens (linksseitig) bzw. White (rechtsseitig) besitzen einen Karinasporn, der am Beginn des bronchialen DLT-Anteils angebracht ist. Dieser soll sich beim Vorschieben des Tubus in der Hauptkarina „festhaken“ und als merklicher Widerstand die zu tiefe Intubation vermeiden. Allerdings erschwert ein Karinahaken die Intubation und erhöht das Risiko laryngealer und tracheobronchialer Verletzungen [23]. Auch schließt er die zu tiefe Intubation nicht aus [24]. Letzteres spricht gegen die Begründung für die zuweilen propagierte Bevorzugung spornbewehrter DLT, um damit auf den Einsatz der FOB zur exakten Tubuspositionierung verzichten zu können (s.u.).

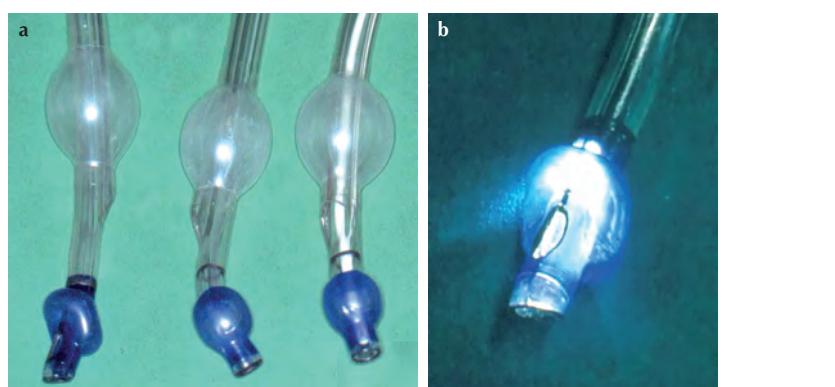
Verletzungen sind jedoch auch mit Robertshaw-Tuben möglich. Ursachen sind Fehlposition der DLT-Spitze (häufig zu tiefe Intubation), hoher Cuffdruck (übermäßige Blähung des Bronchial-Cuffs bei meist zu kleinem DLT, evtl. Diffusion von N₂O/Lachgas), zu große Tuben bei meist kleinen Frauen oder auch über die Tubusspitze hinaus ragende Mandrins zur Unterstützung der Tubuseinführung in die Trachea. Die Umlagerung des Patienten stellt, insbesondere bei geblockter

Abbildung 1



Linksseitiger Doppelumentubus (DLT) nach Robertshaw ohne Karinasporn (a) und distaler DLT-An teil eines DLT nach Carlens mit Karinasporn (b). Der Metallmandrin dient der Formgebung und nicht als Intubationsstab; er wird vor der Intubation durch einen Plastikmandrin ersetzt. Nach Intubation wird der DLT über einen speziellen Adapter mit dem Narkosekreisteil verbunden, womit unter fortlaufender Beatmung der seitengetrennte Zugang zu den Atemwegen mittels Absaugkatheter bzw. Fiberbronchoskop gewährleistet ist.

Abbildung 2



Distale Anteile eines linksseitigen (a: rechte zwei Darstellungen) bzw. rechtsseitigen (a: linke Darstellung und b) DLT nach Robertshaw. Beachte bei rechtsseitigem DLT die schräggestellte schmale bronchiale Manschette sowie das seitliche Fenster zur Belüftung des rechten Oberlappens, beim linksseitigem DLT dagegen die einfache walzenförmige Manschette. Der linksseitige DLT ist zur Erleichterung der Intubation mit einem in das bronchiale Lumen eingeführten Plastikmandrin armiert und durch Streckung seines mehr abgewinkelten endobronchialen Anteils in die Form eines herkömmlichen Trachealtubus geformt worden (a: rechte Darstellung). Die Anwendung rechtsläufiger DLT gestaltet sich durch seine zur Belüftung des rechten Oberlappens speziell ausgeformte endobronchiale Manschette schwieriger.

Bronchialmanschette, ein eigenes Verletzungsrisiko dar.

Günstige Eigenschaften der DLT nach Robertshaw sind:

- Weniger traumatische Platzierung, Gewebefreundlichkeit sowie gute Anpassung an die anatomischen Strukturen infolge Erwärmung.
- Bestückung mit Niederdruckmanschetten sowohl tracheal als auch bronchial.
- Günstige Innenlumina bezüglich

Beatmungswiderstand, Passage für Absaugkatheter und FOB.

- Gute Orientierung bei fiberoptischer Kontrolle durch farbliche Kennzeichnung des bronchialen DLT-Anteils bei transparenter Tubuswand. Letztere ermöglicht zudem das Erkennen von In- und Expiration (Beschlagen durch Feuchtigkeit in der Ausatemluft) sowie einer Sekretion.

Die Kontraindikationen relativieren sich bei modernen DLT, besonders unter

Einsatz der FOB (s.u.). Abzuwägen sind dennoch:

- Aspirationsrisiko,
- Hindernisse entlang der Tubuspassage: Tumor-Stenose, Missbildung oder Kompression von außen (mediastinale Raumforderung, Struma, Trachealverdrehung/-verbiegung, Tumorzession),
- Einsatz bei Kindern (<10 Jahre) und kleinwüchsigen Erwachsenen, besonders Frauen,
- absehbar schwierige Intubation bzw. Probleme beim Wechsel von Endotrachealtubus auf DLT.

Das Risiko einer Komplikation durch die Intubation mit einem DLT ist sowohl gegen die Notwendigkeit der Seitentrennung der Atemwege überhaupt als auch gegen die Möglichkeiten einer anderen Methode zur Seitentrennung (Bronchusblocker, s.u.) abzuwägen.

DLT verschiedener Firmen sind in den Größen 26 bis 41 Ch. verfügbar, die Innendurchmesser der Lumina betragen 4,5 (28 Ch.) bis 7,5 mm (41 Ch.). Bei der individuellen DLT-Auswahl gelten folgende Überlegungen:

- Ein linksseitiger DLT lässt sich in den stärker abgewinkelten linken Hauptbronchus im Vergleich zum rechtsseitigen DLT zwar etwas schwieriger einführen, dann aber besser in seiner Lage halten.
- Dies vor allem bedingt durch den vergleichsweise längeren linken Hauptbronchus, dessen Distanz von der Bifurkation bis zur Aufzweigung in Ober- und Unterlappenbronchus 48 ± 8 mm beträgt, allerdings mit der beträchtlichen Variabilität von 27-68 mm [25].
- Der kürzere rechte Hauptbronchus - mit einer Distanz zwischen Karina und Abgang des rechten Oberlappens von 17 ± 8 mm - erfordert eine besondere, zumeist schräge und schmalere Ausformung der bronchialen Manschette des rechtsseitigen DLT sowie ein seitliches Fenster zur Belüftung des rechten Oberlappens.

- Bei rechtsseitigem DLT sind deshalb die korrekte Platzierung und der zuverlässige Sitz des endobronchialen Astes bezüglich Seitentrennung und Abdichtung sowie der Belüftung des rechten Oberlappens der Lunge schwieriger. Ein anatomisch zuweilen sehr hoher (im Einzelfall trachealer) Abgang des Oberlappenbronchus kann entsprechend der Variabilität des Abgangs aus der Trachea zwischen -3 bis +35 mm die Anwendung des rechtsseitigen DLT erschweren bzw. im Einzelfall unmöglich machen.

Die durch den längeren linken Hauptbronchus größere Toleranz bezüglich Position der bronchialen DLT-Manschette bei potentiell besserer Abdichtung lässt den linksseitigen DLT für viele Zentren zum Instrument der Wahl werden, mit Ausnahme der geplanten linksseitigen Pneumonektomie [26]. Für thorakoskopische und extrapulmonale Operationen sind generell linksseitige Tuben indiziert.

Als Problem erweisen sich allerdings die durchaus hohen Toleranzen bei der DLT-Fertigung. So beträgt die Distanz vom Oberrand des bronchialen Cuffs bis zur Spitze bei linksseitigen Tuben zwischen 19 und 40 mm, wobei Abweichungen auch innerhalb einer DLT-Größe auftreten [27]. Damit kann es bei kürzerem linken Hauptbronchus auch bei Anwendung linksseitiger DLT zur Unterschreitung der empfohlenen Sicherheitstoleranz von 10 mm kommen. Um diesem Problem zu entgehen, ist die aus bildgebender und präoperativ bronchoskopischer Diagnostik erhältliche Bestimmung der Bronchiallänge erforderlich [28]. Dazu muss die aus der p.a. Thoraxübersichtsaufnahme gewonnene Bronchuslänge um ca. 10 % verringert werden.

Für jede Intubation mittels DLT müssen Befunde von Thoraxröntgen, Bronchoskopie und Computertomographie berücksichtigt werden, um die individuell für den Patienten richtige Tubuswahl treffen zu können und Hindernisse in der Trachea und den großen Bronchien vorab zu erkennen.

Der Einsatz des rechtsseitigen DLT ist jedoch für die linksseitige Thorakotomie nach dem Prinzip, den Hauptbronchus der Eingriffsseite zu meiden, ebenso gerechtfertigt. Dies bietet den Vorteil, auch bei einer Eingriffsausweitung bis hin zur Pneumonektomie die DLT-Position und ELV ungestört zu erhalten. Für bronchoplastische Eingriffe, bei denen Teile des Hauptbronchus zusammen mit dem Lungenlappen als sog. Bronchusmanschette reseziert werden, bewährt sich die vorausschauend kontralaterale endobronchiale Intubation besonders. Unter der Voraussetzung der fiberoptisch-bronchoskopischen Überwachung (s.u.) sind mit dem rechtsseitigen DLT bis auf o.g. Einzelfälle keine entscheidenden Nachteile zu erwarten [29,30]. Dies unterstreicht eine Studie, bei der im Vergleich von rechts- und linksseitiger DLT-Version bezüglich des Auftretens von Hypoxämie, Hyperkapnie und hoher Atemwegsdrücke keine Unterschiede gefunden wurden [31].

