



AWMF-Register Nr.	026/025	Klasse:	S2k
--------------------------	----------------	----------------	------------

Atemwegsendsoskopie im Kindesalter

Federführende Fachgesellschaft:

Gesellschaft für Pädiatrische Pneumologie (GPP)

Mandatsträger und federführender Autor: **Dr. Dirk Schramm** (Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie der Universität Düsseldorf)

Weitere Ko-Autoren: Prof. Dr. Jürg Hammer (Universitäts-Kinderspital beider Basel, Schweiz), Anna Wiemers (Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum im St. Josef-Hospital, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin)

Beteiligte Fachgesellschaften und Autoren:

Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI)

Mandatsträger: Prof. Dr. Thomas Nicolai (von Haunersches Kinderspital, München)

Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin (DGKJ)

Mandatsträger: Dr. Bernd Hinrichs (Gemeinschaftspraxis Mattern/Hinrichs, Buchholz)

Österreichische Gesellschaft für Pneumologie (ÖGP)

Mandatsträger: Univ.-Prof. Dr. Ernst Eber (Universitätsklinik für Kinder- und Jugendheilkunde, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich)

Arbeitsgemeinschaft Pädiatrische HNO-Heilkunde (AG PädHNO) der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf-Hals-Chirurgie (DG HNO KCH)

Mandatsträger: Dr. Peter Amrhein (Klinikum Stuttgart, Stuttgart)

Weitere Ko-Autorin: Dr. Diana Di Dio (Klinikum Stuttgart, Stuttgart)

Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) mit dem Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA)

Mandatsträger: Prof. Dr. med. Christoph Bernhard Eich (Kinder- und Jugendkrankenhaus Auf der Bult, Hannover)

Weiterer Ko-Autor: Dr. Bernd Landsleitner (Cnopf'sche Kinderklinik, Nürnberg)

Koordination:

Dr. med. Dirk Schramm (dirk.schramm@med.uni-duesseldorf.de)

Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie der Universität
Düsseldorf

Moorenstrasse 5

40225 Düsseldorf

Tel.: 0211 811 7479

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	7
2.	Voraussetzungen	7
	2.1. Hygiene	7
	2.2. Dokumentation	8
	2.3. Personal	8
	2.4. Qualifikation	8
	2.5. Labor und radiologische Befunde	9
	2.6. Vor- und Nachüberwachung	9
	2.7. Einwilligung und Aufklärung	10
3.	Indikationen	11
	3.1. Stridor	11
	3.2. Chronische respiratorische Beschwerden, rezidivierende Pneumonien, radiologische Veränderungen	11
	3.3. Diagnostische und therapeutische bronchoalveoläre Lavage (BAL)	11
	3.4. Persistierende Atelektasen	12
	3.5. Tracheo- ösophageale Fisteln	13
	3.6. Larynxspalten	13
	3.7. Verdacht auf endobronchiale Läsionen, Tumore	13
	3.8. Pulmonale Hämorrhagie	13
	3.9. Obstruktives Schlafapnoe Syndrom (OSAS)	14
	3.10. Verlaufskontrolle nach Lungentransplantation	14
	3.11. Tracheostoma	14
	3.12. Verdacht auf Fremdkörperaspiration	14
4.	Intensivmedizin und Anästhesie	15
5.	Interventionelle Verfahren	15
	5.1. Fremdkörperextraktion	15
	5.2. Schleimhautbiopsie und Bürstenbiopsie	16
	5.3. Transbronchiale Biopsie	16
	5.4. Sonstige interventionelle Verfahren	17

6.	Anästhesie	18
7.	Durchführung	20
	7.1. Flexible Bronchoskopie	20
	7.1.1. Transnasaler Zugang	20
	7.1.2. Zugang über Larynxmaske	21
	7.1.3. Zugang über Trachealtubus	22
	7.1.4. Zugang über Trachealkanüle	23
	7.2. Diagnostische Bronchoalveoläre Lavage	23
	7.3. Starre Endoskopie	23
	7.3.1. Starre Laryngoskopie	24
	7.3.2. Starre Tracheobronchoskopie	24
8.	Komplikationen und Risiken	25
9.	Literaturverzeichnis	26

Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle 1:</u> Beispielhafte Größen der Larynxmasken, Innendurchmesser (nach Herstellerangaben), max. möglicher Tubus zur Intubation über Larynxmaske und Größe des möglichen Bronchoskops	Seite 21
<u>Tabelle 2:</u> Beispielhafte, unterschiedliche Größen der Larynxmasken und lichter Innendurchmesser	Seite 22
<u>Tabelle 3:</u> Endotrachealtuben und ihr Verhältnis zu Trachealgröße und Bronchoskopgröße	Seite 23

Abkürzungsverzeichnis

AHA	American Heart Association
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
BAL	Bronchoalveoläre Lavage
CCD	charge-coupled device
CF	Zystische Fibrose
CPAP	continuous positive airway pressure
CT	Computertomographie
DNase	Desoxyribonuklease
EBUS-TBNA	endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration
EKG	Elektrokardiogramm
etCO ₂	endexpiratorischer Kohlenstoffdioxid-Partialdruck
EUS-B-FNA	endoscopic esophageal ultrasound-guided fine-needle aspiration
FK	Fremdkörper
HWS	Halswirbelsäule
ID	Innendurchmesser
LÄK	Landesärztekammer
OSAS	Obstruktives Schlafapnoe Syndrom
PEEP	positive end-expiratory pressure
SpO ₂	Periphere Sauerstoffsättigung
VATS	Video Assisted Thoracoscopic Surgery

Geltungsbereich und Zweck

Die bevorzugten Vorgehensweisen und Bronchoskopietechniken ("best clinical practice") variieren je nach Institution und aufgrund der sehr vielfältigen diagnostischen und therapeutischen Indikationen erheblich. Ziel dieser Leitlinie sind Empfehlungen für ein einheitliches Vorgehen anhand von Erfahrungen der Fachgesellschaften, internationalen Leitlinien und aktuellen Studienergebnissen. Somit versteht sich diese Leitlinie als Leitfaden für eine spezialisierte ärztliche Diagnostik im Rahmen der stationären und ambulanten Versorgung. Zur Abstufung der Relevanz der Empfehlungen wurden die Formulierungen gemäß der AWMF-Empfehlungsgraduierung („soll“/„soll nicht“, „sollte“/„sollte nicht“ und „kann erwogen werden“/„kann verzichtet werden“) verwendet.

Die Erstellung der Leitlinie erfolgte gemäß des AWMF-Protokolls zur Erstellung einer S2k-Leitlinie mit Evaluierung der Evidenz und anschließendem strukturiertem Konsensusprozess. Ein starker Konsens wurde im Konsensusprozess bei Einigkeit der Empfehlung von mehr als 95% der Teilnehmer erreicht, ein Konsens, wenn bei mehr als 75% der Teilnehmer Einigkeit zur Empfehlung erzielt werden konnte.

Zusammensetzung der Leitliniengruppe

Die federführende Gesellschaft für Pädiatrische Pneumologie (GPP) ernannte Dr. Dirk Schramm, Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und Kinderkardiologie der Universität Düsseldorf zum Leitlinienkoordinator.

Zu einer Mitarbeit bei der Leitlinie „Atemwegsendsoskopie im Kindesalter“ wurden die nachfolgenden Fachgesellschaften eingeladen: Gesellschaft für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin (DGKJ), Österreichische Gesellschaft für Pneumologie (ÖGP), Arbeitsgemeinschaft Pädiatrische HNO-Heilkunde der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf-Hals-Chirurgie (DGHNOKHC) sowie der Wissenschaftliche Arbeitskreis Kinderanästhesie (WAKKA) der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). Die Fachgesellschaften ernannten jeweils ihre Mandatsträger, so dass relevante Anwender und Adressaten vertreten und aktiv an der Konsensfindung beteiligt waren.

Patientenorganisationen haben an der Entwicklung der Leitlinie nicht teilgenommen, da die Bronchoskopie Teil einer erweiterten Diagnostik im Rahmen komplexerer Fragestellungen ist.

Finanzierung der Leitlinie

Die Leitlinie wurde ohne finanzielle Unterstützung oder Förderung erstellt.

Genderhinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für alle Geschlechter.

Besonderer Hinweis

Sämtliche Angaben dieser Leitlinie, insbesondere zu diagnostischen und therapeutischen Verfahren, entsprechen dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung.

Trotz größtmöglicher Sorgfalt hinsichtlich angegebener Empfehlungen zur Therapie und Auswahl sowie Dosierung von Medikamenten wird der Benutzer aufgefordert die Beipackzettel und Fachinformationen der Hersteller zur Kontrolle heranzuziehen und im Zweifelsfall einen Spezialisten zu konsultieren. Fragliche Unstimmigkeiten sollen bitte im allgemeinen Interesse der Leitlinien-Redaktion mitgeteilt werden.

Der Benutzer selbst bleibt verantwortlich für jede diagnostische und therapeutische Applikation, Medikation und Dosierung.

Insbesondere bei interventionellen Verfahren in den kindlichen Atemwegen werden gelegentlich Medizinprodukte z.T. nicht bestimmungsgemäß eingesetzt. Der Benutzer selbst bleibt verantwortlich in der Auswahl und Anwendung dieser Produkte.

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Bestimmung des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung der Leitlinien-Redaktion unzulässig und strafbar.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung reproduziert werden. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung, Nutzung und Verwertung in elektronischen Systemen, Intranets und dem Internet.

1. Einführung

Der Einfachheit halber werden im Text die Begriffe „Atemwegsendoskopie“ oder „Laryngo-Tracheo-Bronchoskopie“ häufig durch den Begriff „Bronchoskopie“ ersetzt. „Bronchoskopie“ wird hier somit zusammenfassend für die Beurteilung der Anatomie der gesamten Atemwege, also sowohl nasaler, pharyngealer, laryngealer, trachealer und bronchialer Strukturen, verwendet.

Die Bronchoskopie ist seit vielen Jahrzehnten ein entscheidender Baustein in der kinderpneumologischen Diagnostik. Sie bietet in der Hand des erfahrenen Anwenders weit über die Grenzen der Kinderpneumologie hinaus wertvolle diagnostische und therapeutische Möglichkeiten [138]. Es ist das Ziel dieser AWMF- Leitlinie, das heutige Wissen und die verschiedenen interdisziplinären Aspekte der pädiatrischen Bronchoskopie zusammenzufassen und einen Konsens zur sicheren technischen Durchführung zu finden. Dies sollte als einheitliche Basis für die praktische Anwendung dienen.

2. Voraussetzungen

2.1. Hygiene

Mit dem technischen Fortschritt der Endoskopie der vergangenen Jahre ist auch die Aufbereitung der Geräte anspruchsvoller geworden. Die Geräte verfügen über sensible Optiken und sind aufgrund ihrer zum Teil geringen Größe empfindlicher und aufwendiger zu reinigen. Dies erfordert fundiertes technisches Verständnis vom Operations- und Reinigungspersonal. In Deutschland gilt die Konsensus-Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert-Koch-Institut und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (KRINKO RKI-/BfArM-Empfehlung [4]) für spezifische Aspekte der Aufbereitung flexibler Endoskope.

Ziel der Reinigung ist die rückstandsfreie Entfernung aller organischen Materialien und Arzneimittel.

Bei der Reinigung von flexiblen Endoskopen wird zwischen der rein manuellen Aufbereitung, der teil-manuellen Aufbereitung mit maschineller Unterstützung und der maschinellen Aufbereitung im Reinigungs- und Desinfektionsgerät für Endoskope (RDG-E) unterschieden. Im Anschluss an die Reinigung erfolgt die sachgerechte vollständige Trocknung der Endoskope sowie die Aufbewahrung hängend in einem geschlossenen Endoskopschrank um eine Keimarmut/-freiheit zu gewährleisten und um eine Rekontamination zu verhindern. Bei einer Lagerung des Endoskops länger als 14 Tage ist eine Keimfreiheit nicht mehr gewährleistet.

Alle Schritte vom Transport, der manuellen Reinigung und/oder maschinellen Aufbereitung und der Lagerung des Endoskops sollten aufeinander abgestimmt sein und mittels detaillierter Dokumentation erfasst werden. Zur Qualitätssicherung sollte der Erfolg der Aufbereitung der Endoskope und des endoskopischen Zusatzinstrumentariums regelmäßig überprüft werden (hygienisch-mikrobiologische Kontrollen).

