

# Bronchoskopie

*S. Elsasser, A.P. Perruchoud*

- 22.1 **Einleitung** – 342
- 22.2 **Technische Aspekte** – 342
  - 22.2.1 Ausrüstung – 342
  - 22.2.2 Auswirkungen der Bronchoskopie – 343
  - 22.2.3 Beatmung während der Bronchoskopie – 344
  - 22.2.4 Medikamentöse Vorbereitung – 345
- 22.3 **Indikationen** – 345
  - 22.3.1 Atelektasen – 345
  - 22.3.2 Hämoptoe – 346
  - 22.3.3 Pneumonie – 347
  - 22.3.4 Aspiration, Fremdkörper – 348
  - 22.3.5 Tracheobronchiale Verletzungen – 348
  - 22.3.6 Bronchopleurale Fisteln – 348
  - 22.3.7 Akute Obstruktion, Asthma – 348
  - 22.3.8 Inhalationstrauma/inhalative Intoxikation – 348
  - 22.3.9 Perkutane Tracheotomie – 349
- 22.4 **Komplikationen** – 349
  - Literatur** – 350

## 22.1 Einleitung

Die *fiberoptische Bronchoskopie* hat sich als unverzichtbares diagnostisches und therapeutisches Instrument auf der Intensivstation fest etabliert [24], während die starre Bronchoskopie nur noch sehr wenigen Indikationen vorbehalten ist. Nachteile der *starrten Bronchoskopie* sind:

- eingeschränkte Sicht in die Peripherie,
- größere Belastung des Patienten,
- Notwendigkeit einer tiefen Sedierung oder Narkose,
- erschwertes Vorgehen bei beatmeten Patienten.

Klassische Indikationen umfassen noch die massive Hämoptoe, die Entfernung größerer endobronchialer Fremdkörper sowie die endobronchiale Lasertherapie und Stentplatzierung.

Dank zunehmender Erfahrung mit der fiberoptischen Methode können auf vielen Intensivstationen mittlerweile auch die

*Hämoptoe* und die *Entfernung von Fremdkörpern* fiberoptisch angegangen werden.

Bei der fiberoptischen Bronchoskopie kann zwischen einer *diagnostischen* und einer *therapeutischen Anwendung* unterschieden werden, wobei sich die Indikationen oft überlappen. In den Tabellen 22-1 und 22-2 sind die häufigsten Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie auf der Intensivstation zusammengestellt.

## 22.2 Technische Aspekte

### 22.2.1 Ausrüstung

Für die Bronchoskopie auf der Intensivstation sollte ein Wagen bereitgestellt werden, auf dem Fiberbronchoskop und Lichtquelle zusammen mit dem notwendigen Zubehör leicht trans-

■ **Tabelle 22-1.** Häufige diagnostische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie auf Intensivstationen

Diagnostische Indikation	Fragestellung, Hilfsmittel
Atelektasen	»Mucus plug«? Tumor? Anatomisches Hindernis? Fremdkörper? Spülung mit NaCl, evtl. mit N-Azetylcystein
Pneumoniediagnostik (bei nosokomialer Pneumonie, Therapiemisserfolg, Immunsuppression)	Ableitungsbronchitis? Schleimhautrötung? Bronchoalveoläre Lavage, geschützte Bürste mit quantitativer Kultur, Spezialfärbungen, transbronchiale Biopsie
Aspiration	Schleimhautbeurteilung, Identifikation von Fremdkörpern
Nicht entfaltbare Lunge bei Pneumothorax	Obstruktion? Bronchopleurale Fistel?
Hämoptoe	Blutungslokalisierung?
Tubuslage	Tubuslokalisierung?
Atemwegsobstruktion	Tubusdurchgängigkeit? Tumor? Fremdkörper? Bronchialkollaps?
Inhalationsintoxikation	Schleimhautbeurteilung: Nekrosen?
Thoraxtrauma	Trachea-, Bronchusverletzungen?
Perkutane Tracheotomie	Tubuslage? Lage des Führungsdrahtes? Blutung?
Abklärung pulmonaler Infiltrate	Infektionszeichen? Sekretbeschaffenheit? Zytologie, bronchoalveoläre Lavage
Larynx-, Trachealschäden nach Intubation und Tracheotomie	Anatomische und funktionelle Integrität?
Tumorverdacht	Tumor? Plumpe Karinen? Schleimhautbeurteilung, Zytologie (Spülflüssigkeit, Bürste,

■ **Tabelle 22-2.** Häufige therapeutische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie auf Intensivstationen

Therapeutische Indikation	Methoden
Atelektasen	Spülung mit NaCl, evtl. mit N-Azetylcystein
Fremdkörper	Entfernung mit Zange, Körbchen
Hämoptoe	Vasopressin, endobronchiale Blockade (z. B. mit Fogarty-Katheter), Lasertherapie, Leim
Asthma	Absaugen von »mucus plugs«, (direkte Applikation von $\beta$ -Mimetika)
Bronchopleurale Fisteln	Biologischer Leim, Tetracykline



## 22.2 · Technische Aspekte

portiert werden können (■ Abb. 22-1). Die Grundausrüstung zeigt folgende Übersicht.

### Mögliche Ausrüstung für die Bronchoskopie auf der Intensivstation

- Fiberbronchoskop mit Absaugschlauch
- Lichtquelle
- Spüllösung
- Tubusaufsatz, Adapter
- Mundstück (Schutz des Bronchoskops!)
- Zangen
- Röhrrchen für mikrobiologische und zytologische Untersuchungen
- Lidocain 2% (Lokalanästhesie)
- Je nach Absprache mit der Intensivstation Sedativa, Analgetika, Anästhetika
- Adrenalin oder Ornipressin (Vasopressinanalogen) zur lokalen Blutstillung
- $\beta$ -Mimetika (zur lokalen Instillation oder Verneblung)
- Schutzmaske und Schutzbrille

Kommerziell erhältliche Tubusansatzstücke mit einer dichten Öffnung für Absaugkatheter oder Bronchoskop erleichtern die Untersuchung bei intubierten Patienten beträchtlich. Die Überwachung von Herzrhythmus, arterieller  $O_2$ -Sättigung ( $S_aO_2$ ) und Blutdruck ist bei Bronchoskopien auf der Intensivstation unerlässlich, während die  $CO_2$ -Überwachung wünschenswert ist.

**Auswahl des Bronchoskops.** Bei der Auswahl des Bronchoskops sind Tubusgröße und Indikation der Untersuchung zu berücksichtigen. Moderne Bronchoskope mit einem Durchmesser von 5 mm («Kinderbronchoskope») bieten meist eine genügende Übersicht und ergeben vergleichbare Resultate bei der bronchoalveolären Lavage (BAL), während die hämodynamischen und respiratorischen Beeinträchtigungen geringer sind [26]. Bronchoskope mit einem Durchmesser von 6 mm und entsprechend größerem Arbeitskanal müssen gelegentlich bei der Abklärung einer Hämoptoe und bei zähem, schwer mobilisierbarem Sekret verwendet werden, erfordern allerdings einen Tubus von mindestens 8 mm Innendurchmesser.