Die zu wählende DLT-Größe kann nach Alter, Geschlecht und Körpergröße geschätzt werden [30]. Danach ergibt sich folgende Orientierung:

- Frauen bis 150 cm Körpergröße erhalten einen 32 Ch.-, bis 160 cm einen 35 Ch.- und über 160 cm einen 37 Ch.-DLT,
- Männer bis 160 cm Körpergröße erhalten einen 37 Ch.-, bis 170 cm einen 39 Ch.- und über 170 cm einen 41 Ch.-DLT.

Zuverlässiger jedoch scheint die Wahl durch Abschätzung der lichten Weite des Hauptbronchus aus dem Trachealdurchmesser im p.a.-Röntgenbild (\varnothing Hauptbronchus = \varnothing Trachea $\times 0,68$ [32]) oder präziser, CT-gestützt (\varnothing Hauptbronchus = \varnothing Trachea $\times 0,75$ für Männer bzw. 0,77 für Frauen; [33]). Danach ist es durchaus möglich, bei großen Frauen einen DLT bis zu 39 Ch. einzusetzen. Die Erfahrung lehrt aber auch, dass sich besonders bei kleinen Frauen (vorzugsweise aus dem asiatischen Raum) selbst der DLT von 32 Ch. als zu groß erweist und ein DLT von 28 Ch. eingesetzt werden muss. Dies allerdings erfordert bei Einsatz der Fiber-

optik Schaftgrößen unter 4 mm Ø. Bei Widerständen während der Intubation ist stets die nächst kleinere Tubusgröße angezeigt.

Geeignete DLT-Größen für Frauen sind 35-37 Ch. und für Männer 39-41 Ch.

Die **DLT-Intubation** muss besonders sorgsam erfolgen:

- Sie wird erleichtert, wenn der DLT mittels Plastikmandrins im bronchialen Schenkel armiert und damit gleichzeitig durch Streckung seines bronchialen Anteils der Form des Magill-Tubus angeglichen wird. Dies erspart die vom Carlens-Tubus her bekannten Drehbewegungen, die dort nötig sind, um die gebogene Tubusspitze bzw. auch den Karinasorn im Sinne der Schonung des Kehlkopfes durch die vordere Kommissur zu führen und das Verhaken im Larynx zu vermeiden.
- Im Moment der Einführung der DLT-Spitze in den Larynxeingang befindet sich der tracheale Cuff in Höhe der oberen Schneidezähne, was schonende Handhabung erfordert.
- Als wichtige Orientierung bei der Passage des Tubus durch den Larynx dient beim Erwachsenen die Krikoid-Enge als fühlbare Durchtrittsbegrenzung für einen unpassend großen Tubus. Aus der verlässlichen Korrelation zwischen Weite von Krikoid und linkem Hauptbronchus kann abgeleitet werden, dass nach ungehindertem Durchtritt eines DLT durch die Glottis dessen bronchialer Schenkel ohne Verletzungsrisiko im linken Hauptbronchus platziert werden kann [34].
- Hat der bronchiale Schenkel die Glottis passiert, wird der Mandrin entfernt und der Tubus unter geringer Streckung und leichter Drehung von Kopf und Hals in Richtung des zu intubierenden Hauptbronchus vorgeführt.
- Ein erster federnder Widerstand zeigt das Erreichen der Karina an, ein zweiter die schon zu tiefe

Intubation. Die DLT-Platzierung in den jeweiligen Hauptbronchus soll jedoch ohne zu großen Widerstand (Tubus zu groß) erfolgen. Die zu tiefe Intubation (bei meist zu kleinem DLT) ist zu vermeiden, da hierbei häufiger als mit zu großen DLT Verletzungen der Atemwege auftreten.

- Es gilt, dass korrekter DLT-Sitz bei 170 cm Körperhöhe gut mit der Einführungstiefe von 29 cm korreliert, für ±10 cm Körpergröße muss die Intubationstiefe um ±1 cm korrigiert werden. Dann wird der Tracheal-Cuff vorsichtig gebläht, die endobronchiale Blockade erfolgt später.

Die **Blähung des bronchialen Cuffs** muss ebenso sorgsam erfolgen, um Druckschäden am Hauptbronchus zu vermeiden. Sie erfolgt erst nach Sicherung der regelrechten DLT-Position oder erst nach Lagerung des Patienten zur Operation, am besten unter fiberoptischer Sicht. Nur bei „feuchter Lunge“ ist nach der trachealen sofort auch die „blinde“ bronchiale Blockade mit 1 bis maximal 3 ml Luft sinnvoll, wonach die subtile Funktionskontrolle erfolgt. Steht kein Fiberbronchoskop zur Verfügung, wird der bronchiale DLT-Cuff mit 1-2 ml Luft gefüllt und unter gemessener oder digital gefühlter Erhöhung des Cuff-Druckes blind in den Hauptbronchus geschoben. Mit Platzierung des bronchialen Schenkels soll sich der Cuffdruck merklich, etwa auf das Doppelte erhöhen [35]. Eine inkomplette bronchiale Abdichtung zeigt sich durch Atemgasaustritt über den trachealen Schenkel nach dessen Ausschluss von der Ventilation und Beatmung über die bronchial intubierte Seite.

Um Verletzungen durch den DLT zu vermeiden, muss in allen Phasen seiner Platzierung höchst sorgsam vorgegangen werden. Prinzipiell soll der DLT mit vertretbar größtmöglichem Durchmesser gewählt werden

- **um die Atemwegswiderstände zu minimieren,**
- **weil ein größerer DLT seltener zu tief und somit zuverlässiger platziert wird**

- **weil bei diesem der endobronchiale Cuff bereits mit geringer Füllung von 1-3 ml dicht sitzt und**
- **das Risiko eines Bronchustraumas geringer ist [23].**

Die klinische Prüfung der DLT-Position erfolgt durch wechselweises Abklemmen der Tubusschenkel bei manueller Beatmung unter Inspektion und Auskultation. Die Prüfung nach dem Prinzip „looks good, feels good, sounds good“ dient vorrangig der ersten Kontrolle, ob das bronchiale DLT-Ende im seitengerechten Hauptbronchus liegt. Die Häufigkeit primärer Fehlintubation des falschen Hauptbronchus bei „blinder“ Platzierung liegt dabei allerdings zwischen 7 % und 30 % [36].

Der DLT liegt

- **korrekt**, wenn beidseits atemsynchrone Thoraxbewegung und Atemgeräusch vorhanden sind, die bei Abklemmen eines Tubusschenkels auf der ipsilateralen Seite verschwinden,
- **im falschen Hauptbronchus**, wenn bei Abklemmung eines Schenkels Atemgeräusch und -exkursion ipsilateral fortbestehen,
- **zu tief**, wenn schon vor Abklemmen eines Schenkels nur eine Lunge belüftet wird und nach Abklemmen der Gegenseite der Atemwiderstand, oft mit Giemen und Brummen, deutlich steigt,
- **in der Trachea**, wenn trotz Abklemmen eines Tubusschenkels beide Lungen belüftet bleiben.

Bei Verdacht auf Fehllage soll anstatt mehrmaliger Korrekturversuche unverzüglich die FOB zur Platzierung des Tubus eingesetzt werden.

Es ist mit klinischen Mitteln schwer, Fehllagen eines DLT außerhalb der beschriebenen Extreme zu erkennen. Zudem erschweren pulmonale Erkrankungen ggf. die Inspektion, Auskultation und Ventilation. Während der Operation, speziell in Seitenlage,

ist eine verlässliche, allein klinische DLT-Funktionskontrolle praktisch unmöglich.

Auch wenn die klinische Lagekontrolle zunächst als Anzeichen einer unkomplizierten „blinden“ DLT-Einführung gelten mag, ergibt die Überprüfung mittels FOB oft Lageabweichungen, die in ca. 25 % durch insuffiziente Seitentrennung oder Beatmungsprobleme relevant werden können [24,37]. Wegen der anatomischen Gegebenheiten sind rechtsseitige DLT häufiger (über 80 %) betroffen als linksseitige.