Starre Endoskope können dampfsterilisiert werden. Für die Sterilisation gelten die gleichen Aufbereitungsempfehlungen wie für thermostabile chirurgische Instrumente. Die Dampfsterilisation erfolgt bei 134 °C mit einer Haltezeit von mindestens 5 Minuten, sofern eine Vorbehandlung (Vorreinigung, Reinigung, Desinfektion) erfolgt ist. Im Anschluss werden starre Rohre und das Zusatzinstrumentarium, entweder einzeln oder in Sieben, steril verpackt und gelagert. Eine sterile Lagerung gilt für 6 Monate, jedoch nicht länger als das Verfallsdatum, welches auf der Verpackung vermerkt sein sollte. Die Lagerung soll trocken, staub- und lichtgeschützt sowie getrennt von unsterilen Medizinprodukten erfolgen.

Empfehlung:

Unabhängig von der Wahl des Verfahrens soll eine Vorreinigung des Endoskops unmittelbar im Anschluss an die Nutzung erfolgen, während es noch an Lichtquelle und Absaugung angeschlossen ist.

Starker Konsens

2.2. Dokumentation

Eine Bronchoskopie sollte mittels Bildaufzeichnungsverfahren dokumentiert werden. Da es in vielen Fällen um die Darstellung dynamischer Atemwegsveränderungen geht, ist eine Videodokumentation wünschenswert. Hiermit können Verlaufskontrollen optimal beurteilt werden. Unklare Befunde oder mögliche Operationsindikationen können ggf. mit Hilfe eines konsiliarisch zugezogenen Spezialisten bewertet werden, ohne dass eine erneute Untersuchung notwendig ist. Zudem lässt die Videodokumentation eine Nachbearbeitung der Aufzeichnung zu, z.B. ein langsames Abspielen („slow motion“). Es gibt Indikationen, bei denen die zeitgleiche Aufzeichnung des Atemgeräusches einen diagnostischen Gewinn erbringt.

2.3. Personal

Das Bronchoskopieteam sollte aus dem Bronchoskopeur und einer Bronchoskopieassistentin bestehen. Findet die Untersuchung in Allgemeinanästhesie statt, soll diese durch einen Anästhesisten und eine Assistentin mit Expertise in der Versorgung von Kindern aller Altersgruppen durchgeführt werden. Eine (Analgo-)Sedierung kann ggf. von einem anderen Arzt und einer Assistentin übernommen werden, die eine Expertise in der prozeduralen (Analgo-)Sedierung von Kindern aller Altersgruppen haben, einschließlich der Fähigkeit, insbesondere respiratorische und kardiovaskuläre Komplikationen zu beherrschen.

2.4. Qualifikation

Die Leitliniengruppe schließt sich der Empfehlung der amerikanischen Fachgesellschaft (American Thoracic Society, ATS) an, dass der Untersucher vor den ersten selbstständigen Endoskopien bereits unter Anleitung Kinder aller Altersklassen unter Aufsicht selbst bronchoskopiert haben sollte. Neben dem Erlernen der technischen Fertigkeiten ist vor allem ausreichende Erfahrung zur Interpretation der endoskopischen Befunde erforderlich. Es gibt keine evidenz-basierten Daten um die Kompetenz eines Bronchoskopeurs in der pädiatrischen Endoskopie zu erfassen. Wünschenswert wäre eine Mindest Erfahrung des Bronchoskopeurs von 50 supervidierten Kinderendoskopien. [45]. Die Anforderungen gemäß Weiterbildungsordnung der LÄK können von dieser Zahl abweichen. Je nach Indikation sollte er auch dazu in der Lage sein, von einer Untersuchung mit dem flexiblen Endoskop auf die starre Technik zu wechseln, um dem Patienten sekundäre diagnostische Eingriffe zu ersparen und das Risiko eines Atemwegszwischenfalls zu minimieren. Ist er selbst dazu nicht in der Lage, steht er in der Verantwortung, einen Kollegen mit Expertise in starrer Bronchoskopie unmittelbar zur Hand zu haben.

Endoskopeure, die weitgehend zwecks Fremdkörperentfernung starr bronchoskopieren, entwickeln Expertise in dieser Technik bei Kindern unter mehrfacher kundiger Supervision eines hierin Qualifizierten.

Zwingend notwendig sind die Fähigkeit und Routine des Untersuchers und des für die Anästhesie bzw. die Sedierung ggf. zuständigen, zweiten Arztes (Anästhesist mit Expertise in der Versorgung von Kindern aller Altersgruppen bzw. Arzt mit Expertise in der prozeduralen (Analgo-)Sedierung von Kindern aller Altersgruppen), um bei unerwarteten Schwierigkeiten eine evtl. erforderliche rasche Intubation bzw. Atemwegssicherung des Kindes durchzuführen. Die Bronchoskopieassistentin und/oder assistierende Pflegekraft soll über ausreichend Erfahrung in der Hilfe bei akuten Komplikationen verfügen. Bei komplexen Pathologien,

insbesondere in Verbindung mit schweren Symptomen, ist häufig ein multidisziplinäres Team erforderlich.

Empfehlung:

Der Untersucher soll in Technik, Durchführung und Management von Komplikationen vor dem selbstständigen Bronchoskopieren ausgebildet sein.

Starker Konsens

2.5. Labor und radiologische Befunde

Grundsätzlich besteht keine Notwendigkeit einer vorherigen Blutentnahme und/oder Bildgebung. Je nach Grunderkrankung des Patienten und geplanter Intervention sollte dies stets individuell entschieden werden. Wurden zuvor radiologische Befunde der Lunge erhoben, sollten diese aber stets vor Durchführung der Atemwegsendskopie mitbeurteilt werden, um beispielsweise den Ort der bronchoalveolären Lavage (BAL) festzulegen.

2.6. Vor- und Nachüberwachung

Prä-interventionell sollten die Vitalparameter bei Säuglingen und Kindern mit vorbestehenden respiratorischen Problemen (Dyspnoe, Desaturierungen, Apnoen) stationär überwacht werden. Dabei können Apnoen oder Sauerstoffsättigungsabfälle etc. umgehend entdeckt und rasch therapiert werden und somit das Setting für die Untersuchung und/oder die Nachüberwachung entsprechend angepasst werden (Intensivplatz etc.). Je nach Grunderkrankung und/oder Indikation kann eine prä-interventionelle kardiorespiratorische Poly(somno)grafie zur Einschätzung des Ausmaßes und der Häufigkeit von schlaf- und damit mutmaßlich auch narkoseassoziierten Atemstörungen erforderlich sein. Die Notwendigkeit einer stationären Aufnahme am Vortag der Untersuchung ist auch bei Kindern aus schwierigen familiären Verhältnissen mit fehlender häuslicher Compliance medizinisch begründet.

Die Leitliniengruppe schließt sich der Empfehlung der American Heart Association (AHA) an, dass eine Endokarditisprophylaxe weder bei der Bronchoskopie noch bei der BAL erforderlich ist, da bislang der Zusammenhang einer nicht-invasiven Prozedur am kindlichen Atemweg und einer infektiösen Endokarditis nicht erbracht ist [137].

Bei unkomplizierten diagnostischen Bronchoskopien können die Kinder am Tag der Untersuchung entlassen werden. Je nach Intervention, Befund der Untersuchung und Alter des Patienten und dessen Symptomen/Beschwerden sollte eine post- interventionelle Überwachung, ggf. auf der Intensivstation, erfolgen. Dies bleibt stets eine individuelle Entscheidung.

Empfehlung:

Eine prä-interventionelle stationäre Überwachung zur respiratorischen Diagnostik und zur Abschätzung des individuellen Endoskopie- und Anästhesierisikos kann erwogen werden.

Konsens

Empfehlung:

Eine Endokarditisprophylaxe ist im Rahmen der Bronchoskopie und BAL nicht erforderlich. Allerdings gilt dies nicht für Prozeduren mit Gewinnung von Gewebeproben oder Eröffnung von infektiösen Prozessen. Die Leitliniengruppe ist darüber hinaus der Meinung, dass die von der AHA definierte Zielgruppe, die zum Zeitpunkt der Bronchoskopie/BAL unter einer floriden, bakteriellen Atemwegsinfektion leidet sinnvollerweise eine antibiotische Endokarditisprophylaxe erhält. Diese erfolgt als Einzeldosis 30 bis 60 Minuten vor der Untersuchung oder bis zu 2 Stunden danach.

Starker Konsens

2.7. Einwilligung und Aufklärung

Die Leitliniengruppe ist der Meinung, dass die Aufklärung und Einwilligung zur Bronchoskopie in der Vorbereitung essentiell ist. Da das prozedurale Gesamtrisiko aus Interventions- und Anästhesie-/Sedierungsrisiko resultiert, müssen diese jeweils allen Beteiligten bekannt sein. Die Beeinflussung der Atmung und des Atemwegs sollte im Aufklärungsgespräch besonders berücksichtigt werden. Die Verwendung von standardisierten Aufklärungs- und Einwilligungsbögen wird empfohlen.

Die Sedierungsaufklärung sollte u.a. folgende Punkte beinhalten:

- Nüchternheit, Risiko der Aspiration von Mageninhalt und Speichel, vor allem bei Nicht-Einhalten der Nüchternzeit mit drohendem Lungenversagen und dauerhaften Lungenschäden
- Reaktion auf applizierte Medikamente (allergische Reaktionen, Reaktionen auf das Herz-Kreislaufsystem, Übelkeit/Erbrechen, etc.)
- Laryngospasmus/Bronchospasmus
- Mögliche Atemdepression bis hin zur Intubation und Beatmung

Die anästhesiologische Aufklärung sollte u.a. folgende Punkte beinhalten:

- Nüchternheit, Risiko der Aspiration von Mageninhalt und Speichel, vor allem bei Nicht-Einhalten der Nüchternzeit mit drohendem Lungenversagen und dauerhaften Lungenschäden
- Laryngospasmus/Bronchospasmus
- Schluckbeschwerden und Heiserkeit
- Zahnschäden, Verletzungen von Rachen, Kiefer und Kehlkopf, Stimmbändern und Verletzungen der Luftröhre
- Atemnot sowie bleibende Missempfindungen an der Zunge
- lebensbedrohliche Stoffwechsellage (maligne Hyperthermie)
- unerwünschte Wachheit während der Narkose
- Risiken von Verweilkanülen und Einspritzungen
- allergische Reaktion auf applizierte Medikamente

Die Aufklärung zur flexiblen und/oder starren Laryngo-, Tracheo-, Bronchoskopie sollte u.a. folgende Punkte beinhalten:

- die Indikation für die Untersuchung sowie mögliche Konsequenzen
- Ablauf/Prozedur, sowie die Dauer der Untersuchung

Mögliche Komplikationen der flexiblen Bronchoskopie:

Schmerzen, Schluck- oder Atembeschwerden, die Verletzung von Schleimhaut der oberen und unteren Atemwege mit der Möglichkeit der Schleimhautschwellung mit Obstruktion, Schleimhautblutung, Infektion und Perforation (Pneumothorax, Mediastinitis), Fieber.

Mögliche Komplikationen der starren Bronchoskopie:

Schmerzen, Schluck- oder Atembeschwerden, die Schwellung und Verletzung von Schleimhaut der oberen Atemwege, Kehlkopf, Stimmbandschäden mit bleibenden Stimmstörungen (Heiserkeit), Verletzung der Luftröhre oder der Lungen mit konsekutiver Obstruktion, Blutung, Infektion und Perforation (Pneumothorax, Mediastinitis), im Rahmen einer Fremdkörperentfernung: Blockierung der Atemwege durch Lageveränderungen von Fremdkörpern oder durch Blut, Verbleiben von Fremdkörperresten, evtl. Notwendigkeit einer erneuten Spiegelung.

3. Indikationen

3.1. Stridor

Eine der häufigsten Indikationen für eine Atemwegsendsoskopie im Säuglingsalter ist der angeborene oder der im frühen Säuglingsalter manifest werdende Stridor [101]. Bei typischer Symptomatik mit inspiratorischem Stridor kann die Verdachtsdiagnose Laryngomalazie, die bei Weitem häufigste Ursache von Stridor beim Säugling, oft rein klinisch gestellt werden. 10% der Kinder weisen eine kombinierte obere und untere Atemwegspathologie auf, sodass eine endoskopische Untersuchung bei Zweifel an der Diagnose Laryngomalazie oder bei schwerwiegendem Verlauf erwogen werden sollte. Die flexible Bronchoskopie erzielt hier u.a. bei der Beurteilung der Stimmbandbewegung und der laryngealen oder trachealen Stabilität die besten diagnostischen Aussagen [101]. Es besteht auch die Möglichkeit einer rein laryngealen Untersuchung im Wachzustand unter Spontanatmung (flexible Laryngoskopie).