Neuere Entwicklungen umfassen *batteriebetriebene Bronchoskope*, bei denen die Notwendigkeit, eine externe Lichtquelle und einen Bronchoskopiewagen mitzuführen, entfallen. Sie erlauben dadurch einen flexibleren und schnelleren Einsatz, beispielsweise bei der Tubusplatzierung. Ultradünne Bronchoskope mit einem distalen äußeren Durchmesser von 2,8 mm und einem Arbeitskanal mit einem Durchmesser von 1,2 mm erlauben die Bronchoskopie auch bei kleinen Tubusgrößen und verursachen weniger Hyperkpnien [24].

### 22.2.2 Auswirkungen der Bronchoskopie

#### Gasaustausch

**Spontan atmender Patient.** Die fiberoptische Bronchoskopie führt beim spontanatmenden, nichtintubierten Patient zu einem Abfall des  $p_aO_2$  um etwa 5–35 mmHg [14]. Bei schwerer respiratorischer Insuffizienz, ausgeprägter Tachypnoe sowie deutli-



■ Abb. 22-1. Wagen für die Bronchoskopie auf Intensivstationen

chem Einsatz der Atemhilfsmuskulatur kann daher vor der Bronchoskopie eine Intubation erforderlich sein. Ist durch die Bronchoskopie eine Verbesserung des Gasaustauschs zu erwarten (z. B. bei einer Atelektase), so kann sie auch unter Spontanatmung erfolgen. Hingegen sollte bei diagnostischer (BAL vor der Bronchoskopie elektiv intubiert werden. Für Patienten mit nicht-invasiver Maskenbeatmung sind Adapter erhältlich, die eine Bronchoskopie durch die Gesichtsmaske ermöglichen [1, 16].

**Beatmeter Patient.** Deutlich ausgeprägter kann die Hypoxämie bei beatmeten Patienten ausfallen, insbesondere wenn eine BAL durchgeführt wird. Dabei ist das Ausmaß des Sauerstoffkonzentrationsabfalls nicht vom Volumen der BAL abhängig, sondern von der alveolären Keimzahl und einer präinterventionellen Antibiose [3]. In einer Studie betrug der durchschnittliche Abfall des  $p_aO_2$  rund 70 mmHg.

! Durch sorgfältige Respiratoreinstellung, bei der während der Untersuchung kein PEEP appliziert und außerdem auf ein gleichbleibendes Atemminutenvolumen geachtet wird, kann der durchschnittliche Abfall des  $p_aO_2$  auf rund 7,5 mmHg begrenzt werden.

Allerdings wurden auch hier  $S_aO_2$ -Verringerungen auf  $<70\%$  beobachtet, und bei 9 der Patienten nahm der Oxygenierungsindex ( $p_aO_2/F_iO_2$ ) um  $>30\%$  ab [28]. In dieser kontrollierten Studie bei Patienten mit katecholaminbedürftigem ARDS («acute respiratory distress syndrome») wurden auch Verbesse-

rungen der Oxygenierung beobachtet, wahrscheinlich bedingt durch Auto-PEEP infolge expiratorischer Flussbehinderung durch das Bronchoskop. Leider gibt es keine klinischen Parameter, mit denen sich eine *schwere Hypoxämie* voraussagen lässt. Verlängertes Absaugen von Luft führt zur Hypoventilation mit einer stärkeren  $S_aO_2$ -Verringerung und sollte daher vermieden werden [14, 28].

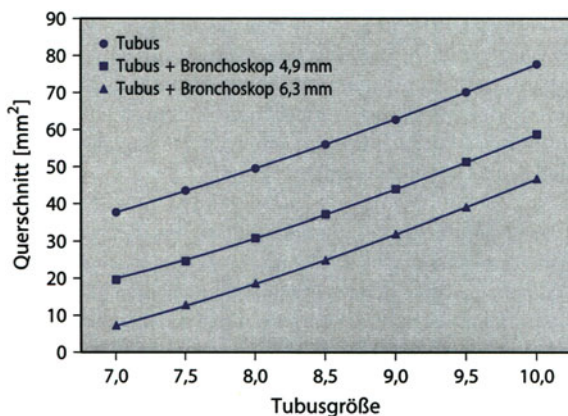
### Atemmechanik

**!** Die fiberoptische Bronchoskopie bei intubierten Patienten hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Atemparameter. Während die Fiberbronchoskopie bei spontanatmenden Patienten die Atemmechanik nur wenig beeinflusst, ändert sich dies dramatisch, sobald durch einen Tubus bronchoskopiert wird. Wird das Atemzugvolumen konstant gehalten, kann der maximale Beatmungsdruck bis auf >100 cm H<sub>2</sub>O ansteigen [28].

Dies entspricht allerdings keineswegs dem intratrachealen oder gar alveolären Druck, sondern hauptsächlich dem Druck durch das den Tubus verlegende Bronchoskop. Der durch das Bronchoskop gemessene *distale intratracheale Druck* ist deutlich geringer [14].

Das Bronchoskop stellt nicht nur ein Inspirationshindernis dar, sondern erschwert auch die Expiration beträchtlich. Deshalb sind die gemessenen endexpiratorischen Drücke mit 10–15 cm H<sub>2</sub>O und damit der Auto-PEEP deutlich erhöht, wobei dieser Effekt im Tierexperiment durch kontinuierlichen Sog reduziert werden kann [28]. Bei Bronchoskopien durch einen Tubus mit einem Innendurchmesser von 7 mm wurden endexpiratorische Drücke bis 35 cm H<sub>2</sub>O gemessen, entsprechend hoch ist die *Gefahr des Barotraumas*. Wie **■** Abb. 22-2 zeigt, nimmt die für den Luftstrom zur Verfügung stehende Querschnittsfläche mit abnehmender Tubusgröße und zunehmendem Bronchoskopdurchmesser stark ab.

**!** Die induzierte Überblähung führt zu einer Zunahme der funktionellen Residualkapazität um 30% und zu einer Abnahme der Sekundenkapazität um 40%.



**■** Abb. 22-2. Verminderung der Querschnittsfläche von Endotrachealtuben verschiedener Größe (x-Achse) durch ein »Kinderbronchoskop« (mittlere Gerade) und ein Bronchoskop mit 6 mm Durchmesser (unterste Gerade)

### Hämodynamik

Die fiberoptische Bronchoskopie führt zu einer *adrenergen Stimulation*: Beim leicht sedierten Patienten steigen Blutdruck und Herzfrequenz um etwa 30 % an [15]. Der pulmonalarterielle Druck und der Herzindex (Herzminutenvolumen pro m<sup>2</sup> Körperoberfläche) nehmen stärker zu, und zwar um 40–100 % [14]. Bei beatmeten Patienten schützt die gewöhnlich stärkere Analgesie/Sedierung weitgehend vor dieser Reaktion.