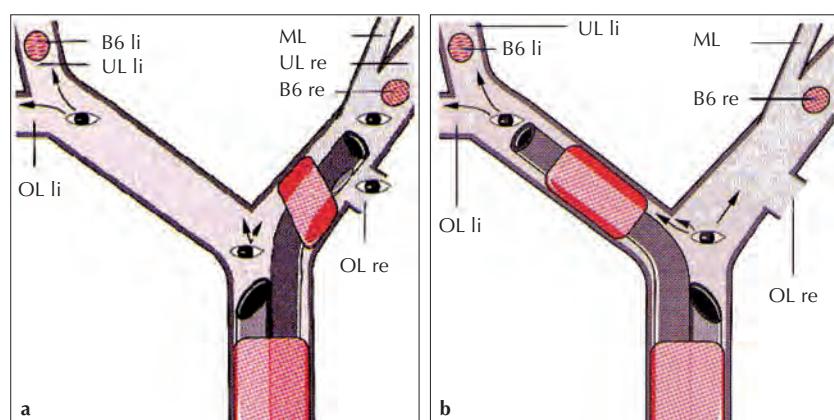
FOB-Kriterien für die regelrechte DLT-Position sind (Abb. 3-7):

- Bei **Blick durch das tracheale Lumen** besteht ungehinderte Sicht auf die Bifurkation sowie in die Ostien des jeweils nicht intubierten Stammbronchus (die Karina darf nicht durch den bronchialen Cuff verdrängt sein). Der Oberrand der bronchialen Manschette soll, sicher distal der Karina liegend, noch zu sehen sein.
- Bei **Blick durch das bronchiale Lumen** besteht ungehinderte Sicht auf die jeweilige Aufzweigung der Hauptbronchien (Identifizierung des Unterlappenspitzensegments B6 ist wichtig). Beim rechtsseitigen DLT soll sich mit **Blick durch das seitliche „Auge“ der Oberlappenbronchus darstellen.**

Bei Umlagerung des Patienten auf die Seite kommt es häufig zur DLT-Dislokation, vorwiegend nach proximal und dabei durchaus so weit, dass sich der bronchiale DLT-Anteil komplett in der Trachea oder sogar auf der Gegenseite befindet. Dies ist klinisch nicht immer sofort erkennbar. Zudem erweist sich die DLT-Replatzierung ohne Fiberbronchoskop, das neben seiner optischen Funktion ebenso als mechanische Platzierungshilfe dient, als schwierig.

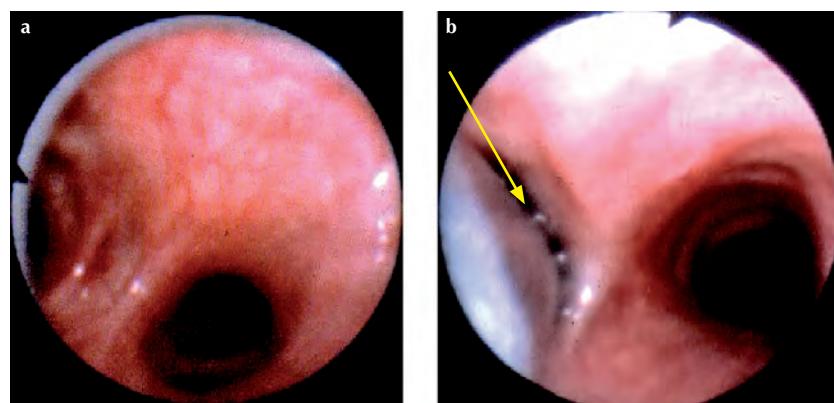
Intraoperativ ergeben sich weitere Indikationen zur FOB. Dazu zählen

Abbildung 3



Regelrechte Lage eines rechtsseitigen (a) bzw. eines linksseitigen Doppellumentubus (b). OL re = rechter Oberlappenbronchus; OL li = linker Oberlappenbronchus; UL re = rechter Unterlappenbronchus; UL li = linker Unterlappenbronchus; ML = Mittellappenbronchus; B6 = Segmentbronchus des rechten bzw. linken Unterlappenspitzensegments. Das „Auge“ verweist auf Orientierungspunkte für die fiberoptische Inspektion.

Abbildung 4



Regelrechte Position eines linksseitigen Doppellumentubus bei fiberoptischem Blick durch das bronchiale Lumen in den linken Hauptbronchus; die Aufzweigung von Ober- und Unterlappen sind deutlich sichtbar (a). Bei Sicht über den trachealen DLT-Schenkel ist bei korrektem Sitz der Oberrand des blauen bronchialen Cuffs (Pfeil) im Abstand von 0,5 - 1 cm zur Hauptkarina erkennbar (b).

Korrekturen von DLT-Fehllagen, jetzt meist hervorgerufen durch chirurgische Manipulation, oder die Entfernung von Blut bzw. Sekret in den Atemwegen.

Die Ausführungen werden durch Studien unterstrichen, die einen Zusammenhang zwischen DLT-Fehlposition und Beatmungsproblemen sowie auftretenden Hypoxämien belegen [38,39]. Auch sind Risiken wie gefährdender Sekretüberlauf in die gesunde Lunge und Beeinträchtigung

der Operationsbedingungen ohne FOB vermehrt. Der rechtsseitige DLT ist ohne FOB kaum problemlos zu nutzen [40].

DLT-Fehllagen sind Hauptursache für Sekretüberlauf mit Kontamination der „gesunden“, beatmeten Lunge sowie für Beatmungsprobleme und insbesondere Hypoxämien während ELV.

Es erweist sich also als erforderlich, die FOB bei jeder DLT-Anwendung zu nutzen, da die alleinige klinische DLT-Prüfung als zwar notwendiges, aber unzureichendes Verfahren zur Kontrolle der Tubuslage anzusehen ist [41,42]. Weiterhin dient die Fiberoptik bei schwierigem Atemweg zur primären DLT-Intubation und -Platzierung (s.u.) sowie der Unterscheidung von Tubusfehllagen und Blut- bzw. Sekretverlegung, aber auch zur Verhütung oder Erkennung möglicher Verletzungen durch DLT. Der regelmäßige Einsatz verschafft die notwendige Übung, auch in schwierigen Situationen, wo die FOB unumgänglich wird, erfolgreich die DLT-Position zu sichern sowie Hypoventilation, Hypoxämie und Sekretverschleppung zu vermeiden.

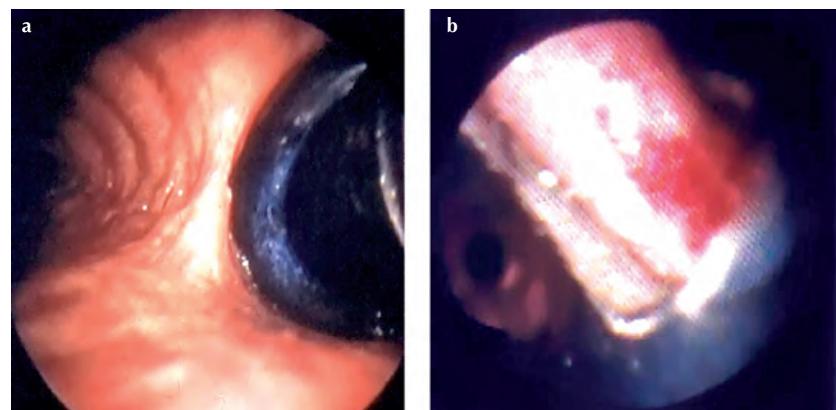
Die FOB soll nach Intubation, spätestens aber nach (jeder) Umlagerung des Patienten sowie intraoperativ eingesetzt werden, wann immer sich der Verdacht auf DLT-Lageveränderung abzeichnet, Probleme der Seitentrennung oder Hinweise für eine Tubusverlegung auftreten. Die Bronchoskopie dient während einer einmaligen Inspektion

- als sichere, optische Kontrolle der funktionsgerechten DLT-Position und zudem, wenn notwendig
- dem schonenden Absaugen unter direkter Sicht sowie
- als mechanische Platzierungshilfe für den DLT (im Sinne eines Mandrins).

Bei DLT-Anwendung sind Fiberbronchoskope mit größerer Steifigkeit und einer Arbeitslänge von 600 mm (sog. Intubationsfiberskope) am besten geeignet. Der Außendurchmesser der Geräte sollten etwa 4 mm und die lichte Weite des Instrumentierkanals nicht wesentlich unter 1,5 mm betragen.

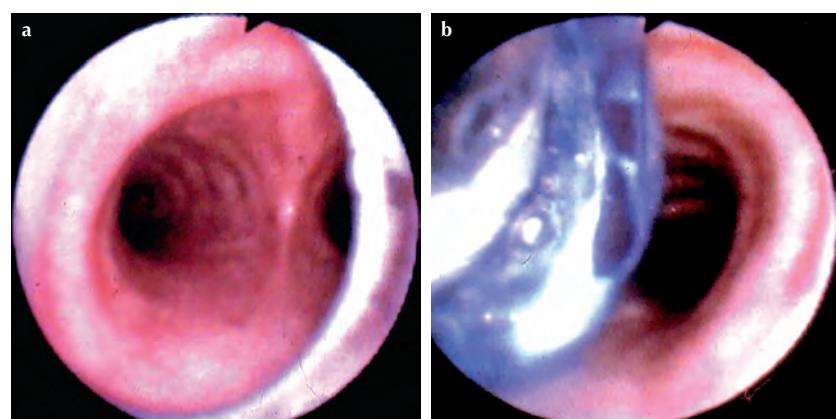
Die Kombination von Fiberbronchoskopie und Videotechnik erlaubt das schnelle Erlernen der Methode, eine bessere Befunddokumentation und unterstützt die Kooperation mit dem Operateur.

Abbildung 5



Bei Benutzung eines rechtsseitigen DLT ist manchmal die suffiziente Seitentrennung bei gleichzeitiger ausreichender Belüftung des rechten Oberlappens nicht ohne Kompromiss zu realisieren. Hier dichtet die endobronchiale Manschette bei etwas zu weit proximaler Position - der blaue bronchiale Cuff des Tubus wölbt sich in Bild a sichtbar über den Rand der Hauptkarina - gerade noch den rechten Stammbronchus ab, obgleich sein bronchialer DLT-Ast dabei bereits etwas zu weit distal liegt und das Fenster für die Belüftung des Oberlappens nicht kongruent mit dem Oberlappeneingang harmoniert (b).