Beim angeborenen Stridor sollte die Indikation zur endoskopischen Diagnostik zudem bei Progredienz des Atemgeräusches, hypoxischen Anfällen, Apnoeattacken oder Persistenz des Atemgeräusches über das erste Lebensjahr hinaus sowie bei „Laryngomalazie-untypischen“ klinischen Symptomen, wie z.B. der Dysphagie, erwogen werden. Beim neu aufgetretenen Stridor sind die Faktoren Progredienz und Persistenz als Indikatoren für eine Bronchoskopie zu werten und zudem der therapierefraktäre Stridor nach einer Extubation. Durch eine Endoskopie sollten mögliche Verletzungen und Intubationshindernisse durch eine Laryngitis, Zysten oder eine subglottische Stenose ausgeschlossen werden. [10, 11, 97, 116, 139, 140]. Neben der Möglichkeit der Diagnostik mittels flexiblem Bronchoskops kann diese Untersuchung auch mittels Macintosh-Spatel und starrer 0 oder 30°-Optik erfolgen.

Empfehlung:
Bei einem Säugling mit ausschließlich inspiratorischem Stridor, ohne Apnoe- oder Zyanoseattacken, fehlender Progredienz des Atemgeräusches und gutem Gedeihen reicht häufig die klinische Beurteilung zur Verdachtsdiagnose Laryngomalazie. Der zeitliche Verlauf, das kindliche Gedeihen und weitere Symptome sollten regelmäßig beobachtet werden.
Starker Konsens

3.2. Chronische respiratorische Beschwerden, rezidivierende Pneumonien, radiologische Veränderungen

Bei Kindern mit therapierefraktären, chronischen (obstruktiven), respiratorischen Beschwerden, rezidivierenden oder persistierenden Pneumonien, und/oder radiologischen Auffälligkeiten, bei denen mittels nicht-invasiver Verfahren keine Differenzierung der Ursachen gelingt, ist eine flexible Bronchoskopie indiziert. Differentialdiagnostisch lassen sich Kompressionen der Atemwege durch kardiale Strukturen, aberrierende Gefäße sowie fixe und dynamische Stenosen (Malazien), endobronchiale Fremdkörper und Sekretverlegungen („mucus plugging“) feststellen bzw. ausschließen. Insbesondere bei rezidivierenden Atemwegsinfektionen steht hier die Erregergewinnung im Vordergrund.

3.3. Diagnostische und therapeutische bronchoalveoläre Lavage (BAL)

Die bronchoalveoläre Lavage ist essentieller Bestandteil einer erweiterten kinderpneumologischen Diagnostik, weil sich nur damit objektivierbare Parameter über die Art und Ausprägung bronchoalveolärer Entzündung (z.B. Asthma bronchiale) und die Erreger (z.B. protrahierte bakterielle Bronchitis) gewinnen lassen. Bei interstitiellen und alveolären Prozessen lassen sich mithilfe der BAL Erkrankungen ausschließen bzw. zusätzliche diagnostische Hinweise gewinnen [30, 34, 37, 60, 74, 90, 110, 114, 121].

Die BAL ist unter anderem ein wegweisendes Diagnostikum für:

- die protrahierte bakterielle Bronchitis [95]
- rezidivierende und/oder persistierende bronchiale Obstruktion im Kleinkindesalter [117]
- die Alveolarproteinose
- die Langerhans-Zell-Histiozytose
- die Lipoidpneumonie
- die alveoläre Mikrolithiasis
- die diffuse alveoläre Hämorrhagie
- die Tuberkulose [7]
- sowie die Diagnose bzw. Verlaufsbeurteilung anderer Pathologien (interstitielle Pneumonie, exogen-allergische Alveolitis, pulmonale Hämosiderose, Sarkoidose, rezidivierende Aspirationen [18, 32, 37, 58, 74, 103]).

Bei Patienten mit zystischer Fibrose (CF) können eine BAL bzw. die Aspiration endobronchialen Sekrets bei fehlender Sputumgewinnung und unklarem Erregerbild sinnvoll sein. Auf eine routinemäßige BAL zur Therapiesteuerung sollte bei CF verzichtet werden und der Nutzen der BAL mit dem Risiko einer Anästhesie bei CF-Kindern sorgfältig abgewogen werden [67, 134].

In Einzelfällen ist bei der pulmonalen Tuberkulose die BAL zur Erregergewinnung notwendig [7].

Bei immuninkompetenten Patienten mit pulmonalen Infektionen besteht neben der Erregeridentifikation in Blutkulturen und anderen (serologischen) Proben die Möglichkeit der infektiologischen Analyse der BAL [16, 18]. Die Übereinstimmung mit nasalem Spülwasser rechtfertigt diese Untersuchung ggfs. vor der BAL. Unklare pulmonale Infiltrate bei Patienten vor Knochenmarktransplantation können ggf. mithilfe von Bronchoskopie, BAL und/oder Bürstenbiopsie einer Diagnose und gezielten Therapie zugeführt werden [27].

Therapeutisch wirksam ist die BAL bei Kindern mit bestimmten Formen der Alveolarproteinose. Hier sollte portionsweise mit großen Mengen angewärmter, 0,9 %iger NaCl-Lösung der Lungenabschnitt so lange lavagiert werden, bis das Refluat klar ist. Dieses Verfahren stellt aufgrund der kleinen Atemwege und der bei diesen Kindern meist bestehenden respiratorischen Insuffizienz eine besondere anästhesiologische und intensivmedizinische Herausforderung dar. Bei Kindern unter etwa acht Jahren, für die keine passenden Doppellumentuben zur seitengetrenten Ventilation verfügbar sind, erfolgt diese Waschung unter Einsatz eines endoskopisch platzierten Ballonkatheters (Bronchusblocker oder ggf. alternativ Pulmonalkatheter) [40, 60, 112, 136].

Empfehlung:

Die bronchoalveoläre Lavage ist eine wichtige assoziierte Prozedur einer Atemwegsendskopie im Kindes- und Jugendalter und dient u.a. der zytologischen Beurteilung von Art und Grad der Entzündung sowie der mikrobiologischen Diagnostik.

Starker Konsens

3.4. Persistierende Atelektasen

Atelektasen entstehen durch vermehrte Schleimproduktion, Schleimhautödem und Beeinträchtigung der mukoziliären Clearance. Die flexible Bronchoskopie sollte hierbei zur Ursachensuche sowie als therapeutische Maßnahme eingesetzt werden. Bei persistierenden atelektatischen Lungenveränderung trotz ausreichend intensiver kurativer Maßnahmen sollte spätestens 4-6 Wochen nach Diagnosestellung die bronchoskopische Wiedereröffnung mittels flexiblem Endoskop versucht werden, ggf. einschließlich einer gezielten Instillation von DNase, Absaugen des obstruierenden Sekrets oder Insufflation von Sauerstoff [51, 122]. Um die

endobronchialen Medikamente auch gezielt applizieren zu können, ist eine die vorausgehende Bildgebung notwendig. Ob ein konventionelles Röntgenbild hierfür ausreichend oder ein CT-Thorax notwendig ist, soll im Einzelfall entschieden werden.

Zudem kann auch ein Surfactantmangel ursächlich sein. Bei beatmeten Patienten kann daher, nach Ausschöpfung aller therapeutischer Maßnahmen (e.g. Physiotherapie, PEEP-Beatmung, Antibiotika etc.) eine gezielte Applikation von Surfactant (5-10mg/ml, Gesamtdosis 120-240mg) [72] erfolgen. Surfactantmangel oder –defekte treten vermehrt bei Patienten mit CF, ARDS, kongenitaler Zwerchfellhernie und Z.n. Fontan- Operation auf.

3.5. Tracheo-ösophageale Fisteln

Zur Diagnostik bei Verdacht auf eine angeborene oder erworbene tracheo-ösophageale Fistel eignet sich sowohl die flexible, als auch die starre Bronchoskopie. Die endoskopische Suche nach isolierten tracheo- (oder broncho-)ösophagealen Fisteln kann schwierig sein, da Fistelöffnungen nur eingeschränkt sichtbar sein können. Zur besseren Darstellung kann z.B. mithilfe der assistierten Beatmung ein Überdruck in den Atemwegen erzeugt werden, allerdings mit der Gefahr der gastralen Luftinsufflation und daraus resultierender progredienter Einschränkung der pulmonalen Compliance. Angeborene tracheo-ösophageale Fisteln bei Ösophagusatresie können präoperativ über eine starre oder flexible Bronchoskopie mittels Draht, Katheter oder Ureterschiene markiert werden, wodurch dem Operateur das intraoperative Auffinden des Fistelgangs erleichtert wird [2].

Des Weiteren können erworbene ösophago-tracheale Fisteln durch Applikation von Farbstoff (z. B. Methylenblau oder Toluidinblau) oder per Sonde applizierter Luft in den Ösophagus in der Trachea sichtbar gemacht werden. Um insbesondere bei kleinen Fisteln einen Übertritt von Kontrastmittel und/oder Farbstoff von ösophageal nach tracheal zu verstärken, kann die Gabe unter Druck zwischen zwei, im proximalen und distalen Ösophagus positionierten, insufflierten Ballons erfolgen [69, 88].

3.6. Larynxspalten

Zur Diagnostik von Larynxspalten und/oder laryngotrachealen Spalten bei Neugeborenen/Säuglingen eignet sich die Mikrolaryngoskopie (syn. Stützlaryngoskopie,-autoskopie). Der sichere Ausschluss einer Larynxspalte gelingt jedoch nur, wenn die hintere Kommissur mittels eines Instrumentes, z.B. Larynxspreizer, dargestellt werden kann. Auch zur Diagnostik anderer Kehlkopfpathologien eignen sich sogenannte Larynxspreizer. Des Weiteren besteht die Möglichkeit der flexiblen Endoskopie mit CPAP (10-15cm H₂O) über eine Endoskopiemaske (nach „Frei“ oder mittels „Mainz-Adapter“) um Larynxspalten darzustellen [131].

3.7. Verdacht auf endobronchiale Läsionen, Tumore

Zur Diagnostik bei Verdacht auf endobronchiale Läsionen oder Tumore eignet sich zunächst die flexible Bronchoskopie. Bei Patienten mit einer Lymphknotentuberkulose und Hinweisen auf Atemwegskompression/Einbruch kann es notwendig sein, auf ein starres Endoskop zu wechseln. Tuberkulöse Lymphknoteneinbrüche mit Obstruktion von Bronchien können so durch Absaugung und -tragung von käsigem Lymphknotenmaterial wieder eröffnet werden [56, 57]. Bei endobronchialen Läsionen oder tumorösen Gewebe ist mit einer erhöhten Blutungsneigung zu rechnen; lokale Maßnahmen zur Blutungsstillung sollten daher unmittelbar möglich sein.

3.8. Pulmonale Hämorrhagie

Bei pulmonaler Hämorrhagie steht, neben bildgebenden Verfahren, sowohl die flexible als auch die starre Endoskopie zur Verfügung, um möglichst die Blutungsquelle zu lokalisieren, die Blutungsursache festzustellen, zur Materialgewinnung sowie zum Freihalten des

Atemweges von Blut. Die Wahl des Instrumentes ist dabei auch abhängig von der Menge an Blut. Bei größeren Blutungen sollte die starre Technik bevorzugt werden.

Endoskopisch können Medikamente zur Vasokonstriktion (z.B. 1mg = 5ml Glypressinbolus über das Endoskop plus anschließend ca. 5ml Luft) oder zur Hemmung der Fibrinolyse (z.B. 500mg Tranexamsäure in 20ml NaCl 0,9%) möglichst blutungsquellennah appliziert werden [19, 46, 85]. Nach Blutungsstillung kann mittels Kochsalzlösung (5-10ml) der Bereich gespült werden um endobronchiale Blut- und Fibrinreste abzusaugen und eine optimale Sicht auf die Läsion zu gewährleisten [19]. Dieses Verfahren gilt ebenso für Blutungen infolge von Interventionen wie Biopsien etc. Des Weiteren besteht bei massiver pulmonaler Hämorrhagie die Möglichkeit der Lavage mit kalter Kochsalzlösung, die Lungenisolation per Doppellumentubus oder Bronchusblocker sowie eine bronchial-arterielle Embolisation. Bei Blutungen auf segmentaler Ebene kann z.B. ein Ballon/Fogarty- Katheter zur Kompression der Blutungsquelle eingesetzt werden. Wichtig ist zudem die korrekte Lagerung des Patienten auf die Blutungsseite (falls bekannt).