In den publizierten *Studien zur Hämodynamik* während fiberoptischer Bronchoskopie und BAL stiegen Herzfrequenz, mittlerer arterieller Blutdruck und pulmonalkapillärer Verschlussdruck lediglich in je einer Studie signifikant an, während der pulmonalarterielle Druck um durchschnittlich etwa 20 % zunahm. Der Herzindex stieg bei diesen Patienten um durchschnittlich 10 %. Auch der Rechts-links-Shunt nahm signifikant um 5 % bzw. 10 % zu. Der berechnete O<sub>2</sub>-Verbrauch stieg in beiden Studien signifikant an.

**!** Gerade bei schwer oxygenierbaren Patienten unter hohen Katecholamindosen kann es zu bedrohlichen Blutdruckabfällen kommen [28]. Erklärt werden diese Veränderungen durch den sich entwickelnden Auto-PEEP, die Hypoxämie, die Überflutung eines Lungensegments durch die BAL-Flüssigkeit sowie die Verminderung der funktionellen Residualkapazität durch fortgesetztes Absaugen.

**Patienten mit koronarer Herzkrankung.** Bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit kann die Bronchoskopie eine Myokardischämie oder Herzrhythmusstörungen auslösen. Eine Inzidenz von 5–11 % Arrhythmien, von denen die meisten harmloser Natur waren, ist bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit während der fiberoptischen Bronchoskopie beschrieben. Elektrokardiographisch nachgewiesene Ischämien treten bei 10–17 % der untersuchten Patienten auf [5, 20]. Andererseits scheint eine Bronchoskopie auch nach akutem Myokardinfarkt sicher zu sein, wenn keine Ischämie nachweisbar ist [6, 7].

**!** Zusammenfassend stellt eine koronare Herzkrankheit keine absolute Kontraindikation gegen eine Bronchoskopie dar, allerdings muss auf eine gute Lokalanästhesie geachtet und die Analgesie/Sedierung soweit vertieft werden, dass Tachykardien, Hypertonien und Hypoxämien sicher vermieden werden.

### 22.2.3 Beatmung während der Bronchoskopie

Wie bereits erwähnt, sollte das verwendete Bronchoskop der Tubusgröße angepasst werden. Bei Patienten, die assistiert mit niedriger O<sub>2</sub>-Konzentration beatmet werden, ergeben sich meist keine Störungen der Lungenfunktion. Hier genügen eine inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration von 100 % und eine Erhöhung des Beatmungsdrucks, um eine befriedigende *Oxygenierung und Ventilation* zu erreichen. Probleme bieten kontrolliert beatmete Patienten, bei denen trotz hohem PEEP die arterielle Sättigung unter 100 % O<sub>2</sub> nicht wesentlich über 90 % steigt. Hier gelten die in folgender Übersicht aufgelisteten Empfehlungen.



## 22.3 · Indikationen

**Empfohlene Respiratoreinstellung während der Bronchoskopie**

- Reduktion des PEEP um mindestens 50% (ganz absetzen bei obstruktiven Ventilationsstörungen)
- Erhöhung des  $F_iO_2$  15 min vor der Bronchoskopie auf 1,0; Reduktion nach der Bronchoskopie nach Maßgabe der Pulsoxymetrie
- Erhöhung des inspiratorischen Maximaldrucks (z. B. auf 50 cm  $H_2O$ ) und Erniedrigung des Inspirations-Expirations-Verhältnisses (z. B. auf 1:1 in Abwesenheit einer relevanten obstruktiven Ventilationsstörung)
- Überwachung der Atemzugvolumina; falls die Sättigung > 92% bleibt, kann auch ein deutlich erniedrigtes Atemminutenvolumen kurzfristig akzeptiert werden
- Kontinuierliche Überwachung von Puls, Blutdruck und Sauerstoffsättigung (pulsoxymetrisch)
- Kontinuierliches Monitoring des  $SpO_2$  für mindestens 4 h nach einer Bronchoskopie

Es ist zu bedenken, dass für die neueren Beatmungsarten (z. B. PAV, »proportional assist Ventilation«, oder ATC, »automatic tube compensation«) größere Erfahrungen bislang fehlen. Daher empfiehlt sich die Bronchoskopie mit einer *Standardbeatmungstechnik* oder die kurzfristige Überwachung von Atemmechanik (Trachealdrücke durch Bronchoskop) und Gasaustausch (mittels  $S_aO_2$  und Kapnographie).

**! Cave**

Bei Absinken der pulsoxymetrisch gemessenen  $O_2$ -Sättigung auf < 90% ist die Untersuchung zu unterbrechen, bis sich die Sättigung wieder dem Ausgangswert nähert.

**22.2.4 Medikamentöse Vorbereitung**

Nichtintubierte Patienten werden üblicherweise mit Inhalation von Lidocain (2%) sowie parenteral verabreichtem Diclidid und Atropin prämediziert [25], wobei auf ein Vagolytikum gemäß einer kontrollierten Studie verzichtet werden kann [4]. *Lidocain* kann in hohen Dosen Bronchospasmen, Bradykardien und

epileptische Anfälle induzieren, außerdem hemmt es das bakterielle Wachstum. Die empfohlene Maximaldosis beträgt 4 mg/kgKG [31]. Je nach Wachheitszustand und Aspirationsgefährdung müssen die oft verwendeten Benzodiazepine sehr vorsichtig dosiert werden.

Intubierte Patienten erhalten meist schon eine *i.v.-Basisanalgesie/-Sedierung* (z. B. Kombination Opioid plus Benzodiazepin oder Propofol). Bei starkem Hustenreiz kann hier mit Opioiden (z. B. 0,1 mg Fentanyl oder 10 mg Morphin) und/oder Benzodiazepinen (z. B. 2,5–5 mg Midazolam) supplementiert werden. Während bei der Bronchialtoilette wegen Atelektasen oder nach Aspiration ein gewisser Hustenreiz erwünscht ist, wird eine BAL durch Husten erschwert und die Untersuchung unnötig verzögert. In diesen Fällen ist eine vertiefte Sedierung (z. B. mit 20–50 mg Propofol) oder eine kurzfristige Relaxation (z. B. mit 0,2–0,3 mg Mivacurium/kgKG) notwendig.

■ Tabelle 22-3 zeigt die gebräuchlichen Dosierungen der am häufigsten zur Bronchoskopie verwendeten Medikamente.