Abbildung 6



Tracheal dislozierter linksseitiger DLT (häufiges Problem bei Umlagerung und intraoperativ). Der Blick durch sein tracheales Lumen zeigt, dass der geblähte bronchiale Cuff die Trachea partiell verlegt, die Seitentrennung ist aufgehoben.

Bronchusblocker

Das Prinzip des Bronchusblockers (BB) zur Atemwegstrennung besteht darin, dass die Beatmung - unabhängig ob Zwei- oder Einlungenventilation - über einen endotracheal platzierten Tubus (ETT) erfolgt (Abb. 8-9), und der Ausschluss der jeweiligen Lungenseite durch einen in den entsprechenden Hauptbronchus platzierten dünnen Katheter mit endständigem Ballon sowie

zentralem Lumen für Absaugung und Gasinsufflation erfolgt [22,43]. Voraussetzung zur Platzierung des BB ist der Einsatz der FOB. Außer dem nicht nur vordergründigen Aspekt der einfacheren Intubation liegen die Vorteile der BB-Anwendung (beim Erwachsenen) in der Nutzung von Universal-Bronchoskopen mit größerem Arbeitskanal. Dies erlaubt eine bessere Sekretentfernung, nicht jedoch auf der blockierten Seite. Außer-

dem ist der Wechsel des BB zwischen beiden Hauptbronchien möglich, was die Verwendung bei Lungentransplantation beliebt macht.

Bei den Möglichkeiten der Separation mittels BB - der Anwendung des Univent®-Tubus mit integriertem BB oder der Kombination eines ETT mit singulärem BB - scheint sich letztere in der Variante nach Arndt (Firma Cook) mit integrierter Führungsschlaufe durchzusetzen.

Der BB wird regelmäßig durch ein Bronchoskopie-Diaphragma innerhalb des ETT in die Trachea eingeführt. Danach wird ein Fiberbronchoskop, dessen äußerer Durchmesser Raum sowohl für die Bewegung des BB als auch Beatmung lassen muss, ebenfalls durch den Tubus eingeführt und dieser in Richtung des zu blockierenden Hauptbronchus vorgeschoben. Nun kann der BB unter fiberoptischer Sicht platziert werden. Nach Rückzug des Tubus in die Trachea wird die Blockermanschette unter fiberoptischer Kontrolle bis zur Abdichtung geblätzt. Ein den Sets beigeigfütterter Mehrwegadapter fungiert zugleich als Konnektor für Tubus und Beatmungsgerät und für die dichte und voneinander unabhängige Passage von Fiberbronchoskop und BB, was die Platzierung ohne Undichtigkeit bei der Beatmung erleichtert. Reicht der Querschnitt des Tubuslumens nicht aus, den BB und zugleich ein dünnes Fiberskop aufzunehmen (z.B. Atemwegstrennung bei Säuglingen), muss der BB neben dem Tubus in den Bronchus geführt werden. Da dann die Bewegung des Katheters oft durch den Tubus behindert wird, muss der BB vor Intubation des Endotrachealtubus unter bronchoskopischer Sicht in den zu blockierenden Hauptbronchus gebracht werden.

Der Univent®-Tubus ist ein Einlumentubus aus Silikonpolymer, in dessen vorderer (konkaver) Wand der Katheter eines BB verschieblich geführt ist. Die BB sind mit einem Niederdruck-Cuff ausgestattet. Bei der Intubation ist der Blockerkatheter mit entleerter Manschette vollständig in den Seitenkanal zurückgezogen. Wegen der - bedingt durch die Blockerführung - verdickten Wandung ist das Verhältnis Außen- zu Innendurchmesser (ID) un-

günstiger als bei einem herkömmlichen ETT. So hat der kleinste Univent®-Tubus mit 3,5 mm ID bereits einen äußeren Durchmesser von 7,5 mm; ein normaler ETT mit 7,5 mm Außendurchmesser hat dagegen eine ID von 5,5-6 mm. Für die Seitentrennung der Atemwege bei Kindern unter 6 Jahren bzw. 20 kg KG sind Univent®-Tuben deshalb ungeeignet. Zur linksseitigen Blockade wird der Tubus mit seiner konkaven Biegung und dem schrägen Anschnitt der Spitze entsprechend zum linken Hauptbronchus gedreht. Zur Blockade des rechten Hauptbronchus ist dieses Manöver aus anatomischen Gründen meist entbehrlich. Der BB wird nun unter fiberoptischer Kontrolle und unter Nutzung der Abknickung in den Hauptbronchus eingeführt. Dann wird die BB-Manschette behutsam bis zur zuverlässigen Abdichtung geblätzt.

Vergleich zwischen DLT und BB

Neuere Studien zeigen bezüglich Qualität der Seitentrennung, Dislokationen der Manschetten aus dem Hauptbronchus und Anzahl notwendiger Bronchoskopien keine entscheidenden Unterschiede zwischen DLT und Univent®-Tubus. Speziell bei Arndt-BB scheint aber der Zeitaufwand für die Platzierung höher [44-46]. Zudem kann die Lungenentlüftung über den BB (besonders bei rechtsseitiger Blockade) durch sein dünnes Katheterlumen erschwert sein. Andererseits scheinen BB gegenüber DLT bezüglich postoperativer Heiserkeit und Rachenbeschwerden etwas schonender [47].

Nachteile von Bronchusblockern sind [43]:

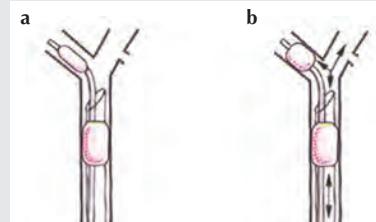
- Die Katheter engen das ETT-Lumen ein, was auch bei Erwachsenen die suffiziente Ventilation behindern kann. Ein Tubuslumen von >4-5 mm soll erhalten bleiben.
- Das geringe Lumen des Bronchusblockers erschwert, besonders bei rechtsseitiger Blockade, eine schnell erforderliche Be- oder Entlüftung der von der Ventilation ausgeschlossenen Seite. So kann die Operationsfelddarstellung zur VATS behindert oder eine Blähung bei Oxygenierungsstörung verzögert werden.
- Die bronchoskopische Kontrolle der

Abbildung 7



Dieser linksseitige DLT ist zu weit distal platziert, seine Tubusspitze hat bereits den Oberlappenabgang weitgehend verlegt, erkennbar an gerade noch am linken Bildrand zu identifizierenden Oberlappen-Abgang (oberer Pfeil mit Spitze nach links). Im Blickbereich finden sich zentral der Unterlappenbronchus mit Abgang seines sechsten Segmentbronchus nach dorsal (unterer Pfeil mit Spitze nach dorsal). Diese Aufzweigung kann bei noch weiter distal platziertem DLT die Ober-/Unterlappenaufzweigung vortäuschen, mit der tatsächlichen Konsequenz der Verlegung des Oberlappenostiums.

Abbildung 8



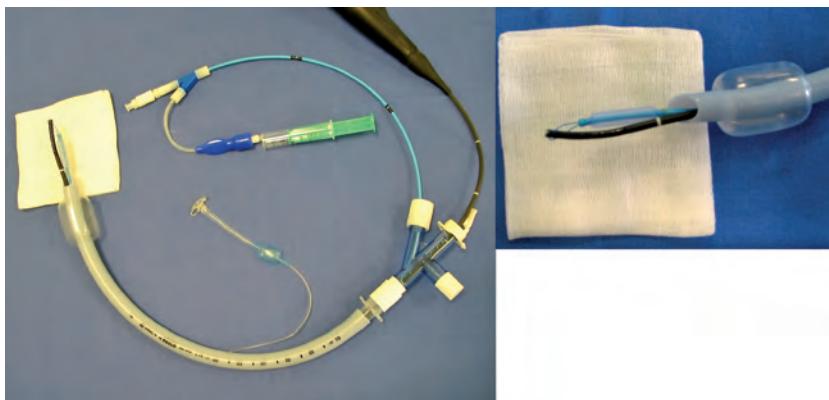
BB-Anwendung zur Seitentrennung der Atemwege.

a: Platzierung des Blockers im linken Hauptbronchus.

b: Durch Inflation des Blocker-Cuffs wird die linke Lunge von der Ventilation über den liegenden Trachealtubus ausgeschlossen.

nichtventilierten Lunge ist bei BB ohne Aufhebung der Blockade nicht möglich. Für Pneumonektomie und bronchoplastische Eingriffe sind sie deshalb generell ungeeignet.

- Eine Verlegung des dünnen BB-Katheterlumens durch Sekret oder Blut ist leicht möglich und die Sekretentfernung ggf. erschwert.

Abbildung 9

Bronchusblocker (BB) nach Arndt in entblocktem Zustand durch einen Magill-Tubus über Mehrwegadapter eingeführt (integriert Konnektor für Tubus und Beatmungsgerät sowie dichte Passage von Fiberbronchoskop und BB). Bei liegendem Endotrachealtubus wird das distale Bronchoskopende durch die über den BB-Kanal geführte Führungsschlaufe gefädelt und mit dieser umschlungen. Danach wird der gewünschte Hauptbronchus aufgesucht und der BB abgestreift. Jetzt wird das Fiberbronchoskop vorsichtig zurückgezogen, bis die Blockermanschette so im Blickfeld liegt, dass sie unter Sicht gefüllt werden kann. Ist die BB-Lage korrekt, muss die Führungsschlaufe entfernt werden, um den Kanal des Blockers zur Sekretabsaugung oder Sauerstoffinsufflation nutzen zu können.