3.9. Obstruktives Schlafapnoe Syndrom (OSAS)

Die Schlaf-Endoskopie mittels flexiblen Endoskops erlaubt die Untersuchung der oberen Atemwege in Sedierung. Dies ersetzt nicht die Poly(somno)grafie in der Diagnostik eines OSAS, kann aber vor möglichen chirurgischen und/oder konservativen Maßnahmen hilfreich sein sowie im Verlauf zur Beurteilung des Erfolgs einer Intervention. Zudem besteht parallel die Möglichkeit einer Audio-Video-Aufzeichnung. Zu beachten ist jedoch, dass Sedativa (inkl. Benzodiazepine) einen Einfluss auf die laryngopharyngeale Muskelspannung haben und dies das Ergebnis der Schlafendoskopie beeinträchtigen kann [15, 41, 43, 92]. Auch die post-interventionell erforderliche Überwachungsdauer kann durch Benzodiazepine verlängert sein, sodass diese zur Prämedikation bei Kindern mit OSAS zurückhaltend eingesetzt werden sollten [8].

3.10. Verlaufskontrolle nach Lungentransplantation

Nach Lungentransplantation erfolgen regelmäßig Surveillance-Bronchoskopien mittels flexiblem Bronchoskop zur endoskopischen Beurteilung des Transplantats sowie zur Durchführung transbronchialer Biopsien und/oder BALs. Je nach Alter und Compliance erfolgt die flexible Bronchoskopie bei wachem Patient.

3.11. Tracheostoma

Nach Tracheotomie ist wünschenswert zunächst in kürzeren Abständen, dann mindestens jährlich die Kanülenlage und das Auftreten evtl. Komplikationen wie z. B. Druckschäden mittels flexibler Endoskopie zu überprüfen [59, 70, 103, 104].

3.12. Verdacht auf Fremdkörperaspiration

Eine häufige Indikation zur diagnostischen und interventionellen Bronchoskopie insbesondere im Kleinkindalter ist die Fremdkörperaspiration (siehe AWMF-Leitlinie 001/031 [6]). Diese sollte bei anamnestischem und/oder klinischem Verdacht auch bei normalem oder nicht typischem Thoraxröntgenbefund erfolgen, da durch kein anderes diagnostisches Verfahren eine Fremdkörperaspiration ausgeschlossen oder verifiziert werden kann [89]. Zur primären Beurteilung von Hypopharynx, Larynx und ggf. Ösophaguseingang wird eine Untersuchung mit Hilfe eines geeigneten Videolaryngoskops empfohlen [6]. Die starre Bronchoskopie mit gesichertem Atemweg stellt eine etablierte Technik der Fremdkörperentfernung dar [17, 102]. Eine 2012 publizierte große Fallserie ergab eine prozedurassoziierte Mortalität von 0,2% (2 von 953 Extraktionen, [52]). Eine Literaturübersicht von 12.979 Fällen fand eine Mortalität von 0,42% und schwere Komplikationen bei 0,96% der Eingriffe [47]. Ist eine Fremdkörperaspiration anamnestisch und klinisch eher unwahrscheinlich, soll jedoch aufgrund

der Gesamtkonstellation ausgeschlossen werden, sollte primär eine potentiell atraumatischere, flexible Bronchoskopie durchgeführt werden. Die Möglichkeit, für eine Extraktion unmittelbar vor Ort zur starren Bronchoskopie zu wechseln, soll jederzeit gegeben sein [40, 55, 86, 91, 118, 119, 124, 126,].

Bei der Fremdkörperextraktion mithilfe der flexiblen Bronchoskopie kann der Zugang zum Atemweg über eine Larynxmaske oder einen Trachealtubus erfolgen. Die American Thoracic Society empfiehlt für die Fremdkörperextraktion bei Kindern, zumindest für potentiell den Atemweg obstruierende verschließende Fremdkörper, die starre Bronchoskopie [45].

<p>Empfehlung: Bei anamnestischem und/oder klinischem Verdacht auf eine Fremdkörperaspiration soll diese mittels Tracheobronchoskopie verifiziert oder ausgeschlossen werden. Zur Ausschlussdiagnostik sollte primär eine flexible Bronchoskopie durchgeführt werden. Für die Fremdkörperextraktion ist insbesondere die starre Instrumentierung etabliert, die in jedem Fall unmittelbar vor Ort zur Verfügung stehen soll.</p>

<p>Starker Konsens</p>

4. Intensivmedizin und Anästhesie

Im Bereich der neonatologischen und pädiatrischen Intensivmedizin sowie in der Kinderanästhesie finden sich zahlreiche Indikationen zur diagnostischen flexiblen und ggf. starren Endoskopie der oberen und unteren Atemwege [20, 48, 54]. Hierzu zählen der therapierefraktäre schwere Stridor nach Extubation, der frustrane Extubationsversuch, eine (geplante) Intubation bei (erwartet) schwierigem Atemweg, vor geplanter Extubation nach Langzeitbeatmung (subglottische Stenose?), die Lagekontrolle des Trachealtubus sowie die optische Kontrolle z.B. von Gaumenplatten, die Materialgewinnung bei pulmonalen Infektionen, die Klärung von obstruktiven Atemstörungen oder Atelektasen bzw. die Suche nach einem Fremdkörper und die Untersuchung der Luftwege nach Thoraxtrauma, inhalativen Noxen oder Verätzungen. Zudem kann eine Spenderlunge endoskopisch evaluiert werden, inklusive Erregerdiagnostik vor möglicher Explantation.

5. Interventionelle Verfahren

5.1. Fremdkörperextraktion

Die empfohlene Technik zur Entfernung von Fremdkörpern ist die starre Bronchoskopie. Für die Fremdkörperextraktion sollten durch das Bronchoskoprohr eingeführte Zangen und andere Instrumente unter Sicht eingesetzt werden. Um bei besonders weichen und fragilen Fremdkörpern, z.B. Nüssen, ein Zerbrechen und die darauffolgende mühevollere Extraktion einzelner Bruchstücke zu vermeiden, kann die Methode der Einhülzung (encasement) angewandt werden. Hierbei wird der Fremdkörper mithilfe des Endoskoprohrs durch vorsichtiges Eindrehen festgeklemmt und unter Sicht (wegen der Schwerkraft möglichst in Kopftieflage) mit dem Rohr en-bloc herausgezogen [105]. Dies hat allerdings den potentiellen Nachteil, dass eine erneute Intubation mit dem starren Bronchoskop erfolgen muss, um die vollständige Entnahme zu dokumentieren oder weitere FK-Partikel zu entfernen.

Am Ende der Bronchoskopie soll stets eine abschließende Inspektion aller Bronchialabschnitte erfolgen, um zu dokumentieren, dass keine Verletzungen auftraten und alle Fremdkörperreste entfernt wurden.

Es kann in Erwägung gezogen werden, kleinere und meist distal gelegene Fremdkörper in flexibler Technik zu bergen oder mit einer kombinierten Technik aus einem dünnen, flexiblen Bronchoskop geführt durch ein liegendes starres Bronchoskop. Zur Entfernung des Fremdkörpers werden u.a. spezielle Fangkörbchen oder Fasszangen über den Arbeitskanal des flexiblen Gerätes eingeführt. Zu beachten ist hierbei, dass ein Absaugen von Sekret während der Prozedur nicht mehr möglich sein kann. Dies kann die Sicht während des Manövers erheblich beeinträchtigen. Darüber hinaus stellt die flexible Entfernung eine

Herausforderung für den Anästhesisten dar - im Rahmen Prozedur-abhängiger Komplikationen durch 1. partielle Blockade der Beatmung (bei flexibler Endoskopie über ein starres Bronchoskop) oder 2. Verlust des Fremdkörpers während der Passage.

5.2. Schleimhautbiopsie und Bürstenbiopsie

Bronchiale Schleimhautbiopsien werden heute hauptsächlich noch zur Ziliendiagnostik gewonnen. Am häufigsten werden hierzu zwar nasale Schleimhautbiopsien verwendet, aber bei einigen Patienten lässt die chronische Entzündung (Sinusitis etc.) keine adäquate Beurteilung der Struktur und Motilität der nasalen Zilien zu [65]. Es ist dabei wichtig, die Schleimhautbiopsie nicht an der Hauptcarina zu entnehmen, da diese kaum Zilien enthält. Am besten wird die bronchiale Schleimhautbiopsie eine Etage tiefer im linken und/oder rechten Bronchialsystem entnommen. Die Entnahme kann mit der Bürstentechnik erfolgen, wobei die Materialmenge in der Regel sehr gering ist. Ebenfalls kann sich die Materialmenge reduzieren, wenn die Bürste durch den Instrumentenkanal des Endoskops zurückgezogen wird. Mehr Material erhält man mit einer Biopsiezange. Dies kann sowohl mit der flexiblen als auch mit der starren Technik erfolgen. Die Gewebestücke sind mit der starren Technik deutlich grösser und eignen sich dafür auch insbesondere für die Elektronenmikroskopie der Zilienhistologie. Die Schleimhautbiopsie kann auch zur Diagnostik bei endobronchialen Entzündungen, Infektionen (z.B. Tuberkulose) und oberflächlicher tumoröser Pathologien beitragen [21].

5.3. Transbronchiale Biopsie

In den Fällen, in denen eine Schleimhaut- oder Bürstenbiopsie keine ausreichenden Informationen über den Gewebeprozess gibt, ist die transbronchiale Biopsie zu erwägen. Kontraindikationen für eine transbronchiale Biopsie stellen eine relevante pulmonale Hypertonie und eine relevante Gerinnungsstörung dar. Die Biopsie bronchialer Strukturen bzw. Pathologien ist hingegen fast immer möglich und kann zur Diagnosesicherung hilfreich oder unumgänglich sein (Tumore [44], atypische Mykobakteriose [73], Sarkoidose [68, 128], Granulomatose mit Polyangiitis [77]).

Zu bedenken ist, dass die Ausbeute an Lungengewebe bei der transbronchialen Biopsie im Kindesalter relativ gering ist, insbesondere aufgrund der maximal möglichen Zangengröße. Vor allem bei Bronchoskopen mit einem Arbeitskanal unter 1.8 mm ist die Zangengröße zu klein für eine adäquate Biopsatgröße. Ausnahme: Routinesurveillance nach Herz/Lungen-Transplantation. Um eine Abstoßung frühzeitig zu erkennen, muss bei lungentransplantierten Patienten regelmäßig nach peribronchialen Veränderungen gesucht werden. Diese lassen sich meist in kleineren Biopsaten ausreichend erfassen [62].

Über die Sicherheit und Wertigkeit einer Kryosonde zur endobronchialen Biopsie gibt es im Kindesalter bisher wenig Erfahrung und keine evidenzbasierten Daten [40]. Angesichts der schwer zu kontrollierenden Größe des Kältepilzes und der Gefahr schwerwiegender Blutungen ist die Anwendbarkeit dieser Methode bei kleinen Kindern zur Zeit noch unklar.

Bei unklaren interstitiellen Prozessen ist die thorakoskopische Lungenbiopsie („VATS“) vorzuziehen [74].

Die Frage einer Ziliendysfunktion sollte i.d.R. durch eine nasale Epithelentnahme („brush“ oder Biopsie) beantwortet werden, kann jedoch ggf. bei primär unklarem Befund und weiterhin hochgradigem Verdacht auf eine Ziliendysfunktion durch die invasivere und technisch etwas schwierigere bronchiale Biopsie erfolgen [12, 71, 81].

Das Verfahren der Ultraschall-gesteuerten transbronchialen Nadelbiopsie (EBUS-TBNA von bronchial, EUS-B-FNA von ösophageal) ist ein bei Kindern noch nicht weit verbreitetes Verfahren. Erste Studienergebnisse sind jedoch sehr vielversprechend und zeigen, dass es

sich hierbei um eine sichere und auch effektive Methode zur Materialgewinnung aus mediastinalen Lymphknoten und anderen peribronchialen Strukturen handelt [39, 53].

5.4. Sonstige interventionelle Verfahren

Laserchirurgische Eingriffe sollten im Kindesalter mit dem starren Endoskop oder mittels Stützlaringskopie (syn. Mikrolaryngoskopie, Stützautoskopie) durchgeführt werden [40, 75, 98, 104]. Mittels Laser, aber auch mit kalten Instrumenten, können unter anderem supra- und subglottische Zysten [80] bzw. kurzstreckige Narbenstenosen [94, 135] reseziert bzw. inzidiert werden. Narbige Stenosen mit noch frischem Granulationsgewebe können mit intra-läsionalen Steroidinjektionen behandelt werden. Hierbei werden 40-80mg Methylprednisolon mittels Butterflykanüle (Flügel werden zuvor abgeschnitten) ringförmig in das Granulationsgewebe injiziert. Die Nadel wird mittels endoskopischer Zange gehalten und geführt. Eine zuvor leicht gebogene Nadel vereinfacht die Injektionen in die tracheale Wand. Unmittelbar hierauf folgen dann die Gewebereduktion mittels Laser und die Aufdehnung des Bronchiallumens mittels Ballondilatation [36, 107].