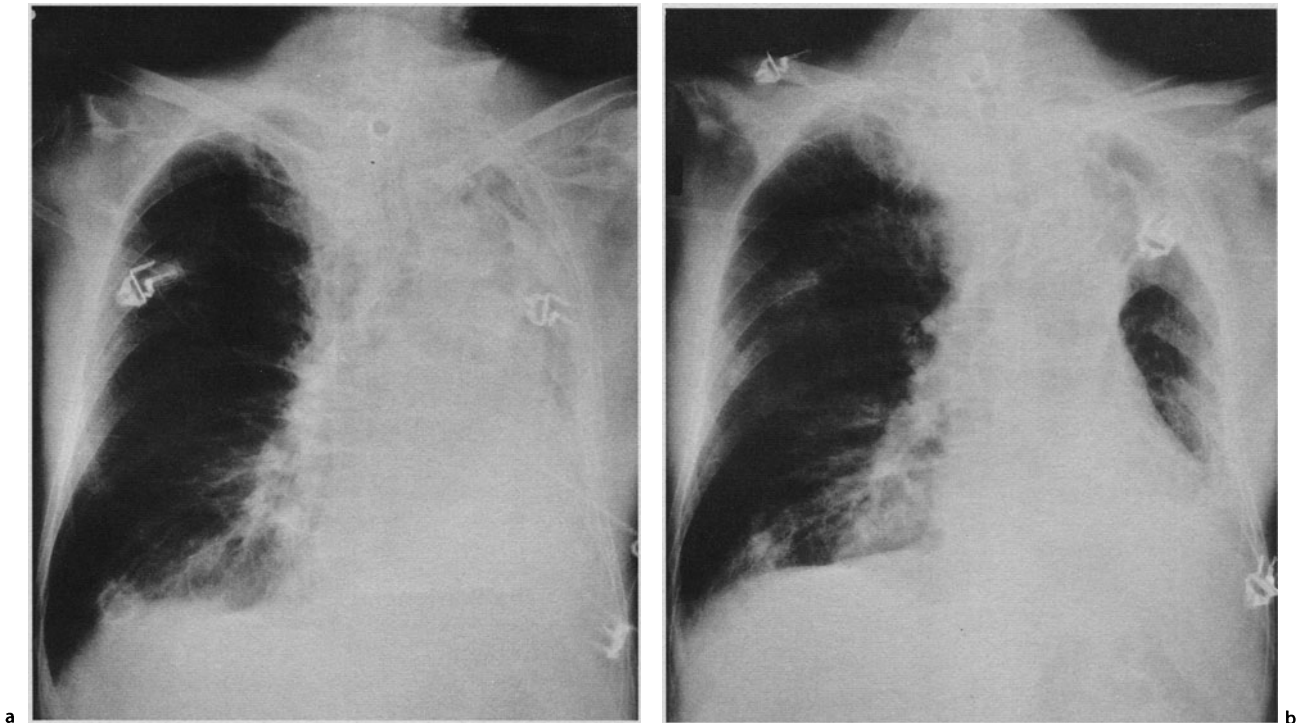
**22.3 Indikationen****22.3.1 Atelektasen**

Eine segmentale oder lobäre Atelektase manifestiert sich klinisch als abgeschwächtes bis aufgehobenes Atemgeräusch bei erhaltenem Stimmfremitus. Radiologisch zeigt sich eine Verschattung mit Schrumpfungstendenz (■ Abb. 22-3). Die Bronchoskopie kann Atelektasen effektiv beheben, wenn ein *Sekretpfropf in den zentralen Atemwegen* vorliegt (■ Abb. 22-4). Ein verlässliches Zeichen ist in diesem Fall ein plötzlicher Abbruch der Bronchuskontur im Thoraxröntgenbild. Luftbronchogramme im atelektatischen Lungenteil sind ein Hinweis darauf, dass die zentralen Atemwege durchgängig sind und trotz Bronchoskopie mit einer verzögerten Auflösung zu rechnen ist [17].

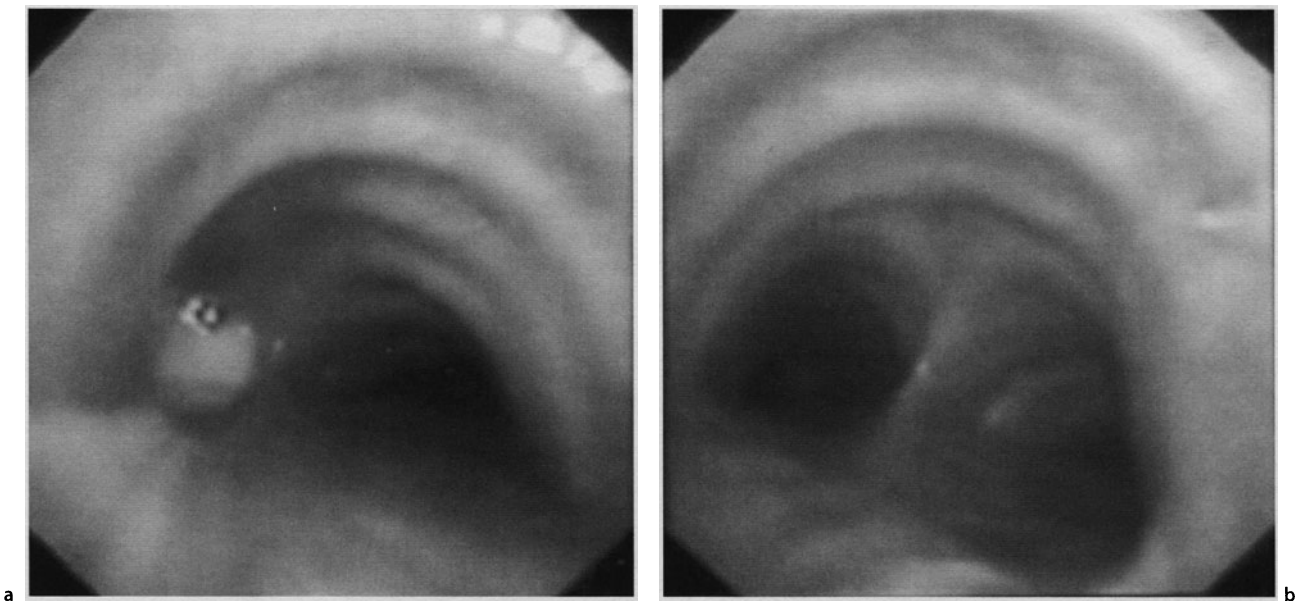
Bei Patienten, die nur über einen ineffektiven Hustenstoß verfügen (z. B. bei hohen Spinalläsionen, multiplen Rippenfrakturen oder neuromuskulären Erkrankungen) wird die *Indikation zur Bronchoskopie* großzügig gestellt. Bei reichlichem, sehr zähem Sekret ist das Absaugen oft ungenügend wirksam. In dieser Situation kann eine wiederholte Lavage mit 10–20 ml NaCl (0,9%) das Sekret lösen. Eine Spülung mit N-Azetylzystein