- Wurde der BB primär zum Schutz vor Überlauf aus der erkrankten in die gesunde Lunge gelegt, ist beim Zurückgleiten der Blockermanschette in die Trachea mit Sekretüberflutung der gesunden Lunge zu rechnen.
- Darüber hinaus besteht bei Dislokation des geblockten Blockerballons in die Trachea (z.B. durch chirurgische Manipulation) das Risiko einer gefährlichen Atemwegsobstruktion.
- Differenzierte Beatmungsverfahren - wie die Anwendung der Hochfrequenz-Jet-Ventilation (high frequency jet ventilation; HFJV) - sind bei Anwendung von BB ohne Aufhebung der Seitentrennung nicht möglich, ebenso ist die CPAP-Applikation auf der von der Ventilation ausgeschalteten Lungenseite wegen der geringen Blockerlumina erschwert.

Dies begründet die weitreichende Anwendung von DLT. Unter sorgfältiger Abwägung zwischen den verschiedenen Techniken zur Seitentrennung der Atemwege ergeben sich dennoch die nachfolgend aufgeführten **Indikationen für BB:**

- Hohes Aspirationsrisiko, besonders wenn weitere Faktoren hinzukommen.

- Intubationshindernis für DLT in Trachea und Stammbronchus (Tumorinfiltration, Stenose, anatomische Abweichung).
- Schwierige orotracheale Intubation des Erwachsenen und im Notfall.
- Umgehen der Umintubation bei Nachbeatmung oder bereits intubiertem Patienten.
- Kinder und kleinwüchsige Erwachsene (zumeist Frauen) - für die Seitentrennung der Atemwege beim Kleinkind und Säugling ist der BB unabdingbar.
- Selektive Blockade einzelner, zumeist distaler Bronchien bei erhaltener Belüftung der übrigen Lungenbereiche (evtl. Unterstützung der Darstellung der Lappengrenzen),
- Bei Hämoptyse ist die Bronchusblockade mittels BB über einen Endotrachealtubus das einfachere Verfahren zur Seitentrennung der Atemwege.

Es ist individuell abzuwegen, welches Verfahren der Lungenseparation – ob DLT oder BB – zum Einsatz kommen soll.

Atemwegstrennung bei schwierigen Atemwegen in der Thoraxchirurgie

Grundlagen

Hier sind zwei Probleme zu unterscheiden [36]:

1. Die **schwierige Intubation** im herkömmlichen Sinn.
2. **Hindernisse**, wie Stenosen, Tumorivasion oder Verletzungen im Bereich der zentralen Atemwege subglottisch, tracheal oder im Bereich der Bifurkation, welche sowohl die Platzierung von Tuben als auch die Seitentrennung einschließlich ELV erschweren oder unmöglich machen.

Bronchusblocker

Die fiberoptische Wachintubation mit einem DLT ist durch dessen geringe Flexibilität und den vergleichsweise großen Außendurchmesser erschwert und nicht immer durchführbar. Stattdessen erweisen sich BB unter Berücksichtigung der o.g. Vor- und Nachteile für Patienten, die fiberoptisch nasotracheal intubiert werden können (im Übrigen auch für Tracheotomierte mit Versorgung über eine Trachealkanüle), als nützlich. Bei Passagehindernissen für DLT oder Univent®-Tubus kann ein **passender ETT** situationsgerecht höhenvariabel unter fiberoptischer Sicht eingelegt werden, durch den dann ein BB platziert wird. Im Vorfeld ist ggf. die CT-gestützte dreidimensionale Rekonstruktion der Atemwege für die Wahl des passenden Atemwegs hilfreich [48]. BB sind außer in Kombination mit passenden ETT auch in Kombination mit einer Larynxmaske als durchaus sicherer extratrachealer Atemweg zur Thoraxchirurgie einsetzbar, z.B. im Falle einer subglottischen Einengung, wo sich zumindest zwischenzeitlich selbst ein ETT verbietet, oder zur Schonung des laryngotrachealen Raumes, so bei Sängern [49].

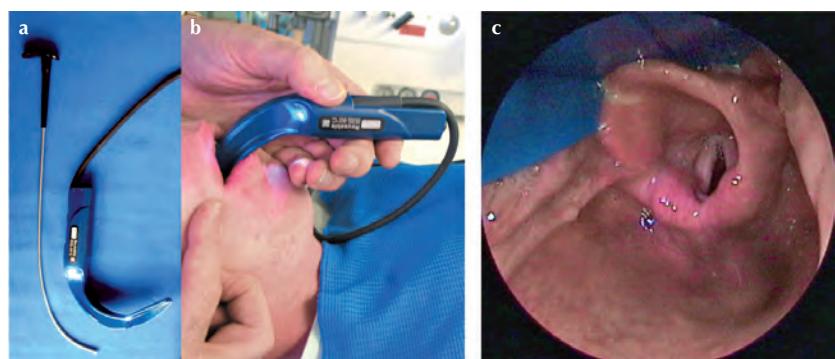
Bei subglottischen Anomalien (z.B. Trachealverletzung nach Thoraxtrauma) muss jegliche Platzierung von Atemwegen strikt unter fiberoptischer Sicht erfolgen.

Alternative Intubationstechniken

Seit einiger Zeit haben videoassistierte Intubationstechniken die Möglichkeiten zur Herstellung eines sicheren künstlichen Atemwegs - auch bei unerwartet schwieriger Intubation - bereichern können. Ein vielversprechendes Beispiel ist das GlideScope®-System. Durch die spezielle Formgebung des Spatels wird der Blickwinkel durch **indirekte** Laryngoskopie nach ventral um ca. 15° erweitert, was oft eine gute Darstellung des Kehlkopfeingangs auch in solchen Fällen ermöglicht, bei denen die übliche **direkte** Laryngoskopie versagt [50,51]. Dies gilt v.a. für Situationen nach Cormack/Lehane >2 (Abb. 10). Generell erfordert die Anwendung dieser indirekten Laryngoskopie ausreichend Übung, da eine direkte Sicht auf die Glottisebene wie mit üblichen Laryngoskopen meist fehlt. Erste Erfahrungen scheinen den Wert der Technik auch für die Platzierung von DLT zu stützen, weil die Verbesserung der Sichtverhältnisse die Passage eines geeigneten DLT - aber auch eines Tubuswechselkatheters (s.u.) - erleichtert [52]. Hierbei scheint auch die im Vergleich zum Macintosh-Laryngoskop geringere notwendige Mundöffnung von Vorteil zu sein. Andererseits kann gerade dies zu Passagebehinderung der eher größer als sonst gewählten DLT mit zudem erhöhter Gefahr für Cuff-Läsionen führen, da sich die Trachealmanschette im Moment der Passage der Tubusspitze in Höhe der Zahnreihe befindet. Außerdem ist die DLT-Passage durch die stärkere Krümmung des Spatels nur dann problemlos und ohne Risiko ventraler Läsionen im oberen Trachealbereich möglich, wenn der Tubus unter Benutzung eines flexiblen Mandrins bei Durchtritt der Spitze im Glottisbereich um ca. 90° im Uhrzeigersinn gedreht wird.

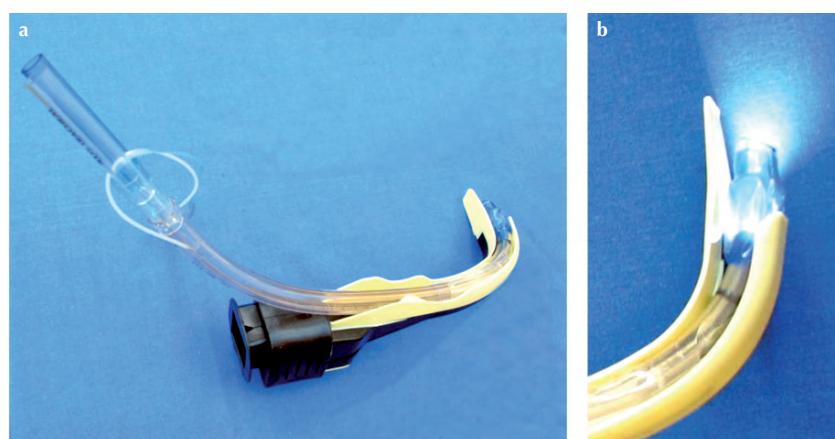
Ein anderes erfolgversprechendes Instrument steht mit dem Airtraq® zur Verfügung (Abb. 11). Es handelt sich um ein dem Bullard-Laryngoskop ähnelndes Einmalgerät mit unabhängig vom optischen Kanal integriertem Führungskanal für den Tubus, womit im Vergleich zu anderen Laryngoskopen auch ein Schutz für die Tubusmanschette gegeben ist. Mit dem Gerät, das ohne Überstreckung des

Abbildung 10



Videosystem GlideScope®. Der beigelegte Mandrin ist für DLT zu kurz (a) und muss durch einen längeren, möglichst flexiblen ersetzt werden. Beachte die geringe Mundöffnung bei Einsetzen des Spatels (b), der faktisch um die Zunge herum geführt wird und eine gute Sicht ermöglicht (c).

Abbildung 11



Airtraq®-Laryngoskop mit eingelegtem linksseitigem 39 Ch.-Doppelkatheter.