Zur akuten Restitution oder auch zur definitiven Verbesserung des Atemwegs können lokalisierte Stenosen bronchoskopisch mittels angiologischen oder auch mit speziell für die Atemwege entwickelten Ballonkathetern aufgedehnt werden. Unmittelbar subglottisch gelegene entzündliche Stenosen können lokal, neben der Steroidinjektion (wie oben beschrieben), auch mit einer steroidhaltigen Salbe (z.B. Betamethasondipropionat und Gentamicinsulfat enthaltende Präparate) in täglicher Kurznarkose antiinflammatorisch gut behandelt werden. Das Medikament wird entweder auf den neu einzulegenden Tubus oder mit einem Stieltupfer in die Glottis eingebracht. Es sollte stets als dünner Film in geringer Dosierung angewendet werden; das Medikament enthält Paraffin wodurch das Risiko einer Lipidpneumonie besteht.

Stent-Implantationen bei Malazie und/oder trachealen und/oder bronchialen Stenosen werden mit der starren Bronchoskopie durchgeführt. Die vorherige Darstellung der Atemwege mit genauer Lokalisation und Befundung der Engstelle kann jedoch mit flexibler Technik erfolgen. Die Stent-Implantation ist meist die Ultima ratio bei Kindern, die ohne diese Form der Atemwegsstabilisierung nicht von der Beatmung entwöhnt werden können bzw. lebensbedrohliche Obstruktionsattacken oder rezidivierende respiratorische Infektionen erleiden würden [40, 82, 100]. Dies sollte stets in spezialisierten Zentren mit ausreichender Expertise in der Atemwegsendoskopie erfolgen. Zudem ist eine adäquate Nachsorge dieser Patienten unbedingt notwendig. Bei Malazien oder Stenosen durch Gefäßkompressionen oder komplette Tracheal-/Bronchialknorpelringe sollte zunächst die chirurgische Korrektur erfolgen [120].

Der Stent- Typ wird je nach Indikation ausgewählt. Zum Beispiel werden Silikon- Stents, die einfach wieder zu entfernen sind, bei Tracheomalazie oder trachealer Stenose und Edelstahl-Stents bei Bronchomalazie oder bronchialen Stenosen bevorzugt [120]. Zur Anwendung von biologisch abbaubaren Stents im Kindesalter gibt es zur Zeit keine ausreichende Erfahrung [5, 125, 132].

Der Verschluss von Fisteln durch Klebemittel etc. per Bronchoskopie hat sich bisher nur in Einzelfällen rezidivierender Fisteln nach initial chirurgischer Versorgung bewährt, wenn er durch sehr erfahrene Spezialisten vorgenommen wurde [88, 113].

Eine Therapie mit Cidofovir oder Bevacizumab ist zur Behandlung der Larynxpapillomatose in der Rezidivsituation in ausgewählten Fällen zu erwägen.

6. Anästhesie

Atemwegsendoskopien sollten beim Kind entweder in Allgemeinanästhesie (Narkose) oder - bei *flexibler* Bronchoskopie - ggf. in tiefer Analgosedierung durchgeführt werden. Ausnahmen: Bronchoskopie über eine liegende Trachealkanüle, die meist ohne Sedierung möglich ist sowie kurze flexibel-endoskopische Atemwegsinspektion bis supraglottisch im Wachzustand, ggf. mit topischer Anästhesie, sowie Schluckdiagnostik. Auf anamnestische und/oder klinische Hinweise für einen erwartet schwierigen Atemweg soll sorgfältig geachtet werden.

Die Anästhesie soll von einem Anästhesisten und einer Assistenz mit Expertise in der Versorgung von Kindern aller Altersgruppen durchgeführt werden. Eine (Analgo-)Sedierung kann ggf. von einem anderen Arzt mit intensivmedizinischer Erfahrung und einer Assistenz übernommen werden, die eine Expertise in der prozeduralen (Analgo-)Sedierung von Kindern aller Altersgruppen haben, einschließlich der Fähigkeit, insbesondere respiratorische und kardiovaskuläre Komplikationen zu beherrschen.

Der Übergang von einer tiefen Sedierung (Patient nicht mehr voll erweckbar, Schutzreflexe teilweise verloren) in eine Allgemeinanästhesie ist fließend und kann interindividuell bei unterschiedlichen Medikamentendosen eintreten [3]. Ziele sollten sein: Eine eingriffsadäquate Hypnose/Amnesie und Analgesie, eine effektive Dämpfung unerwünschter Atemwegsreflexe (im Wesentlichen Laryngospasmus und Bronchospasmus) sowie eine stets sichere Oxygenierung.

Bei der flexiblen Bronchoskopie sollte die Spontanatmung bei Bedarf aufrecht erhalten bleiben, um eine dynamische Beurteilung der Atemwegsstabilität zu gewährleisten. Allerdings sind Atemwegskomplikationen während Bronchoskopien viel eher bei zu geringer als bei sehr tiefer Anästhesie bzw. (Analgo-)Sedierung zu erwarten.

Für die Technik von Allgemeinanästhesie (Narkose) oder (Analgo-)Sedierung spielen u. a. folgende Aspekte eine Rolle: Sollen die Atemwege atemdynamisch untersucht werden (z. B. bei der Indikation Stridor oder bei Verdacht auf Laryngo- bzw. Tracheomalazie), sollte eine weitestgehend normale Spontanatmung erhalten sein.

Bei der starren Atemwegsendoskopie hingegen ist es zur Vermeidung bronchialer Verletzungen besonders wichtig, dass das Kind nicht hustet, presst oder abwehrt (bockt), sodass eine tiefe Narkose, sinnvollerweise mit zusätzlicher Muskelrelaxierung, empfohlen ist. In jedem Fall soll ein zweiter Arzt die Narkose oder ggf. die (Analgo-)Sedierung durchführen sowie die Atemwege, Atmung/Beatmung und Kreislauf überwachen. Dies ist am besten durch die Tätigkeit eines Anästhesisten und einer Assistenz mit ausgewiesener Expertise in der Versorgung von Kindern aller Altersgruppen gewährleistet, bei einer (Analgo-) Sedierung ggf. auch durch einen anderen Arzt und Assistenz mit ausgewiesener Expertise in der prozeduralen (Analgo-)Sedierung von Kindern aller Altersgruppen.

Bei Anwendung von Propofol und anderen Hypnotika soll der Arzt in der sicheren Handhabung von Beatmung und Intubation sowie der Behandlung von allfälligen kardiopulmonalen Nebenwirkungen und Komplikationen geübt sein. Der Untersucher selbst ist nicht in der Lage, neben der Durchführung der Bronchoskopie auch die Anästhesie- bzw. Sedierungstiefe und die Vitalfunktionen ausreichend zu überwachen [31, 38, 66, 76, 83, 141]. Die kontinuierliche Überwachung von SpO₂, EKG, Blutdruck und des endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Partialdrucks etCO₂ (bei Endoskopie in Allgemeinanästhesie) sowie eine lückenlose Dokumentation aller Vitalparameter sollten gewährleistet sein. Darüber hinaus ist die klinische Überwachung des Patienten, einschließlich Begutachtung der Atmung mittels Inspektion am entkleideten Oberkörper durch Beobachtung der Thoraxexkursionen, Auskultation und Aufzeichnung der Atemfrequenz mittels EKG während der Bronchoskopie unverzichtbarer Bestandteil des periinterventionellen Sicherheitskonzeptes [64, 96].

Bei Kindern ab etwa sechs Monaten (Beginn des Fremdins) kann eine anxiolytisch-sedierende Prämedikation sinnvoll sein, z. B. mit Midazolam p.o. (oder rektal) ca. 20-30 min vor Narkosebeginn.

Beim nüchternen Kind kann die Narkose entweder intravenös oder mit inhalativen Anästhetika eingeleitet werden. Die medizinische Dringlichkeit der Tracheobronchoskopie sollte zwischen den beteiligten Teams abgesprochen werden. Dabei müssen die Risiken einer Narkose beim nicht-nüchternen oder unzureichend vorbereiteten Kind und einer evtl. Tageszeit-/Wochentagbedingten, nicht optimalen Teamexpertise mit den evtl. Risiken einer zeitverzögerten Endoskopie balanciert werden [84].

Mögliche medikamentöse Regime zur Anästhesie und (Analgo-)Sedierung:

- Propofol, ein Hypnotikum mit günstiger kontextsensitiver Halbwertszeit und effektiver Dämpfung von Atemwegsreflexen, hat eine gut steuerbare total-intravenöse Anästhesie (TIVA, d.h. intravenös appliziertes Hypnotikum plus Opioid) klinisch praktikabel und damit die Bronchoskopie-Narkose insgesamt einfacher und sicherer gemacht [61, 76].
- Eine balancierte Anästhesie mit Sevofluran (oder anderen volatilen Anästhetika) plus Opioid zur Tracheobronchoskopie. Nachteilig sind die Umgebungskontamination während der Endoskopie und die damit verbundene, ggf. unzuverlässige Gasapplikation und Narkosetiefe.
- Ketamin/Esketamin ist, insbesondere in Kombination mit Propofol, zur Analgosedierung mit erhaltener Spontanatmung geeignet, ggf. in Kombination mit einer topischen Anästhesie (s.u.). Zu beachten sind die gesteigerte Sekretproduktion und die Verstärkung laryngealer Schutzreflexe [108].
- Grundsätzlich können alle Anästhesie-üblichen Opiode verwendet werden (Fentanyl, Alfentanil, Sufentanil und Remifentanil). Das ultrakurz wirksame, in der Regel über eine Spritzenpumpe applizierte Opioid Remifentanil bietet aufgrund seiner besonders günstigen kontextsensitiven Halbwertszeit den Vorteil der optimalen Steuerbarkeit einer adäquaten Analgesietiefe („On/off-Effekt“).
- Zur starren Atemwegsinstrumentierung, insbesondere zur Fremdkörperextraktion, ist neben einer tiefen Narkosetiefe eine zusätzliche Muskelrelaxierung empfohlen, um potenziell bronchialtraumatisches Husten, Pressen oder Abwehren (Bocken) bei liegenden Instrumenten sicher zu verhindern. Dazu erscheint Mivacurium als kurz wirksames, nichtdepolarisierendes Muskelrelaxans besonders geeignet zu sein, zumal es auch bei repetitiver Gabe gut steuerbar bleibt [66, 79, 83]. Die Verwendung länger wirksamer Relaxanzien ist möglich (z.B. Atracurium, Rocuronium), birgt jedoch die Gefahr des postoperativen Relaxanzienüberhangs. Für das mittellang wirkende Muskelrelaxans Rocuronium gibt es mit Sugammadex einen spezifischen Antagonisten [25].

Empfehlung:

Im Kindesalter sollte bei starrer Instrumentierung eine Bronchoskopie grundsätzlich in Allgemeinanästhesie (Narkose) mit Muskelrelaxierung durchgeführt werden. Eine flexible Bronchoskopie kann in ausreichend tiefer (Analgo-)Sedierung, ggf. in Kombination mit einer topischen Anästhesie, erfolgen.

Starker Konsens

Empfehlung:

Die Allgemeinanästhesie (Narkose) soll von einem Anästhesisten und einer Assistenz mit ausgewiesener Expertise in der Versorgung von Kindern aller Altersgruppen durchgeführt werden. Eine (Analgo-) Sedierung kann ggf. von einem anderen Arzt und Assistenz mit ausgewiesener Expertise in der prozeduralen (Analgo-)Sedierung von Kindern aller Altersgruppen übernommen werden, doch keinesfalls vom bronchoskopierenden Untersucher selbst.

Starker Konsens

7. Durchführung

7.1. Flexible Bronchoskopie

7.1.1. Transnasaler Zugang

Wünschenswert ist die Vorbehandlung des Naseneingangs bzw. der Nasengänge mit einem Lokalanästhetikum und abschwellenden Nasentropfen, welches ggf. vorsichtig abgesaugt werden. Das Bronchoskop ist dann, zumindest bei Fragestellungen zur Atemwegsfunktion oder –dynamik (z.B. Laryngo/Tracheobronchomalazie, Stimmlippenparese), in Spontanatmung vorsichtig einzuführen. Es empfiehlt sich - auch im Bereich der oberen Atemwege - stets unter Sicht zu endoskopieren. Hier kann es mehrfach nötig sein das Endoskop zur erneuten Orientierung zurückzuziehen oder den Absaugkanal durchzuspülen.