■ Tabelle 22-3. Gebräuchliche Medikamente und Dosierungen während der Bronchoskopie

Indikation	Medikament	Dosis	Bemerkungen
Topische Anästhesie	Lidocain 2%	Maximal 4 mg/kgKG	Maximal 4 mg/kgKG
Bronchodilatation	Salbutamol 0,5%	5 Trpf.	Bei Bronchospasmus wiederholen
Analgesie	Morphin	5–10 mg	Evtl. wiederholen
	Fentanyl	0,05–0,1 mg	Evtl. wiederholen
Sedierung	Midazolam	2,5–5 mg	Evtl. wiederholen
Anästhesie	Propofol	1–2 mg/kgKG	Nach Effekt titrieren, Wirkdauer 5 min
	Etomidate	0,2–0,3 mg/kgKG	Nach Effekt titrieren, Wirkdauer 5 min
Relaxation	Mivacurium	0,2 mg/kgKG	Wirkdauer 20 min
	Atracurium	0,4 mg/kg	Wirkdauer 30 min



■ **Abb. 22-3.** Atelektase bei einem Patienten nach Oberlappenresektion links. a vor Bronchoskopie – beachte die Verlagerung der Mediastinalstrukturen nach links; b nach Bronchoskopie



■ **Abb. 22-4 a, b.** Endoskopisches Bild einer Totalatelektase links mit Verlagerung der Hauptcarina vor (a) und nach (b) Bronchoskopie bei einem Patienten mit Tetraplegie

ermöglicht es, verbliebenes Sekret abzusaugen [22]; als Nebenwirkung kann allerdings ein Bronchospasmus ausgelöst werden. Bei therapierefraktären Atelektasen kann eine vorsichtige Luftinsufflation durch den Arbeitskanal des Bronchoskops zur Entfaltung führen; Erfolgsraten von 82–92% bei weniger als 3 Tage alter Atelektase wurden beschrieben.

### 22.3.2 Hämoptoe

Eine massive Hämoptoe ist definiert als Blutung von 200–500 ml/24 h oder als Blutung, die zu einer schweren respiratorischen Insuffizienz führt. Die häufigsten Ursachen einer Hämoptoe sind *Bronchitis und Karzinome*; die Schwere der Blutung lässt allerdings keinen sicheren Rückschluss auf die



## 22.3 · Indikationen

Ätiologie zu. Gefürchtet werden die massiven Blutungen bei Verletzungen der A. pulmonalis durch Katheter, bei Arrosionen von Gefäßen durch intrabronchiale Stents und bei der diffusen alveolären Hämorrhagie. Diagnostisch wegweisend ist bei letzterer neben dem klinischen Bild auch der bronchoskopische Befund mit persistierend blutigem Sekret nach Lavage.

**!** Bei nichtkorrigierbarer Hypoxämie muss vor der Bronchoskopie intubiert werden. Bei der fiberoptischen Bronchoskopie muss versucht werden, die Blutungsquelle zu lokalisieren und, wenn möglich, die Ursache zu erfassen.

**Schwächere Blutungen.** Bei weniger schwerwiegenden Blutungen kann die lokale Instillation von Vasokonstriktoren, wie Vasopressin oder Adrenalin, die Blutung kontrollieren. Alternativ ist die Applikation von Thrombin (5–10 ml mit 1000 U/ml) oder Thrombin-Fibrinogen (5–10 ml Fibrinogen einer 2%igen Lösung) mit Erfolg in 15 von 19 Fällen beschrieben.

**Massive Blutungen.** Bei massiven Blutungen ist eine Lokalisation der Blutung oft nicht möglich, da das Blut nicht schnell genug abgesaugt werden kann. In kritischen Situationen muss dann der Tubus in den Hauptbronchus der nicht betroffenen Lunge dirigiert werden, um so eine ausreichende Oxygenierung zu ermöglichen. Ist die Blutung zumindest in Segmenthöhe lokalisierbar, so kann ein 4-F-Fogarty-Katheter in das blutende Segment eingeführt und der Ballon mit 0,75 ml NaCl (0,9%) gefüllt werden. Technisch gibt es 2 Möglichkeiten, den Katheter zu platzieren:

■ Bei dem ersten Verfahren wird der Katheter durch den Absaugkanal direkt an die gewünschte Stelle gebracht, danach das proximale Ende des Katheters abgeschnitten, mit einer Nadel verschlossen und das Bronchoskop vorsichtig zurückgezogen. Der Vorteil dieser Methode ist die einfachere Platzierung, nachteilig sind die fehlende Absaugmöglichkeit während des Manövers und die Gefahr einer Katheterdislokation beim Zurückziehen des Instruments.

■ Alternativ kann der distale Teil des Katheters unter Schonung des Ballons mit einer Biopsiezange gefasst und in das blutende Segment dirigiert werden. Je nach Größe des Absaugkanals ist dabei ein ausreichendes Absaugen möglich, außerdem ist die Gefahr einer Katheterdislokation beim Zurückziehen des Instruments geringer. Nachteile dieser Methode sind die technisch schwierigere Platzierung des Katheters und die Gefahr, den Katheter durch die Zange zu verletzen.

Inzwischen wurden auch *Doppellumenkatheter* mit abschraubbarem Ventil entwickelt, durch das hämostyptische Medikamente direkt in das blutende Segment injiziert werden können [9]. Die Katheter können bis zu 48 h belassen werden, bis die Blutung steht oder weitere Interventionen (Bronchialarterienembolisation, chirurgisches Vorgehen, Lasertherapie) durchgeführt werden können.

### 22.3.3 Pneumonie

*Verschiedene Situationen* sind zu unterscheiden:

■ Bei ambulant erworbenen schweren Pneumonien ist die Indikation zur Bronchoskopie bei Therapieversagen gegeben;

einer Untersuchung zufolge konnte die Krankheitsursache dann in 79% der Fälle ermittelt werden.

■ Bei immunsupprimierten Patienten und bei Verdacht auf nosokomiale Pneumonien ist die Bronchoskopie beim beatmeten Patienten indiziert [8].

**Nachweis von Mikroorganismen.** Es werden verschiedene Methoden zum Nachweis von Mikroorganismen angewandt: Beim intubierten Patienten ist die Anlage einer Kultur von Spülflüssigkeit höchstens beim Befund einer eitrig-ableitungsbronchitis sinnvoll, da sie der Kultur des Trachealsekrets nicht überlegen ist [11]. Mit einer geschützten Bürste wird eine Kontamination durch tracheobronchiale Keime verhindert. Am häufigsten wird eine BAL durchgeführt. Die folgende Übersicht zeigt die Wertigkeit des Nachweises verschiedener Mikroorganismen in der BAL. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass bei schwerkranken Patienten in kritischem Zustand auch Kommensale pathogen sein können [12].