Kopfes streng in Mittellinie der Zunge und um diese herum eingeführt werden soll, ergeben sich günstige Sichtverhältnisse. Gegenüber der direkten Laryngoskopie kann in vielen Fällen eine Verbesserung der Einstellung der Larynxregion (Cormack/Lehane) erreicht werden [53]. Konnten ursprünglich nur DLT bis 37 Ch. zum Einsatz kommen [54], ist mit Komplettierung des Gerätespektrums durch das Instrument mit gelber Farbkodierung nunmehr auch die Anwendung von DLT bis 41 Ch. möglich [55].

Fiberoptische Intubation mit DLT

Bei einigen Indikationen zur ELV (Lavage einer Lunge, nicht lokalisierte intrapulmo-

nale Blutung, bronchoplastischer Eingriff) kann auch bei schwierigem Atemweg auf die Intubation mittels DLT kaum verzichtet werden. Die fiberoptische Intubation ist – Übung vorausgesetzt – am sedierten oder auch narkotisierten Patienten unter bestimmten Bedingungen möglich [36]:

- Keine Notfallsituation bzw. zeitliche Bedrängnis,
- ausreichende Mindest-Mundöffnung,
- kooperativer, adäquat sedierter Patient mit guter Schleimhautanästhesie,
- DLT zur Verbesserung der Formbarkeit im Warmwasserbad vorbereitet,
- Einsatz eines Laryngoskops, um die

Passage zu erleichtern und das Risiko von Weichteilschäden an Pharynx und Larynx (cave: Läsion der trachealen DLT-Manschette durch Zähne des Patienten) zu senken.

Unter direkter fiberoptischer DLT-Führung können Hindernisse passiert und eine schonende definitive Platzierung des Atemweges vorgenommen werden.

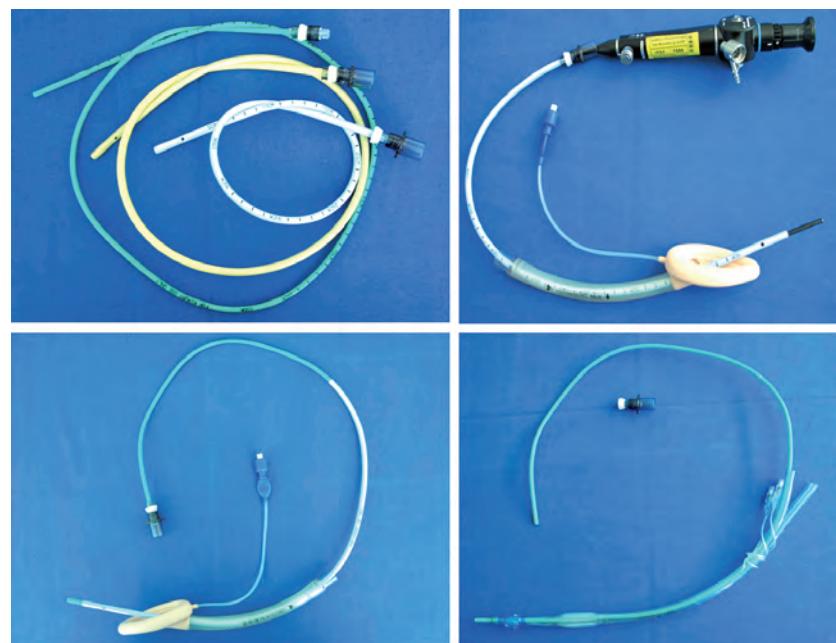
Alternativ zum flexiblen Fiberskop kann sowohl für die Wachintubation eines DLT ab 37 Ch. bei erwartet schwierigem Atemweg als auch in Situationen unerwartet schwieriger Intubationen das **retromolare Intubationsendoskop** nach Bonfils genutzt werden [56]. Das als starre Optik mit einem Blickwinkel von 110° ausgelegte Instrument bietet bei schneller Lernkurve gute Intubationsbedingungen (zu üben bei üblicher endotrachealer Intubation). Dies gilt wiederum besonders bei ungünstigen Cormack-Situationen. Zunächst muss dafür jedoch der DLT auf die maximale Nutzungslänge der Optik von ca. 38 cm gekürzt werden. Vorteilhaft ist, dass das Ende der Optik und somit das „Auge“ für den Intubierenden geschützt im bronchialen DLT-Schenkel positioniert wird und damit seltener als mit flexibler Technik Sichtbehinderungen auftreten. Gleichzeitig kann der Tubus unter Sicht den Glottisbereich passieren. Allerdings wird nach der primären Platzierung ein Fiberbronchoskop zur exakten DLT-Platzierung bzw. -Lagekontrolle benötigt.

Integrierte Nutzung von Tubuswechselkathetern

Erweist sich die Intubation eines DLT mittels Fiberoptik als nicht praktikabel, soll zunächst - ggf. auf fiberoptischem Weg - ein üblicher Endotrachealtubus appliziert oder eine Larynxmaske eingesetzt werden. Hiernach bietet sich folgendes Vorgehen mit Einsatz eines Tubuswechselkatheters (TWK) an:

- **Über Larynxmaske:** tracheale, fiberoptische Platzierung eines Aintree®-Katheters (Länge und Innenumen sind exakt auf Intubationsfiberskope bis 4 mm Ø abgestimmt, die problemlos durch das Katheterlumen zu führen sind). Von einer

Abbildung 12



Oben links verschiedene Tubuswechselkathete (TWK). Oben rechts: Aintree®-Katheter (hellblau) sind mit dem ID von 4 mm auf 600 mm-Intubations-Fiberbronchoskope abgestimmt und ermöglichen den Austausch verschiedener künstlicher Atemwege (so von Larynxmaske auf ETT) mit Ausnahme der deutlich längeren DLT. Hierzu dient der entsprechend längere hellgrüne TWK, der durch den Aintree®-Katheter eingeführt wird (unten links). Nach Entfernung von LMA mitsamt Aintree®-Katheter kann über den grünen TWK ein DLT in die Atemwege platziert werden (unten rechts). Liegt bereits ein ETT, kann auch über einen universellen gelben TWK (oben links) der DLT-Tausch erfolgen.

Intubation über Larynxmaske ohne fiberoptische Kontrolle wird wegen des Verletzungsrisikos abgeraten.

- Nach Rückzug der Fiberoptik wird im Austausch ein speziell für den DLT-Einsatz geeigneter längerer TWK durch das Lumen des Aintree®-Katheters in die Trachea platziert, da jener für den Wechsel auf DLT zu kurz ist. Beide Katheter sind durch entsprechende Adapter zur Sauerstoffinsufflation zu nutzen.
- Nunmehr wird der Aintree®-Katheter über den liegenden TWK entfernt und danach ein passender DLT über diesen in die Trachea eingeführt. Nach Entfernung des TWK erfolgt die korrekte DLT-Platzierung mittels FOB.

Bei Verwendung eines ETT wird der DLT-TWK direkt in die Trachea platziert, was mehrere Schritte spart.

Der Einsatz von TWK ist nicht ohne Risiko [57]. Sie dürfen niemals gegen Widerstand vorgeschnitten werden; stets ist die Insertionstiefe zu bedenken. Darüber hinaus soll stets die Sauerstoffinsufflation möglich sein, falls sich der DLT nicht über den Wechselkatheter in die Trachea vorschlieben lässt [40].

Der zweite Teil des Beitrags wird sich mit der Narkoseführung, Problemen der ELV sowie mit der postoperativen Versorgung befassen.

Literatur

1. Alam N, Park BJ, Wilton A, Seshan VE, Bains MS, Downey RJ, et al. Incidence and risk factors for lung injury after lung cancer resection. Ann Thorac Surg 2007;84:1085-1091.
2. Boffa DJ, Allen MS, Grab JD, Gaisser HA, Harpole DH, Wright CD. Data from the society of thoracic Surgeons general thoracic surgery database: the surgical