Eine Sonde zur Sauerstoffzufuhr sollte in das andere Nasenloch eingelegt werden. Ab ca. 4-6 kg Körpergewicht wird meist ein Endoskop mit einem Außendurchmesser von ca. 3,5mm, ab einem Alter von 5-6 Jahren eines mit ca. 5mm Außendurchmesser verwendet. Bei sehr jungen Patienten wird ein dünneres Instrument (ca. 2mm Durchmesser ohne Absaugkanal, ca. 2,8mm mit Absaugkanal) verwendet.

Das Bronchoskop kann auch mithilfe eines Winkelstücks mit Port („Mainzer Adapter“ oder „Swivel“) durch eine normale Beatmungsmaske oder über den Port einer speziellen Bronchoskopiemaske nach „Frei“ eingeführt werden [50, 106]. Hiermit kann, insbesondere bei Kindern <2 Jahren, die Sauerstoff- und ggf. die Narkosegaszufuhr sowie ein positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) zur Stabilisierung des Hypopharynx und zur Aufrechterhaltung des Tidalvolumens in Spontanatmung erreicht werden [130].

Die Stimmlippenbeweglichkeit sollte in Spontanatmung dokumentiert und simultan die Thoraxexkursionen beobachtet werden (Unterscheidung aktiver von passiver/paradoxe Stimmlippenabduktion). Diese Untersuchung (transnasale, flexible Pharyngolaryngoskopie) kann grundsätzlich auch beim wachen Kind erfolgen, insbesondere wenn die Sedierung keine ausreichend sichere Bewertung der Stimmlippenbewegung erlaubt.

Ein Lokalanästhetikum kann unter endoskopischer Sicht auf die Stimmlippenebene appliziert werden (kumulative Lidocain-Gesamtdosis max. 5mg/kg Körpergewicht, z.B. 0,5-1 ml 1%ige Lidocaindosis und 10 ml Luft in eine Spritze aufziehen, dann als Einzeldosis durch den Arbeitskanal einsprühen). Dies vermindert den Bedarf an Analgosedativa (Verminderung des Risikos von Apnoe und Atemwegsobstruktion), kann jedoch, wie jedwede Manipulation am Atemweg, einen Laryngospasmus auslösen. Zudem sollte der Patient nach der Applikation von Lokalanästhetika im Larynxbereich ausreichend lange nüchtern bleiben, da es zu Schluckstörungen und damit konsekutiver Aspiration kommen kann [42, 49, 78]. Eine Fehleinschätzung der laryngealen Stabilität bzw. eine Verstärkung einer bestehenden Laryngomalazie bei Säuglingen durch topisches Lidocain ist nicht zu erwarten [133]. Bei ausreichender Anästhesie bzw. Analgosedierung kann in der Regel auf das Lokalanästhetikum verzichtet werden.

Die Stabilität der Trachea sollte in ruhiger Spontanatmung beurteilt und per Videoaufzeichnung dokumentiert werden [23]. Die tracheale Stabilität kann bei pressender Atmung fehleingeschätzt werden.

Es erfolgt immer eine Untersuchung aller lobärer Bronchien. Evtl. sind hierzu weitere Lidocaindosen sinnvoll (Cave: Gesamtdosis von 5 mg/kg Körpergewicht nicht überschreiten!). Lidocain wirkt zudem antimikrobiell; dies sollte bei der endotrachealen und/oder –bronchialen Erregergewinnung berücksichtigt werden [26, 109].

Ein systematisches Vorgehen (z.B. zunächst rechtes, dann linkes Bronchialsystem) verhindert das Übersehen von unerwarteten Pathologien und anatomischen Varianten. Bei Verlust der

Orientierung sollte immer durch Zurückziehen des Instruments zur Hauptcarina eine erneute Orientierung im Bronchialbaum erfolgen.

Treten respiratorische Probleme auf, sollte die Bronchoskopie unterbrochen werden, bis eine ausreichend stabile Situation wiederhergestellt ist.

7.1.2. Zugang über Larynxmaske

Alternativ ist die flexible Bronchoskopie über eine zuvor eingeführte Larynxmaske als Conduit und einen „Mainzer Adapter“ möglich. Abgewinkelte Larynxmasken mit kurzem Atemschlauch und Magendrainagekanal (2. Generation) können dabei von Vorteil sein. Zuvor sollte überprüft werden, ob sich das Endoskop gut über die Larynxmaske einführen lässt. Herstellerbedingte Abweichungen der Größe von Larynxmasken und deren Innendurchmesser sollen stets bedacht werden, siehe beispielhaft hierzu Tabelle 2. Für die Einlage der Larynxmaske ist eine adäquate Narkose notwendig, jedoch eine etwas geringere Narkosetiefe als zur trachealen Intubation. Sie sollte nur bei nüchternen Patienten eingesetzt werden.

Bei der flexiblen Bronchoskopie via Larynxmaske ist keine Beurteilung der Larynxstabilität und -funktion sowie der darüber liegenden Luftwege möglich. Die Larynxmaske stellt keine definitive Sicherung der Atemwege dar. Sie verhindert keinen Laryngospasmus, bietet keinen vollständigen Aspirationsschutz und erlaubt i.d.R. keine hohen Beatmungsdrücke (> 20 cmH₂O).

Der Bronchoskopschaft (cave: nicht die Optik) kann z.B. mit Silikonspray gleitfähig gemacht und das distale Ende mit der Optik bzw. dem CCD-Chip in Antibeslagmittel getaucht werden (bei der Produktauswahl von z.B. Silikonspray sollten stets die Herstellerempfehlungen beachtet werden).

Größe der Larynxmaske	Gewicht des Patienten [kg]	max. Cuffvolumen [ml]	max. passender endotrachealer Tubus-ID, mit dem durch die Larynxmaske intubiert werden kann	Bronchoskop [mm]
1	<5	4	3.5	2.7
1.5	5-10	7	4.0	3.0
2	10-20	10	4.5	3.5
2.5	20-30	14	5.0	4.0
3	30-50	20	6.0 (cuffed)	5.0
4	50-70	30	6.0 (cuffed)	5.0
5	>70	40	7.0 (cuffed)	7.3

Tabelle 1: Beispielhafte Größen der Larynxmasken, Innendurchmesser (nach Herstellerangaben), max. möglicher Tubus zur Intubation über Larynxmaske und Größe des möglichen Bronchoskops [111]

Größe der Larynxmaske	Ambu® AuraGain™ min. ID [mm]	Ambu® Aura-i™ min. ID [mm]	Ambu® AuraOnce™ min. ID [mm]
1	6,6	6,3	5,2
1 ½	7,2	6,9	7,3
2	9,0	8,7	8,6
2 ½	10,2	10,0	8,5
3	11,0	11,0	8,5

Tabelle 2: Beispielhafte, unterschiedliche Größen der Larynxmasken und lichter Innendurchmesser (nach: B. Landsleitner, Cnopfsche Kinderklinik, Nürnberg)

7.1.3. Zugang über Trachealtubus

Bei beatmeten Patienten kann die flexible Bronchoskopie über den liegenden Trachealtubus und einen „Mainzer Adapter“ durchgeführt werden. Der Bronchoskopschaft (cave: nicht die Optik) kann z.B. mit Silikonspray gleitfähig gemacht und das distale Ende mit der Optik bzw. dem CCD-Chip in Antibeschlagmittel getaucht werden. (Bei der Produktauswahl von Silikonspray und Antibeschlagmittel sollten stets die Herstellerempfehlungen des Endoskops beachtet werden). Ein zweiter Arzt soll die Beatmung (Thoraxexkursion, etCO₂, SpO₂) überwachen, da die Atemwegobstruktion, die durch das eingeführte Bronchoskop entsteht, zur in- und expiratorischen Hypoventilation bis hin zu lebensbedrohlichen kardiorespiratorischen Komplikationen führen kann. Eine manuelle Fixierung des Tubus während der Untersuchung kann das Risiko einer akzidentellen Extubation minimieren [20]. Das Endoskop sollte mindestens um 1 mm dünner als der Tubusinnendurchmesser sein; sonst drohen Tubusdislokation und Geräteschaden. Die sofortige Reintubation bei akzidenteller Extubation soll in jedem Fall möglich sein und stets antizipiert werden.

Zu Bedenken ist, dass es bei der flexiblen Bronchoskopie von Neugeborenen/Säuglingen durch die geringe Differenz von Tubus-ID zu Bronchoskop-Außendurchmesser zur subtotalen Tubusverlegung kommen kann. Eine Beatmung und Oxygenierung ist dann gar nicht oder nur eingeschränkt möglich.

Altersgruppe	Durchschnittlicher trachealer Durchmesser [mm]	Tubus (ID) [mm]	Bronchoskop (Außendurchmesser) [mm]	Tubus-obstruktion [%]
Früh-/Neugeborene	~2.5-3.5	2.0-3.0	2.2	54
0-24 Monate	5.3±1.0/6.4±1.2	3.5-4.5	2.2	54-19
			2.8	64-31
2-4 Jahre	7.4±0.8/8.1±0.7	4.5-5.5	2.8	39-26
			3.8	71-52
4-8 Jahre	8.0±0.6 bis 9.2±1.1	5.5-6.5	2.8	
	9.0±0.9 bis 9.3±0.8		3.8	
			4.9	
8-18 Jahre	10.5±0.5 bis 13.7±1.7	6.5-8.0	2.8	19-8
	10.7±0.6 bis 14±1.2		3.8	34-23
			4.9	57-30
			5.5	72-47

Tabelle 3: Endotrachealtuben und ihr Verhältnis zu Trachealgröße und Bronchoskopgröße [29]

7.1.4. Zugang über Trachealkanüle

Die routinemäßige Kontrolle der Kanülenlage sollte mittels flexibler Bronchoskopie durch die liegende Kanüle am i.d.R. wachen Patienten erfolgen. Das Endoskop sollte bis zum Kanülenende vorgeschoben werden und dann eine Dekanülierung über das liegende Bronchoskop stattfinden. Die proximale Trachea bis zum Stoma sollte sichtbar sein. Ist das Ziel die Beurteilung der Atemwege oberhalb des Stomas, ist eine Untersuchung in Narkose oder Analgosedierung nötig. Versuchsweise kann auch, nach Dekanülierung, mit dem flexiblen Endoskop eine Rückwärts-/Aufwärtssicht probiert werden; zumeist ist jedoch das suprastomale Tracheostomagränulom dann sichtbehindernd [129].

7.2. Diagnostische Bronchoalveoläre Lavage

Es wird, in Abhängigkeit von der Größe des Patienten, ein flexibles Bronchoskop mit ca. 3,0-5,0 mm Außendurchmesser eingesetzt (Absaugkanal 1,2-2mm).

Um eine bessere Recovery zu erzielen, empfiehlt es sich, die BAL im Mittellappen oder der Lingula durchzuführen, da hier weniger Kollateralventilation stattfindet. Bei fokalen Prozessen sollte jedoch stets das betroffene Segment aufgesucht werden.

Nach Obturation eines Bronchiallumens durch das soweit wie möglich vorgeschobene Bronchoskop wird lavagiert. Bei Problemen mit dem Rückfluss sollte das Bronchoskop um ca. 0,5 cm zurückgezogen werden. Achtung: der Arbeitskanal mündet seitlich vom Sichtfenster!

Es sollte mit 3-4 Einzelportionen von jeweils 1ml/kg Körpergewicht (maximal 50ml) körperwarmer 0,9%iger NaCl-Lösung gespült werden. Wichtig ist, dass die Bronchoskop-Position zwischenzeitlich nicht verändert wird. Nach Einspülen jeder Einzelportion wird diese ohne Pause sogleich wieder mithilfe der aufgesetzten Spritze oder per geräteeigenem Absaugventil in einen speziellen Sammelbehälter aspiriert.

Handelt es sich lediglich um Erregerdiagnostik, kann bereits eine Einzelportion ausreichend sein. Die erste Portion wird meist für die Infektionsdiagnostik benutzt. Die Aliquote 2-3(-4) werden für die zytologische Untersuchung ggf. gepoolt. Zum Erhalt der Zellvitalität bei Infektionsdiagnostik und zytologischer Untersuchung sollte die Weiterverarbeitung der Proben rasch erfolgen (<4h!). Die Bestimmung von T-Lymphozyten-Subpopulationen ist in Einzelfällen zu erwägen.

Im Rahmen der bakteriologischen Untersuchung sollte eine Keimquantifizierung erfolgen (signifikant ab $>10^5$ /ml Keimen). Mykologische, virologische und molekularbiologische Methoden sowie eine Surfactantproteinanalyse werden jeweils nach Indikation durchgeführt [34].