#### Wertigkeit des Nachweises von Mikroorganismen in der bronchoalveolären Lavage

- Nachweis diagnostisch
  - Mycobacterium tuberculosis
  - Legionella pneumophila
  - Pneumocystis carinii
  - Toxoplasma gondii
  - Mycoplasma pneumoniae
  - Respiratory syncytial virus
  - Strongyloides
- Nachweis und unterstützende Argumente diagnostisch
  - Bakterien
  - Aspergillus
  - Cryptococcus
  - Atypische Mykobakterien
  - Herpes-simplex-Virus
  - Zytomegalievirus

**Bronchoalveoläre Lavage (BAL).** Bei der BAL werden das Bronchoskop in ein nach radiologischen Kriterien betroffenes Subsegment vorgeschoben und körperwarmes NaCl (0,9%) instilliert. Die Menge schwankt zwischen 3-mal 50 ml und 3-mal 100 ml. Gewonnen wird das Sekret entweder durch passives Zurücklaufenlassen oder durch Absaugen. Die sog. Minilavage mit 3-mal 50 ml Instillat und Absaugen des Sekrets ist bei etwa gleicher Ausbeute deutlich weniger belastend. Eine neuere Übersichtsarbeit diskutiert die Sensitivität und die Spezifität der verschiedenen Methoden [21]. Neuere Studien untersuchen die Auswirkungen von BAL-Ergebnissen auf therapeutische Entscheidungen und die Prognose [27].

**!** Zusammenfassend lassen sich demnach mit einer negativen BAL eine nosokomiale Pneumonie ausschließen und eine empirisch eingeleitete Therapie abbrechen.

### 22.3.4 Aspiration, Fremdkörper

Es können 3 *Aspirationssyndrome* unterschieden werden:

- Bei der *Aspiration von saurem Magensaft* (Mendelson-Syndrom) erreicht dieser innerhalb von Sekunden die Peripherie. Eine routinemäßige Bronchoskopie ist nicht indiziert.
- Bei der *Aspiration fester Gegenstände oder von Erbrochenem* kann sich durch Verlegung der großen Bronchien eine Atelektase entwickeln. Diese Komplikation lässt sich durch frühzeitige Bronchoskopie verhindern. Kleinere Nahrungsbestandteile lassen sich mit der Zange fassen und entfernen, für größere Gegenstände sind hingegen spezielle Zangen und Körbchen erforderlich, die das Entfernen erleichtern. Damit können auch größere Gegenstände entfernt werden, was früher der starren Bronchoskopie vorbehalten blieb. Vorteile der fiberoptischen Bronchoskopie sind die geringere Patientenbelastung, die Durchführbarkeit am Krankenbett sowie die bessere Erreichbarkeit der Oberlappen und der peripheren Lungenbezirke [13].
- Beim *Syndrom der chronischen Aspiration* mit Entwicklung von Lungenabszessen ist die Bronchoskopie zur Sekretgewinnung, zum Ausschluss einer Bronchusobstruktion sowie zum Anaerobiernachweis indiziert.

### 22.3.5 Tracheobronchiale Verletzungen

Tracheobronchiale Verletzungen können auch ohne die klassischen Symptome – wie Dyspnoe, Hautemphysem, persistierender Pneumothorax trotz Drainage und Pneumomediastinum – vorliegen.

! **Traumapatienten sollten beim geringsten Verdacht auf tracheobronchiale Verletzungen frühzeitig bronchoskopiert werden, um Komplikationen zu vermeiden.**

Diagnostische Schwierigkeiten ergeben sich bei *proximalen Verletzungen*, die durch den Tubus verdeckt sind.

### 22.3.6 Bronchopleurale Fisteln

**Diagnostik.** Die meisten bronchopleuralen Fisteln manifestieren sich als persistierender Pneumothorax trotz adäquater Drainage. Die bronchoskopische Diagnose kann schwierig sein. Gelegentlich können aus dem betroffenen Segment hervortretende Luftblasen erkannt werden. Die Spülung eines möglicherweise betroffenen Segmentbronchus mit NaCl (0,9%) unter gleichzeitigem Hüsten des Patienten kann die Luftblasen deutlicher sichtbar machen. Eine weitere diagnostische Möglichkeit besteht im Verschieben eines 4-F-Fogarty-Katheters durch den Arbeitskanal in den verdächtigen Segmentbronchus mit vorsichtigem Füllen des Ballons. Bei abgedichtetem Bronchus sollte der Luftverlust durch die Thoraxdrainage deutlich abnehmen.

**Therapie.** Ist das betroffene Segment identifiziert, so stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, um das Leck zu verschließen. Verwendet werden Fibrinogenpräparate, Kryopräzipitate mit hohem Gehalt an Fibrinogen und Faktor VIII, autologe Blutpatches sowie Tetrazykline. Eine mögliche Technik be-

steht darin, einen Swan-Ganz-Katheter in das betroffene Ostium zu legen, den Ballon aufzublasen und durch den distalen Schenkel 2 ml Fibrinogen und anschließend 500 E Thrombin lokal zu injizieren, gefolgt von 2 ml Luft. Mit 1 ml  $\epsilon$ -Aminocapronsäure kann die Gefahr einer Fibrinolyse vermindert werden [19].

### 22.3.7 Akute Obstruktion, Asthma

**Akute Obstruktion.** Die häufigsten Ursachen für eine akute Obstruktion der oberen Luftwege sind Epiglottitis, bilaterale Stimmbandparese, Larynxödeme und Fremdkörper. Diese können endoskopisch leicht diagnostiziert werden. Bei entzündlichen Ursachen muss sehr vorsichtig, wenn immer möglich nasal, und in Intubationsbereitschaft endoskopiert werden, da reflektorische Laryngospasmen ausgelöst werden können.

! **Cave**  
Bei Patienten mit stridoröser Atmung nach der Extubation ist bronchoskopisch nach Stenosen oder funktionellen Veränderungen zu suchen.

**Status asthmaticus.** Der Nutzen der Bronchoskopie beim Status asthmaticus wird kontrovers beurteilt. Nur selten führt die alleinige bronchoskopische Bronchialtoilette mit Absaugen von zähem Sekret zu einer Verbesserung der Oxygenierung [10]. Durch eine aggressive bronchodilatatorische Therapie, schnelles Arbeiten durch einen geübten Bronchoskopeur und wiederholte Pausen wird die Gefahr eines möglicherweise deletären Airtrapping mit Zunahme des Auto-PEEP minimiert.