- management of primary lung tumors. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:247-254.
3. Eichenbaum KD, Neustein SM. Acute Lung Injury after Thoracic Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2010;24:681-690.
 4. Licker M, Fauconnet P, Villiger Y, Tschopp JM. Acute lung injury and outcomes after thoracic surgery. *Curr Opin Anaesthesiol* 2009;22:61-67.
 5. Allen MS, Darling GE, Pechet TTV, Mitchell JD, Herndon JE, Landreneau RJ, et al. Morbidity and mortality of major pulmonary resections in patients with early-stage lung cancer: Initial results of the randomized, prospective ACOSOG Z0030 trial. *Ann Thorac Surg* 2006;81: 1013-1020.
 6. De Decker K, Jorens PG, Van Schil P: Cardiac complications after noncardiac thoracic surgery: an evidence-based current review. *Ann Thorac Surg* 2003; 75:1340-1348.
 7. Bolliger CT, Koegelenberg CFN, Kendal R. Preoperative assessment for lung cancer surgery. *Curr Opin Pulm Med* 2005;11:301-306.
 8. Slinger PD, Johnston MR. Preoperative assessment for lung cancer surgery. In: Slinger PD ed. *Progress in thoracic anesthesia*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2004:1-27.
 9. Fleisher LA, Beckman JA, Brown KA, Calkins H, Chaikof E, Fleischmann KE, Freeman WK, Froehlich JB, Kasper EK, Kersten JR, Riegel B, Robb JF. ACC/AHA Guidelines on preoperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery. *J Am Coll Cardiol* 2007;50: 1707-32.
 10. Goeckenjan G, Sitter H, Thomas M et al. Prävention, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Lungenkarzinoms. Interdisziplinäre Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der deutschen Krebsgesellschaft. *Pneumologie* 2010; 64, (Suppl. 2):e1-e164.
 11. Varela G, Brunelli A, Rocco G, Novoa N, Refai M, Jimenez MF, et al. Measured FEV₁ in the first postoperative day, and not ppoFEV₁, is the best predictor of cardio-respiratory morbidity after lung resection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 31:518-521.
 12. Bolliger CT, Perruchoud AP. Functional evaluation of the lung resection candidate. *Eur Respir J* 1998;11:198-212.
 13. Colice GL, Shafazand S, Griffin JP, Keenan R, Bolliger CT: Physiologic evaluation of the patient with lung
 - cancer being considered for resectional surgery. ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd ed). *Chest* 2007; 132 (Suppl): 161 S-177 S.
 14. Deslauriers J, Merhan R (eds) *Handbook of perioperative care in general thoracic surgery*. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2005:9-19 resp. 435-444.
 15. Cesario A, Ferri L, Galetta D, Cardaci V, Biscione C, Pasqua F, et al. Pre-operative pulmonary rehabilitation and surgery for lung cancer. *Lung Cancer* 2007;57: 118-119.
 16. Wyser C, Stulz P, Soler M, Tamm M, Müller-Brand J, Habicht J, et al. Prospective evaluation of an algorithm for the functional assessment of lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:1450-1456.
 17. Lederer DJ, Tomashow BM, Ginsburg ME, Austin JHM, Bartels MN, Yip CK, et al. Lung-volume reduction surgery for pulmonary emphysema: improvement in body mass index, airflow obstruction, dyspnea and exercise capacity index after 1 year. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;133:1434-1438.
 18. Fuster V, Ryden LE, Cannon DS, Crijns HJ, Curtis AB, Ellenbogen KA, et al. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation-Executive summary. *Circulation* 2006;114:700-752.
 19. Barrera R, Shi W, Amar D, Thaler HT, Gabovich N, Bains MS, White DA. Smoking and timing of cessation. Impact on pulmonary complications after thoracotomy. *Chest* 2005;127:1977-1983.
 20. Andreas S. Tabakentwöhnung bei COPD. S3-Leitlinie Dt. Ges. Pneumologie und Beatmungsmedizin. *Pneumologie* 2008; 62:255-272.
 21. Klein U, Laubinger R, Malich A, Hapich A, Gunkel W. Erstversorgung bei Thoraxtrauma. *Anaesthesia* 2006;55:1172-1188.
 22. Wiedemann K, Männle C, Layer M, Herth F. Anästhesie in der Thoraxchirurgie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2004;39:616-650.
 23. Fitzmaurice BG, Brodsky JB. Airway rupture from double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13: 322-329.
 24. Schottke-Hennings H, Klippe HJ, Schmidied B. Die Fiberbronchoskopie als Hilfsmittel zur Plazierung und Überwachung von Doppel-lumen-Tuben in der Thoraxanästhesie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1989;24:327-333.
 25. Benumof JL, Partridge BL, Salvatierra C, Keating J. Margin of safety in positioning modern double-lumen endotracheal tubes. *Anesthesiology* 1987;67:729-738.
 26. Russell WJ. A logical approach to selection and insertion of double-lumen tubes. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008; 21:37-40.
 27. Partridge L, Russell WJ. The margin of safety of a left double-lumen tracheobronchial tube depends on the length of the bronchial cuff and tip. *Anaesth Intensive Care* 2006;34:618-620.
 28. Hannallah MS, Benumof JL, Ruttimann WE. The relationship between left mainstem bronchial diameter and patient size. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1995;9: 119-121.
 29. Campos JH, Massa FC, Kernstine KH. The incidence of right upper lobe collapse when comparing a right-sided double-lumen tube for left sided thoracic surgery. *Anesth Analg* 2000;90:535-540.
 30. Slinger P. A view of and through double-lumen tubes. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:287-288.
 31. Ehrenfeld JM, Walsh JL, Sandberg WS. Right-sided and left-sided Mallinckrodt double-lumen tubes have identical clinical performance. *Anesth Analg* 2008;106:1847-1852.
 32. Brodsky JB, Macario A, Mark JBD. Tracheal diameter predicts double-lumen tube size: a method for selecting left double-lumen tubes. *Anesth Analg* 1996; 82:861-864.
 33. Brodsky JB, Malott K, Angst M, Fitzmaurice BG, Kee SP, Logan L. The relationship between tracheal width and left bronchial width: implications for left-sided double-lumen tube selection. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2001;15: 216-217.
 34. Seymour AH. The relationship between the diameters for the adult cricoid ring and main tracheobronchial tree: a cadaver study to investigate the basis for double-lumen tube selection. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17: 299-301.
 35. Bahk JH, Lim YJ, Kim CS. Positioning of double lumen endobronchial tube without the aid of any instrument: An implication for emergency management. *J Trauma* 2000;49:899-902.
 36. Klafta JM. Advances in lung isolation for chest surgery. In: Slinger PD (ed.). *Progress in thoracic anesthesia*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins;2004:29-45.
 37. Klein U, Karzai W, Bloos F, Wohlfarth M, Gottschall R, Fritz H, et al. Role of fiberoptic bronchoscopy in conjunction

- with the use of double-lumen tubes for thoracic anaesthesia. *Anesthesiology* 1998;88:346-350.
38. Inoue N, Nishimine K, Kitaguchi H, Furuya, Taniguchi S. Double lumen tube location predicts tube malposition and hypoxaemia during one lung ventilation. *Br J Anaesth* 2004;92:195-201.
 39. Pennefather SH, Russell GN. Placement of double-lumen tubes - time to shed light on an old problem (editorial). *Br J Anaesth* 2000;84:308-310.
 40. Cohen E. Methods of lung separation. *Minerva Anesthesiol* 2004;70:313-318.
 41. Benumof JL. The position of double-lumen tubes should be routinely determined by fiberoptic bronchoscopy. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1993;7: 513-514.
 42. Karzai W, Schwarzkopf K. Hypoxemia during one-lung ventilation. *Anesthesiology* 2009;110:402-411.
 43. Motsch J, Wiedemann K, Roggenbach J. Atemwegsmanagement bei der Ein-Lungen-Ventilation. *Anaesthesia* 2005;54:601-624.
 44. Campos JH, Kernstine KH. A comparison of a left sided Broncho-Cath® with the torque control blocker Univent and the wire-guided blocker. *Anesth Analg* 2003; 96:283-289.
 45. Lehmann A, Zeitler C, Lang J, Isgrò F, Kiessling AH, Boldt J. Ein Vergleich des Arndt®-Bronchusblockers mit einem Doppelklemmentubus im Rahmen robotergestützter Eingriffe in der Herzchirurgie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2004;39:353-359.
 46. Narayanaswami M, McRae K, Slinger P, Dugas G, Kanellakos GW, Roscoe A, Lacroix M. Choosing a lung isolation device for thoracic surgery: a randomized trial of three bronchial blockers versus double-lumen tubes. *Anesth Analg* 2009; 108:1097-101.
 47. Knoll H, Ziegeler S, Schreiber JU, Buchinger H, Bialas P, Semyonov K, et al. Airway injuries after one-lung ventilation: a comparison between double-lumen tube and endobronchial blocker. *Anesthesiology* 2006;105: 471-477.
 48. Eberle B, Weiler N, Vogel N, Kauczor HU, Heinrichs W. Computed tomography-based tracheobronchial image reconstruction allows selection of the individually appropriate double-lumen tube size. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1999;13:532-537.
 49. Wiedemann K, Limberg D. Die Larynxmaske beim schwierigen Atemweg und in der Thoraxchirurgie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2004;39:501-506.
 50. Lai HY, Chen IH, Chen A, Hwang FY, Lee Y. The use of GlideScope® for tracheal intubation in patients with ankylosing spondylitis. *Br J Anaesth* 2006;97:419-22.
 51. Serocki G, Dörge V. Videolaryngoskope. In: Dörge V, Byhan C, Krier C (Hrsg). *Memorix AINS-Atemwegsmanagement*. Stuttgart: Thieme;2010:81-94.
 52. Chen A, Lay HY, Lin PC, Chen TY, Shyr MH. GlideScope-assisted Double-lumen endotracheal tube placement in a patient with an unanticipated difficult airway. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2008;22: 170-172.
 53. Missaghi SM, Krasser K, Lackner-Ausserhofer H, Moser A, Zadrobilek E. The Airtraq optical disposable device for orotracheal intubation. *Internet Journal of Airway Management* 2006-2007;4.
 54. Hirabayashi Y, Seo N. The Airtraq®-Laryngoskop for placement of double-lumen endobronchial tube. *Can J Anesth* 2007;54:955-957.
 55. Zadrobilek E. The Airtraq optical laryngoscope suitable for bronchial intubation with double-lumen tubes. *Internet Journal of Airway Management* 2006-2007;4.
 56. Bein B, Caliebe D, Römer T, et al. Using the Bonfils intubation fiberscope with a double lumen tracheal tube. *Anesthesiology* 2005;102:1290-1291.
 57. Benumof JL. Airway exchange catheters: simple concept, potentially great danger. *Anesthesiology* 1999;91:342-344.