7.3. Starre Endoskopie

Relative Kontraindikationen zur starren Bronchoskopie bestehen bei Kindern mit Instabilität der HWS oder des atlantookzipitalen Übergangs. Davon sind regelhaft Kinder mit Trisomie 21 [1], Goldenhar-Syndrom und Speichererkrankungen (z.B. Mukopolysaccharidosen etc.) [87] betroffen. Die Indikation zu einer starren Bronchoskopie sollte bei Kindern mit möglicher oder nachgewiesener Instabilität des atlantookzipitalen Übergangs streng gestellt werden.

7.3.1. Starre Laryngoskopie

Larynx und proximale Trachea sollten, nach Einstellen mit einem Laryngoskopspatel, möglichst berührungsfrei mit einem starren Endoskop dargestellt werden. Ebenfalls möglich ist die Larynxdarstellung mithilfe eines Videolaryngoskops (Weitwinkelsicht, Bild- bzw. Video-Dokumentation) oder einer Stützautoskopie (Stützvorrichtung mit fixiertem Laryngoskop, syn. Mikrolaryngoskopie, Stützlaryngoskopie). Dies ermöglicht dem Untersucher mit der freien Hand Interventionen durchzuführen.

Erfolgt die Visualisierung durch ein OP-Mikroskop, ist eine beidhändige Intervention möglich (MLS, Mikrolaryngoskopie). So wird auch die Palpation des Befundes möglich, was z.B. bei der Diagnostik der Larynxspalte oder der Aryfixation unerlässlich ist. Insbesondere bei der Larynxspalte, bei dem ein Stimmlippenspreizer eingesetzt werden muss, ist dies die Methode der Wahl. Bei Pathologien des Larynx und der Subglottis, wie z.B. bei Verdacht auf Laryngitis oder intubationsbedingte Larynxstenosen (u.a. nach gescheiterter Extubation), gelingt die lokale Diagnostik durch Zurückziehen des Tubus und Inspektion der Stimmlippen und der Subglottis mithilfe des starren Endoskops.

7.3.2. Starre Tracheobronchoskopie

Das Beatmungsbronchoskop wird, nach Einlage eines passenden Zahnschutzes und unter Zuhilfenahme eines Laryngoskops mit geradem oder gebogenem Spatel, transoral in die Trachea eingeführt. Anschließend wird das Laryngoskop entfernt und wenn zuvor noch nicht erfolgt ein Unterstützungskissen unter die Schultern des Patienten gelegt. Im Anschluss sollte durch entsprechendes Kippen und Drehen des Kopfes das Rohr (unter Sicht mithilfe einer bis an das distale Ende des Rohrs vorgeschobenen Optik) in verschiedene Bronchialabschnitte vorgeschoben werden.

Wichtige Sicherheitsmaßnahmen zur Vermeidung von tracheobronchialen Verletzungen sind, abgesehen von einer adäquaten Narkosetiefe mit Muskelrelaxierung, das Abstützen und Fixieren des Beatmungsbronchoskops mit der führenden Hand am Oberkiefer des Patienten und die stetige Sicht auf das distale Ende des Bronchoskoprohres mittels Optik [63, 103].

Durch den Seitport des Bronchoskoprohres ist die maschinelle oder ggf. manuelle Beatmung des Patienten möglich, z.B. mit hohen Atemfrequenzen und kleinsten Tidalvolumina. Letzt genannte Beatmungstechnik bietet Vorteile, da man mit ihr i.d.R. auch bei partiell durch Instrumentierung verlegtem Atemweg beatmen bzw. oxygenieren kann und zudem störende Thoraxbewegungen minimiert, hilfreich u.a. bei der Instrumentierung zur Fremdkörperextraktion.

Möglich sind zudem die Oxygenierung mit Hilfe von Jet-Ventilationstechniken (z.B. Ventrain®-System via Beatmungskatheter/Tubuswechsler) oder ggf. mittels High-Flow-Sauerstoff-Insufflation.

Eine Videodokumentation sollte den Befund und die verletzungsfreie Bronchoskopie dokumentieren. Die Kombination mit einem durch das Bronchoskoprohr vorgeschobenen, meist sehr kleinlumigen Fiberskop ist möglich.

Statement:
Das starre Bronchoskoprohr wird stets unter Sicht eingeführt und vorgeschoben. Bei akzidentellen Verletzungen kann eine Überprüfung des Ausmaßes mittel flexibler Bronchoskopie sinnvoll sein.
Starker Konsens

8. Komplikationen und Risiken

Zu Komplikationen während der Bronchoskopie zählen: übermäßiger Husten, Pressen und Abwehr (Bocken), Schleimhautblutungen und -schwellungen, Laryngospasmus, Bronchospastik, nichtantizipierte oder prolongierte Apnoen mit Desaturierung (Hypoxämie) und konsekutiver Bradykardie sowie ein Pneumothorax [35].

Fieber zählt zu den häufigsten Komplikationen nach Bronchoskopie und tritt meist 4-9h nach dem Eingriff auf [35, 115]. Die Gabe von Antibiotika soll nicht grundsätzlich erfolgen, allenfalls aufgrund des endoskopischen Befundes, z.B. bei bakterieller Bronchitis.

Weitere postinterventionelle Komplikationen sind zusätzlicher Sauerstoffbedarf, Husten und Pneumothorax.

Bezüglich Komplikationen im Rahmen von Fremdkörperaspirationen und –Extraktionen verweisen wir auf die AWMF S2kLeitlinie „Interdisziplinäre Versorgung von Kindern nach Fremdkörperaspiration und Fremdkörperingestion“ [6].

Die Wahrscheinlichkeit einer lebensbedrohlichen Komplikation ist insgesamt sehr gering und unter anderem vom individuellen Risiko des Patienten, der Expertise und dem Geschick des Bronchoskops und seinem Team und/oder der durchzuführenden Prozedur abhängig [35, 99].

9. Literaturverzeichnis

1. Ali FE, Al-Bustan MA, Al-Busairi WA, Al-Mulla FA, Esbaita EY (2006) Cervical spine abnormalities associated with Down Syndrome. *Int Orthop* 30:284–289
2. Amat F, Heraud MC, Scheye T, Canavese M, Labbe A (2012) Flexible bronchoscopic cannulation of an isolated H-type tracheoesophageal fistula in a newborn. *JPediatrSurg*47:e9–e10
3. American Society of Anesthesiologists Task Force on sedation and analgesia by non-anesthesiologists (2002) Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology*96:1004–1017
4. Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) *Bundesgesundheitsbl* 2012 · 55:1244–1310 DOI 10.1007/s00103-012
5. Antón-Pacheco JL, Luna C, García E, López M, Morante R, Tordable C, Palacios A, de Miguel M, Benavent I, Gómez A. Initial experience with a new biodegradable airway stent in children: Is this the stent we were waiting for? *Pediatr Pulmonol.* 2016 Jun;51(6):607-12. doi: 10.1002/ppul.23340. Epub 2015 Nov 19.
6. AWMF Leitlinien-RegisterNr. 001/031 Publiziert: Eich C, Nicolai T, Hammer J, Deitmer T, Schmittbecher P, Schubert KP, Laschat M, Sittel C, Claßen M, Becke K, Bootz F, Höhne C, Jungehülsing M, Windfuhr J. S2k-Leitlinie: Interdisziplinäre Versorgung von Kindern nach Fremdkörperaspiration und Fremdkörperingestion. *Anästh Intensivmed* 2016;57: 296-306 und *Laryngorhinootologie* 2016 Mai;95(5): 321-331. Verfügbar unter: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/001-031.html>, Zugriff am 16.11.2020.
7. AWMF Leitlinien-RegisterNr 048-016 Publiziert: Feiterna-Sperling C, Brinkmann F, Adamczick C, Ahrens F, Barker M, Berger C, Berthold L, Bogyi M, vonBoth U, Frischer T, Haas W, Hartmann P, Hillemann D, Hirsch F, Kranzer K, Kunitz F, Maritz E, Pizzulli A, Ritz N, Schlags R, Spindler T, Thee S, Weizsäcker K. S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Prävention und Therapie der Tuberkulose im Kindes- und Jugendalter. Verfügbar unter: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/048-016.html>, Zugriff am 16.11.2020.
8. AWMF Leitlinien-RegisterNr 001-041 Publiziert: Becke-Jakob K, Badelt G, Deitmer T, Eich Ch, Goeters Ch, Höhne C, Stuck B, Wiater A. S1-Leitlinie Perioperatives Vorgehen bei Kindern mit obstruktivem Schlafapnoe Syndrom (OSAS) zur Adenotomie (AT) und/oder Tonsillektomie (TE) bzw. Tonsillotomie (TT). Verfügbar unter: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/001-041.html>, Zugriff am 16.11.2020.
9. Bakan M, Topuz U, Umutoglu T, Gundogdu G, Ilce Z, Elicevik M et al (2014) Remifentanyl-based total intravenous anesthesia for pediatric rigid bronchoscopy: comparison of adjuvant Propofol and ketamine. *Clinics* 69:372–377
10. Balfour-Lynn IM, Spencer H(2002) Bronchoscopy– how and when? *PaediatrRespirRev* 3:255–264
11. Barbato A, Magarotto M, Crivellaro M et al (1997) Use of the paediatric bronchoscope, flexible and rigid, in 51 European centres. *Eur Respir J* 10:1761–1766
12. Barbato A, Frischer T, Kuehni CE et al (2009) Primary ciliary dyskinesia: a consensus statement on diagnostic and treatment approaches in children. *EurRespir J*34:1264–1276

13. Berkenbosch JW, Graff GR, Stark JM, Ner Z, Tobias JD (2004) Use of a remifentanil-propofol mixture for pediatric flexible fiberoptic bronchoscopy sedation. *PaediatrAnaesth*14:941–946
14. Bielecki I, Mniszek J, Cofala M(2009) Intralesional injection of cidofovir for recurrent respiratory papillomatosis in children. *Int JPediatrOtorhinolaryngol* 73:681–684
15. Blumen M, Bequignon E, Chabolle F. Drug-induced sleep endoscopy: A new gold standard for evaluating OSAS? Part II: Results. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2017 Apr;134(2):109-115. doi: 10.1016/j.anorl.2016.12.004. Epub 2017
16. Bochennek K, Abolmaali N, Wittekindt B, Schwabe D, Klingebiel T, Lehrnbecher T (2006) Diagnostic approaches for immuno compromised paediatric patients with pulmonary infiltrates. *ClinMicrobiol Infect*12:199–201
17. Boufersaoui A, Smati L, Benhalla KN, Boukari R, Smail S, Anik K, Aouameur R, Chaouche H, Baghriche M (2013) Foreign body aspiration in children: experience from 2624 patients. *Int J PediatrOtorhinolaryngol* 77:1683–1688
18. Brennan S, Gangell C, Wainwright C, Sly PD (2008) Disease surveillance using bronchoalveolar lavage. *PaediatrRespirRev* 9:151–159
19. Breuer HW, Charchut S, Worth H, Trampisch HJ, Glänzer K. Endobronchial versus intravenous application of the vasopressin derivative glypressin during diagnostic bronchoscopy. *Eur Respir J.* 1989 Mar;2(3):225-8.
20. Bush A (2003) Bronchoscopy in paediatric intensive care. *PaediatrRespirRev* 4:67–73
21. Bush A, Pohunek P. „Brush biopsy and mucosal biopsy“. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 162: 18–22
22. Cakir E, Ersu RH, Uyan ZS, Oktem S, Karadag B, Yapar O, Pamukcu O, Karakoc F, Dagli E (2009) Flexible bronchoscopy as a valuable tool in the evaluation of persistent wheezing in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 73:1666–1668
23. Carden KA, Boiselle PM, Waltz DA, Ernst A (2005) Tracheomalacia and tracheobronchomalacia in children and adults: an in-depth review. *Chest* 127:984–1005
24. Chai J, Wu XY, Han N, Wang LY, Chen WM (2014) A retrospective study of anesthesia during rigid bronchoscopy for airway foreign body removal in children: propofol and sevoflurane with spontaneous ventilation. *Paediatr Anaesth* 24:1031–1036
25. Chambers D, Paulden M, Paton F, Heirs M, Duffy S, Hunter JM, Sculpher M, Woolacott N (2010) Sugammadex for reversal of neuromuscular block after rapid sequence intubation: a systematic review and economic assessment. *Br J Anaesth* 105:568–575
26. Chandan SS, Faoagali J, Wainwright CE. Sensitivity of respiratory bacteria to lignocaine. *Pathology.* 2005 Aug;37(4):305-7.
27. Chellapandian DB, Lehrnbecher T, Phillips B, Fisher BT, Zaoutis TE, Steinbach WJ, Beyene J, Sung L (2015) bronchoalveolar lavage and lung biopsy in patients with cancer and hematopoietic stemcell transplantation recipients: a systematic review and meta-analysis. *JClinOncol*33:501–509
28. Chen L, Yu L, Fan Y, Manyande A (2013) A comparison between total intravenous anaesthesia using propofol plus remifentanil and volatile induction/ maintenance of

anaesthesia using sevoflurane in children undergoing flexible fibreoptic bronchoscopy. *AnaesthIntensiveCare*41:742–749

29. Chugh K, Talwar N (2015). Bronchoscopy in Pediatric Critical Care. *Journal of Pediatric Critical Care* Volume 2 Issue 1. DOI:10.21304/2015.0201.00057.