### 22.3.8 Inhalationstrauma/ inhalative Intoxikation

Feuer- oder Rauchexposition in schlecht belüfteter Umgebung stellen Risikofaktoren für eine thermische Schädigung der Atemwege dar, aus der sich ein ARDS entwickeln kann. Klinische Hinweise umfassen Gesichtsverbrennungen, angesengte Nasenhaare, Sputum mit Rußpartikeln, Heiserkeit, Stridor und Giemen. Aber auch ohne diese Symptome kann sich ein ARDS entwickeln.

Von 130 Patienten, die einem Feuer ausgesetzt waren, wiesen 46 Patienten makroskopische (Rötung der Mukosa, Rußpartikel, abgeschwächter Hustenreflex, eitriges Sekret) oder mikroskopische *Zeichen einer Mukosabeteiligung* auf, 52 dieser Patienten entwickelten ein ARDS.

! **Alle Patienten, die erst bei Verschlechterung der Blutgaswerte intubiert wurden, starben [18].**

Eine Bronchoskopie ist sicher bei Vorliegen der oben erwähnten Symptomatik indiziert; basierend auf der erwähnten Studie kann jedoch die Indikation auch bei asymptomatischen Patienten gestellt werden. Bei intubierten Patienten korreliert der *makroskopische Aspekt der Schleimhaut* allerdings nicht mit der Beatmungsdauer.

Verschiedene *Inhalationsgifte* (z. B. Flusssäure) führen zu Mukosaneukrosen.



## 22.4 · Komplikationen

### ! Cave

Bei der Bronchoskopie dürfen die entstandenen Membranen nicht in toto gefasst und entfernt werden, da sie den Tubus oder den Larynx verstopfen und so die Atemwege verlegen können.

### 22.3.9 Perkutane Tracheotomie

Die perkutane Tracheotomie ist eine komplikationsarme Methode. Obwohl in der Erstbeschreibung nicht erwähnt, bietet die fiberoptische Bronchoskopie eine zusätzliche Sicherheit vor Verletzungen, insbesondere der Pars membranacea, bestätigt sofort die korrekte Lage der Dilatatoren/Trachealkanüle und warnt frühzeitig vor stärkeren Blutungen. Außerdem kann zu Beginn des Eingriffs eine *Bronchialtoilette* durchgeführt und der Tubus unter Sicht knapp über die Punktionsstelle zurückgezogen werden, wodurch eine Beschädigung des Cuff verhindert wird. Mit Beginn der Punktion wird das Bronchoskop in den Tubus zurückgezogen, um mögliche Beschädigungen zu vermeiden. Zu achten ist während der Tracheotomie auf eine ausreichende Ventilation, um einer Hyperkapnie vorzubeugen [29].

## 22.4 Komplikationen

Bei entsprechender Vorbereitung und Nachbetreuung ist die Fiberbronchoskopie eine sehr komplikationsarme Untersuchung. Eine Rate von 0,5% *schweren Komplikationen* (Pneumothorax, Hämoptoe, respiratorische Insuffizienz) und 0,8% *leichten Komplikationen* (Laryngospasmus, Erbrechen, vasovagale Synkope, Epistaxis, Bronchospasmus) mit äußerst geringer untersuchungsbedingter Mortalität ist zu erwarten, wobei transbronchiale Biopsien ein höheres Komplikationsrisiko aufweisen. Intensivpatienten sind naturgemäß einem höheren Risiko ausgesetzt [28]; die Komplikationsrate liegt aber unter 10%.

*Herz-Kreislauf-Stillstände* sind beschrieben worden; die Patienten konnten aber – soweit publiziert – erfolgreich reanimiert werden. Die Komplikationsrate transbronchialer Lungenbiopsien bei beatmeten Patienten liegt deutlich über 10%. Einige Autoren halten dieses Risiko für vertretbar, andere verzichten bei beatmeten Patienten auf diese Untersuchung.

Bei Asthmatikern sind schwere *Laryngo- und Bronchospasmen* während der Bronchoskopie beschrieben worden, außerdem treten bei hypoxämischen Patienten gehäuft Arrhythmien auf. Bis zu einer Sekundenkapazität von 60% des Sollwerts ist eine Bronchoskopie problemlos möglich. Bei intubationspflichtiger Obstruktion ist eine Steroidtherapie über einige Tage vor der Bronchoskopie angezeigt; fehlt diese Zeit, so ist zumindest auf eine optimale supportive Therapie (präoperativ sowie einige Stunden postinterventionell stündliche Inhalation mit  $\beta$ -Sympathikomimetika, z. B. Salbutamol) zu achten.

*Fieber* tritt nach einer Bronchoskopie bei bis zu 16% der Patienten auf. Bei Pneumonien ist nach der Bronchoskopie auch ein sepsisähnliches Bild beschrieben worden [23]. Eine kontrollierte Studie konnte allerdings keine Erhöhung von Entzündungsmediatoren nach BAL nachweisen [2]. Eine routinemäßige Endokarditisprophylaxe ist für die Bronchoskopie nicht erforderlich.

! Die meisten schweren Komplikationen können durch sorgfältige Vorbereitung, kontinuierliche Überwachung aller Vitalparameter und einen erfahrenen Bronchoskopeur vermieden werden.

Die folgende Übersicht fasst die wichtigsten Komplikationen zusammen.

### Komplikationen der fiberoptischen Bronchoskopie auf der Intensivstation

- Hypoxämie
- Hyperkapnie
- Hypotonie
- Blutung
- Barotrauma (Pneumothorax, Mediastinalempysem)
- Sepsisähnliches Syndrom
- Aspiration
- Arrhythmien
- Erhöhung des intrakraniellen Drucks
- Laryngo- und Bronchospasmus

**Risikofaktoren.** Bei Vorliegen entsprechender Risikofaktoren (► s. nachfolgende Übersicht) muss der Untersucher entscheiden, ob der erwartete Nutzen der Untersuchung das Risiko aufwiegt. Obwohl die Häufigkeit kleinerer Blutungen bei thrombozytopenischen Patienten erhöht ist, kann eine fiberoptische Bronchoskopie einschließlich BAL mit äußerster Vorsicht auch bei Thrombozytenwerten  $< 20\,000/\mu\text{l}$  sicher durchgeführt werden [30], auf Biopsien sollte jedoch verzichtet werden. Bei Thrombozytenfunktionsstörungen (Urämie, von-Willebrand-Krankheit) kann Desmopressin ( $0,3\ \mu\text{g}/\text{kgKG}$  i. v., 15 min vor der Untersuchung) die Thrombozytenfunktion verbessern. Bei Blutungsneigung ist eine entsprechende hämostaseologische Vorbereitung empfehlenswert.