Korrespondenz-adresse

**Prof. Dr. med.
Uwe Klein**



Klinik für Anästhesie und operative Intensivtherapie
Südharz-Krankenhaus
Robert-Koch-Straße 39
99734 Nordhausen, Deutschland
Tel.: 03631 412252
Fax: 03631 412600
E-Mail: uwe.klein@shk-ndh.de

MULTIPLE-CHOICE-FRAGEN**CME 4/2011****1. Welche der folgenden Erkrankungen oder Befunde zählt nicht zu den eingriffstypischen Komplikationen nach einer Pneumonektomie?**

- a. Myokardinfarkt
- b. Restriktive Ventilationsstörung
- c. Ateletase
- d. Pneumonie
- e. Akutes Lungenversagen

2. Welche der nachfolgenden Aussagen zum Rauchen im Rahmen thoraxchirurgischer Eingriffe trifft nicht zu?

- a. Einstellen des Rauchens vor einem thoraxchirurgischen Eingriff verbessert die Sauerstoffversorgung durch Elimination von Kohlenmonoxid
- b. Einstellen des Rauchens vor einem thoraxchirurgischen Eingriff verbessert die Zilienfunktion
- c. Einstellen des Rauchens vermindert den Bronchiolentonus
- d. Einstellen des Rauchens vermindert die Bronchoreaktivität
- e. Raucher haben bei einem thoraxchirurgischen Eingriff keine höhere Komplikationsrate

3. Welche Aussage zur Risikoeinschätzung vor lungenchirurgischen Eingriffen trifft nicht zu?

- a. Patienten, die weniger als drei Etagen Treppen steigen können, haben nach einer Thorakotomie häufiger pulmonale Komplikationen und verlängerte Beatmungszeiten
- b. Bei Thoraxchirurgie besteht für KHK-Patienten mit unter 5 % ein mittleres Risiko von Herztod oder perioperativem Infarkt
- c. Eine FVC von 3 l erlaubt generell keine Pneumonektomie
- d. Eine poststenotische Sekretverlegung durch ein Bronchialkarzinom bei zudem schlechten

Funktionswerten verbietet eine Resektion nicht

- e. Außer den Ergebnissen der Funktionsdiagnostik sind klinische Untersuchungen für die Entscheidungsfindung zur Resektion maßgebend

4. Welche Aussage zur Atemwegstrennung bei thoraxchirurgischen Eingriffen trifft nicht zu?

- a. Die Atemwegstrennung dient dem Schutz vor Sekretüberlauf von der erkrankten auf die andere Seite bei chirurgischer Entfernung von Bronchiektasen
- b. Die Atemwegstrennung dient dem Ausschluss der operierten Lunge von der Ventilation bei Versorgung eines größeren Parenchymdefektes
- c. Die Atemwegstrennung dient der Ruhigstellung der zu operierenden Lunge unter Video Assisted Thoracic Surgery (VATS)
- d. Die Atemwegstrennung dient vornehmlich der optimalen Ventilation der zu operierenden Lunge
- e. Die Atemwegstrennung dient zur Einlungenventilation bei Ösophagusresektion

5. Welche Aussage bezüglich der Auswahl und Anwendung eines Doppellumentubus (DLT) trifft zu?

- a. Im Vergleich zum linksseitigen DLT lässt sich ein rechtsseitiger DLT schwieriger in den Hauptbronchus einführen, weil der rechte Hauptbronchus stärker abgewinkelt als der linke ist
- b. Mit einem rechtsseitigem DLT sind die korrekte Platzierung und der zuverlässige Sitz des endobronchialen Astes schwieriger zu erreichen als mit einem linksseitigen
- c. Ein DLT mit Karinasporn lässt die zu tiefe Intubation vermeiden, so dass regelmäßig auf eine fiberoptische Lagekontrolle verzichtet werden kann

d. Hindernisse im Bereich von Trachea oder Bifurkation (wie Tumorinvasion oder Kompression von außen) haben keinen Einfluss auf die DLT-Anwendung

- e. Indikationen für den linksseitigen DLT sind eine linksseitige Pneumonektomie oder ein bronchoplastischer Eingriff durch Tumor am linken Stammbronchus

6. Welche Aussage zum Vorgehen bei der Intubation mittels Doppellumentubus (DLT) trifft zu?

- a. Der beigelegte Metallstab dient als Intubationsmandrin
- b. Es besteht durch unterschiedliche anatomische Verhältnisse keinerlei Zusammenhang zwischen Körperhöhe und notwendiger Einführungstiefe des DLT
- c. Die klinische Lagekontrolle eines DLT ist der fiberoptischen Lagekontrolle gleichwertig
- d. Bei Einsatz der fiberoptischen Bronchoskopie wird grundsätzlich auf die klinische Lagekontrolle des DLT verzichtet
- e. Aus der verlässlichen Korrelation zwischen Weite von Krikoid und linkem Hauptbronchus kann abgeleitet werden, dass nach ungehindertem Durchtritt eines DLT durch die Glottis dessen bronchialer Schenkel ohne Verletzungsrisiko im linken Hauptbronchus platziert werden kann

7. Welche Aussage zum Einsatz von Bronchusblockern (BB) im Rahmen der Seitentrennung zur Einlungenventilation (ELV) trifft nicht zu?

- a. BB bieten sich bei einem Intubationshindernis für Doppellumentuben in Trachea und Stammbronchus an
- b. Ein BB ist bei schwieriger orotrachealer Intubation indiziert, wenn fiberoptisch nasotracheal ein üblicher Endotrachealtubus platziert werden kann

- c. Bei Kindern und kleinwüchsigen Erwachsenen (zumeist Frauen) haben BB gegenüber dem Doppellementubus Vorteile
- d. Bei Anwendung eines BB ist auf der blockierten operierten Seite eine Hochfrequenz-Jet-Beatmung ohne Aufhebung der Seitentrennung möglich
- e. Bei Hämoptyse ist die Bronchusblockade mittels BB über den liegenden Endotrachealtubus das einfachere Verfahren zur Seitentrennung der Atemwege

8. Welche Aussage bezüglich des „schwierigen Atemwegs“ bei thoraxchirurgischen Eingriffen trifft nicht zu?

- a. In der Thoraxchirurgie werden Bronchusblocker auch in Kombination mit Larynxmaske eingesetzt
- b. Die fiberoptische Wachintubation mit einem Doppellementubus ist erschwert
- c. Bronchusblocker können bei tracheotomierten Patienten nützlich sein
- d. Bei einem Passagehindernis für einen Doppellementubus kann ein passender Endotrachealtubus höhenvariabel unter fiberoptischer Sicht eingelegt werden, durch den dann ein Bronchusblocker platziert wird

- e. Im Akutfall einer Trachealverletzung wird aus Zeitgründen strikt auf die fiberoptisch kontrollierte Platzierung von künstlichen Atemwegen verzichtet

9. Welche Aussage hinsichtlich der fiberoptischen Wachintubation mit einem Doppellementubus (DLT) trifft zu?

- a. Es darf keine vital bedrohliche Situation mit zeitlicher Bedrängnis vorliegen, der Patient muss kooperativ, aber adäquat sediert und mit einer guten Schleimhautanästhesie versorgt sein
- b. Die fiberoptische Wachintubation ist bei schwierigen Atemwegsverhältnissen die einzige praktikable Methode, einen DLT zu platzieren
- c. Es darf keine vital bedrohliche Situation mit zeitlicher Bedrängnis vorliegen und der Patient darf weder sediert noch mit einer Schleimhautanästhesie versorgt werden
- d. Auf Grund der schwierigen Verhältnisse bei der orotrachealen Intubation eines DLT wird grundsätzlich auf eine Sedierung verzichtet
- e. Zur Erleichterung der Einführung wird der DLT bis kurz vor der Anwendung im Kühlschrank gelagert

10. Welche Aussage zur unerwartet schwierigen Intubation vor thoraxchirurgischen Eingriffen trifft nicht zu?

- a. Sowohl das System GlideScope® als auch das Airtraq®-Instrument können hilfreich sein
- b. Das GlideScope® ist weniger gekrümmt als ein übliches Laryngoskop nach Macintosh und erlaubt deshalb eine bessere, direkte Sicht auf die Stimmbandebene
- c. Mittels Airtraq® kann ein Doppellementubus von 41 Ch. eingebracht werden
- d. Gelingt die primäre Intubation mittels Doppellementubus nicht, kann zunächst ein dünnerer Endotrachealtubus gelegt und der Doppellementubus über einen Tubuswechselkatheter eingebracht werden
- e. Mittels Aintree®-Katheter in Kombination mit einem flexiblen Fiberbronchoskop kann auch nach primärer Platzierung einer Larynxmaske ein Doppellementubus eingebracht werden.

Antworten CME

Heft 4/2010

FRAGE

1 c	2 d	3 b	4 a	5 c
6 b	7 b	8 e	9 a	10 d

TEILNAHMEBEDINGUNGEN an der zertifizierten Fortbildung

Zur kostenfreien Teilnahme müssen Sie den o.a. Kurs mit der folgenden PIN-Nummer buchen: **190411**

Je Fortbildungsbeitrag ist ein Satz von Multiple-choice-Fragen zu beantworten. Entsprechend den Bewertungskriterien der Bayerischen Landesärztekammer erhalten Sie zwei Fortbildungspunkte, wenn Sie mindestens 70% der Fragen zutreffend beantwortet haben. Bei 100% richtiger Antworten erhalten Sie drei Fortbildungspunkte.

Die richtigen Antworten werden unmittelbar nach Einsendeschluss in dieser Zeitschrift bekanntgegeben.

Die Fortbildungspunkte werden auch von den anderen Ärztekammern, gemäß den jeweiligen Bestimmungen, anerkannt.

Einsendeschluss: 01.04.2012

Weitere Informationen: Klaudija Atanasovska, Tel. 0911 9337821, E-Mail: katanasovska@dgai-ev.de

www.my-bda.com