### Risikofaktoren für Komplikationen während der Bronchoskopie (nach [19])

- Erhöhtes Risiko
  - PEEP  $> 10\ \text{cm H}_2\text{O}$
  - Auto-PEEP  $> 15\ \text{cm H}_2\text{O}$
  - Gerinnungsstörung oder Antikoagulation
  - Erhöhter Hirndruck
- Sehr hohes Risiko
  - $p_a\text{O}_2 < 9,3\ \text{kPa}$  bei  $F_i\text{O}_2 > 0,7$
  - PEEP  $> 15\ \text{cm H}_2\text{O}$
  - Aktiver Bronchospasmus
  - Akuter Myokardinfarkt
  - Instabile Arrhythmien
  - Mittlerer Blutdruck  $< 65\ \text{mmHg}$  während Therapie mit Vasopressoren
  - Thrombozytenzahl  $< 20\,000/\mu\text{l}$

## Literatur

1. Antonelli M, Conti G, Riccioni L et al. (1996) Noninvasive positive-pressure ventilation via face mask during bronchoscopy with BAL in high-risk hypoxemic patients. *Chest* 110: 724–728
2. Bauer TT, Arosio C, Monton C et al. (2001) Systemic inflammatory response after bronchoalveolar lavage in critically ill patients. *Eur Respir J* 17: 274–280
3. Bauer TT, Torres A, Ewig S et al. (2001) Effects of bronchoalveolar lavage volume on arterial oxygenation in mechanically ventilated patients with pneumonia. *Intensive Care Med* 27: 384–393
4. Cowl TC, Prakash UBS, Kruger BR (2000) The role of anticholinergics in bronchoscopy. *Chest* 118: 188–192
5. Davies L, Mister R, Spence DPS et al. (1997) Cardiovascular consequences of fiberoptic bronchoscopy. *Eur Respir J* 10: 695–698
6. Dunagan DP, Burke HL, Aquino SL et al. (1998) Fiberoptic bronchoscopy in coronary care unit patients: indications, safety, and clinical implications. *Chest* 114: 1660–1667
7. Dweik RA, Mehta AC, Meeker DP et al. (1996) Analysis of the safety of bronchoscopy after recent acute myocardial infarction. *Chest* 110: 825–828
8. Fagon JY, Chastre J, Wolff M et al. (2000) Invasive and noninvasive strategies for management of suspected ventilator-associated pneumonia – A randomized trial. *Ann Intern Med* 132: 621–630
9. Freitag L, Tekolf E, Stamatis G et al. (1994) Three years experience with a new balloon catheter for the management of haemoptysis. *Eur Respir J* 7: 2033–2037
10. Henke CA, Hertz M, Gustafson P (1994) Combined bronchoscopy and mucolytic therapy for patients with severe refractory status asthmaticus on mechanical ventilation: a case report and review of the literature. *Crit Care Med* 22: 1880–1883
11. Kirtland SH, Corley DE, Winterbauer RH et al. (1997) The diagnosis of ventilator-associated pneumonia: A comparison of histologic, microbiologic, and clinical criteria. *Chest* 112: 445–457
12. Lambotte O, Timsit JF, Garrouste-Orgeas M et al. (2002) The significance of distal bronchial samples with commensals in ventilator-associated pneumonia – Colonizer or pathogen? *Chest* 122: 1389–1399
13. Lan RS, Lee CH, Chiang YC et al. (1989) Use of fiberoptic bronchoscopy to retrieve bronchial foreign bodies in adults. *Am Rev Respir Dis* 140: 1734–1737
14. Lindholm CE, Ollman B, Snyder JV et al. (1978) Cardiorespiratory effects of flexible fiberoptic bronchoscopy in critically ill patients. *Chest* 74: 362–368
15. Lundgren R, Häggmark S, Reiz S (1982) Hemodynamic effects of flexible fiberoptic bronchoscopy performed under topical anesthesia. *Chest* 82: 295–299
16. Maitre B, Jaber S, Maggiore SM et al. (2000) Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxemic patients – A randomized double-blind study using a new device. *Am J Respir Crit Care Med* 162: 1063–1067
17. Marini JJ, Pierson DJ, Hudson LD (1979) Acute lobar atelectasis: a prospective comparison of fiberoptic bronchoscopy and respiratory therapy. *Am Rev Respir Dis* 119: 971–978
18. Masanes MJ, Legendre C, Lioret N et al. (1995) Using bronchoscopy and biopsy to diagnose early inhalation injury: Macroscopic and histologic findings. *Chest* 107: 1365–1369
19. Matar AF, Hill JG, Duncan W et al. (1990) Use of biological glue to control pulmonary air leaks. *Thorax* 45: 670–674
20. Matot I, Kramer MR, Glantz L et al. (1997) Myocardial ischemia in sedated patients undergoing fiberoptic bronchoscopy. *Chest* 112: 1454–1458
21. Mayhall CG (1997) Nosocomial pneumonia: Diagnosis and prevention. *Infect Dis Clin North Am* 11: 427–457
22. Perruchoud A, Ehrsam R, Heitz M et al. (1980) Atelectasis of the lung: bronchoscopic lavage with acetylcysteine. Experience in 51 patients. *Eur J Respir Dis* 61 (Suppl 111): 163–168
23. Pugin J, Suter PM (1992) Diagnostic bronchoalveolar lavage in patients with pneumonia produces sepsis-like systemic effects. *Intensive Care Med* 18: 6–10
24. Raouf S, Mehrishi S, Prakash UB (2001) Role of bronchoscopy in modern medical intensive care unit. *Clin Chest Med* 22: 241–261
25. Reed AP (1992) Preparation of the patient for awake flexible fiberoptic bronchoscopy. *Chest* 101: 244–253
26. Ricou B, Grandin S, Nicod L et al. (1995) Adult and paediatric size bronchoscopes for bronchoalveolar lavage in mechanically ventilated patients: Yield and side effects. *Thorax* 50: 290–293
27. Sanchez-Nieto JM, Torres A, Garcia-Cordoba F et al. (1998) Impact of invasive and noninvasive quantitative culture sampling on outcome of ventilator-associated pneumonia: A pilot study. *Am J Respir Crit Care Med* 157: 371–376
28. Steinberg KP, Mitchell DR, Maunder RJ et al. (1993) Safety of bronchoalveolar lavage in patients with adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis* 148: 556–561
29. Walz MK, Peitgen K, Thurauf N et al. (1998) Percutaneous dilatational tracheostomy – early results and long-term outcome of 326 critically ill patients. *Intensive Care Med* 24: 685–690
30. Weiss SM, Hert RC, Gianola FJ et al. (1993) Complications of fiberoptic bronchoscopy in thrombocytopenic patients. *Chest* 104: 1025–1028
31. Wu FL, Razzaghi A, Souney PF (1993) Seizure after lidocaine for bronchoscopy – case report and review of the use of lidocaine in airway anesthesia. *Pharmacotherapy* 13: 72–78