30. Connett GJ (2000) Bronchoalveolar lavage. *PaediatrRespirRev* 1:52–56

31. Costi D, Cyna AM, Ahmed S, Stephens K, Strickland P, Ellwood J, Larsson JN, Chooi C, Burgoyne LL, Middleton P (2014) Effects of sevoflurane versus other general anaesthesia on emergence agitation in children. *CochraneDatabase Syst Rev*. doi:10.1002/14651858.CD007084.pub2

32. Dave MH, Gerber A, Bailey M, Gysin C, Hoeve H, Hammer J, Nicolai T, Weiss M (2014) Prevalence and characteristics of tracheal cobblestoning in children. *Pediatr Pulmonol* 50(10):995–999. doi:10.1002/ppul.23142

33. Dave MH, Gerber A, Bailey M, Gysin C, Hoeve H, Hammer J, Nicolai T, Weiss M (2014) The prevalence of tracheal bronchus in pediatric patients undergoing rigid bronchoscopy. *J BronchologyIntervPulmonol*21:26–31

34. deBlic J, Midulla F, Barbato A, Clement A, Dab I, Eber E, Green C, Grigg J, Kotecha S, Kurland G, Pohunek P, Ratjen F, Rossi G (2000) Bronchoalveolar lavage in children. ERS Task Force on bronchoalveolar lavage in children. European Respiratory Society. *EurRespir J*15:217–231

35. de Blic J, Marchac V, Scheinmann P (2002) Complications of flexible bronchoscopy in children: prospective study of 1,328 procedures. *Eur Respir J* 20:1271–1276

36. De Gracia J, Culebras M, Alvarez A, Catalan E, De la Rosa D, Maestre J, Canela M, Roman A (2007) Bronchoscopic balloon dilatation in the management of bronchial stenosis following lung transplantation. *RespirMed*101:27–33

37. Deterding R(2007) Evaluating infants and children with interstitial lung disease. *SeminRespirCritCare Med*28:333–341

38. Dilos BM (2009) Anesthesia for pediatric airway endoscopy and upper gastrointestinal endoscopy. *IntAnesthesiolClin* 47:55–62

39. Dhooria S, Madan K, Pattabhiraman V, Sehgal IS, Mehta R, Vishwanath G, Srinivasan A, Sivaramakrishnan M, Mohan A, Mathew JL, Kabra SK, Guleria R, Behera D, Agarwal R. A multicenter study on the utility and safety of EBUS-TBNA and EUS-B-FNA in children. *Pediatr Pulmonol*. 2016 Oct;51(10):1031-1039. doi: 10.1002/ppul.23415. Epub 2016 May 3.

40. Eber E, Antón-Pacheco JL, de Blic J, Doull I, Faro A, Nenna R, Nicolai T, Pohunek P, Priftis KN, Serio P, Coleman C, Masefield S, Tonia T, Midulla F. ERS statement: interventional bronchoscopy in children. *Eur Respir J*. 2017 Dec 14;50(6).

41. Ehsan Z, Mahmoud M, Shott SR, Amin RS, Ishman SL. The effects of anesthesia and opioids on the upper airway: A systematic review. *Laryngoscope* 2016;126:270-284.

42. Ertekin C, Kiylioglu N, Tarlaci S, Keskin A, Aydogdu I. Effect of mucosal anaesthesia on oropharyngeal swallowing. *Neurogastroenterol Motil*. 2000 Dec;12(6):567-72.

43. Esteller E, Villatoro JC, Agüero A, Matión E, Lopez R, Aristimuño A, Nuñez V, Díaz-Herrera MA. Outcome of drug-induced sleep endoscopy-directed surgery for persistent obstructive sleep apnea after adenotonsillar surgery. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2019 May;120:118-122. doi: 10.1016/j.ijporl.2019.02.004. Epub 2019 Feb 6.
44. Eyssartier E, Ang P, Bonnemaïson E, Gibertini I, Diot P, Carpentier E, Chantepie A, Leclair MD, Brouard J, Boutard P, Deneuille E, Marie-Cardine A, Lardy H(2014) Characteristics of endobronchial primitive tumors in children. *Pediatr Pulmonol* 49:E121–E125
45. Faro A, Wood RE, Schechter MS, Leong AB, Wittkugel E, Abode K, Chmiel JF, Daines C, Davis S, Eber E, Huddleston C, Kilbaugh T, Kurland G, Midulla F, Molter D, Montgomery GS, Retsch-Bogart G, Rutter MJ, Visner G, Walczak SA, Ferkol TW, Michelson PH (2015) American Thoracic Society Ad Hoc Committee on Flexible Airway Endoscopy in Children. Official American Thoracic Society technical standards: flexible airway endoscopy in children. *Am J Respir Crit Care Med* 191:1066–1080
46. Fekri MS, Hashemi-Bajgani SM, Shafahi A, Zarshenas R. Comparing Adrenaline with Tranexamic Acid to Control Acute Endobronchial Bleeding: A Randomized Controlled Trial. *Iran J Med Sci*. 2017 Mar;42(2):129-135.
47. Fidkowski CW, Zheng H, Firth PG (2010) The anesthetic considerations of tracheobronchial foreign bodies in children: a literature review of 12,979 cases. *AnesthAnalg*111:1016–455
48. Field-Ridley A, Sethi V, Murthi S, Nandalike K, Li ST. Utility of flexible fiberoptic bronchoscopy for critically ill pediatric patients: A systematic review. *World J Crit Care Med*. 2015 Feb 4;4(1):77-88.
49. Fife TA, Butler SG, Langmore SE, Lester S, Wright SC Jr, Kemp S, Grace-Martin K, Lintzenich CR Use of topical nasal anesthesia during flexible endoscopic evaluation of swallowing in dysphagic patients. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2015 Mar;124(3):206-11. doi: 10.1177/0003489414550153. Epub 2014 Sep 9.
50. Frei FJ, aWengen DF, Rutishauser M, Ummenhofer W (1995) The airway endoscopy mask: useful device for fibreoptic evaluation and intubation of the paediatric airway. *PaediatrAnaesth*5:319–324
51. Freihorst J. Atelektasen bei Kindern und Jugendlichen. *Pädiatrie* DOI 10.1007/978-3-642-54671-6_183-1 Springer Verlag Berlin Heidelberg 2015
52. Gang W, Zhengxia P, Hongbo L, Yonggang L, Jiangtao D, ShengdeW, ChunW(2012) Diagnosis and treatment of tracheobronchial foreign bodies in 1024 children. *JPediatrSurg*47:2004–2010
53. Gilbert CR, Chen A, Akulian JA, Lee HJ, Wahidi M, Argento AC, Tanner NT, Pastis NJ, Harris K, Sterman D, Toth JW, Chenna PR, Feller-Kopman D, Yarmus L (2014) The use of convex probe endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration in a pediatric population: A multicenter study. *PediatrPulmonol*49:807–815
54. Gorden JA. *Bronchoscopy in the Intensive Care Unit*. Publisher: Cambridge University Press, pp 138-152, DOI: <https://doi.org/10.1017/9781316084182.012>
55. Goyal R, Nayar S, Gogia P, Garg M(2012) Extraction of tracheobronchial foreign bodies in children and adults with rigid and flexible bronchoscopy. *JBronchologyIntervPulmonol*19:35–43

56. Goussard P, Gie R (2007) Airway involvement in pulmonary tuberculosis. *Paediatr Respir Rev* 8:118–123
57. Goussard P, Gie R (2014) The role of bronchoscopy in the diagnosis and management of pediatric pulmonary tuberculosis. *Expert Rev Respir Med* 8:101–109
58. Green CG, Eisenberg J, Leong A et al. Flexible Endoscopy of the Pediatric Airway. *AmRevRespirDis* 1992;145:233–235
59. Griese M, Felber J, Reiter K, Strong P, Reid K, Belohradsky BH, Jager G, Nicolai T (2004) Airway Inflammation in Children With Tracheostomy. *PediatrPulmonol*37:356–361
60. Griese M, Ripper J, Sibbersen A, Lohse P, Lohse P, Brasch F, Schams A, Pamir A, Schaub B, Muensterer OJ, Schon C, Glockner-Pagel J, Nicolai T, Reiter K, Hector A (2011) Long-term follow-up and treatment of congenital alveolar proteinosis. *BMC Pediatr* 11:72
61. Hasan RA, Reddy R (2009) Sedation with propofol for flexible bronchoscopy in children. *Pediatr Pulmonol*44:373–378
62. Hayes D, Baker PB, Kopp BT, Kirkby S, Galantowicz M, McConnell PI, Astor TL (2013) Surveillance transbronchial biopsies in infant lung and heartlung transplant recipients. *Pediatr Transplant* 17:670–675
63. Helmers RA, Sanderson DR (1995) Rigid bronchoscopy. The forgotten art. *Clin Chest Med* 16:393–399
64. Haussinger K et al (2004) Empfehlungen zur Sicherheit der Qualität in der Bronchoskopie. *Pneumologie* 58:344–356
65. Hyun-II Gil et al. „Additional role of bronchial mucosal biopsy for ciliary structural abnormality in diagnosis of primary ciliary dyskinesia“. *J Thorac Dis* 2019; 11: 839–847
66. Jaggar SI, Haxby E (2002) Sedation, anaesthesia and monitoring for bronchoscopy. *Paediatr Respir Rev* 3:321–327
67. Jain K, Wainwright C, Smyth AR(2013) Bronchoscopy- guided antimicrobial therapy for cystic fibrosis. *CochraneDatabase SystRev*12:CD009530
68. Jindal SK, Gupta D,Aggarwal AN(2000) Sarcoidosis in developing countries. *Curr Opin Pulm Med* 6:448–454
69. Kiyani G, Dağlı TE, Tuğtepe H, Kodalli N. Double balloon esophageal catheter for diagnosis of tracheo-esophageal fistula. *Eur Radiol.* 2003 Feb;13(2):397-9. Epub 2002 Jun 22.
70. Kleinsasser N, Merckenschlager A, Schroter Ch, Mattick CH, Nicolai T, Mantel K (1996) Letale Komplikationen tracheotomierter Kinder. *Laryngorhinotologie*75: 77–82
71. Knowles MR, Daniels LA, Davis SD, Zariwala MA, Leigh MW (2013) Primary ciliary dyskinesia. Recent advances in diagnostics, genetics, and characterization of clinical disease. *AmJRespirCrit CareMed*188:913–922
72. Krause MF, von Bismarck P, Oppermann HC, Ankermann T. Bronchoscopic surfactant administration in pediatric patients with persistent lobar atelectasis. *Respiration.* 2008;75(1):100-4. Epub 2005 Sep 30.

73. Kroner C, Griese M, Kappler M, Schoen C, Hoffmann F, Nicolai T, Reiter K (2014) Endobronchial lesions caused by non-tuberculous Mycobacteria in apparently healthy pediatric patients. *Pediatr Infect Dis J* 34(5):532–535
74. Kurland G, Deterding RR, Hagood JS, Young LR, Brody AS, Castile RG, Dell S, Fan LL, Hamvas A, Hilman BC, Langston C, Nogee LM, Redding GJ (2013) American Thoracic Society Committee on Childhood Interstitial Lung Disease (chILD) and the chILD Research Network. An official American Thoracic Society clinical practice guideline: classification, evaluation, and management of childhood interstitial lung disease in infancy. *Am J Respir Crit Care Med* 188:376–394
75. Lee K, Chen B, Yang C, Chen Y (2007) CO2 laser supraglottoplasty for severe laryngomalacia: a study of symptomatic improvement. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 71:889–895
76. Lerman J, Johr M (2009) Inhalational anesthesia vs total intravenous anesthesia (TIVA) for pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth* 19:521–534
77. Leslie KO, Gruden JF, Parish JM, Scholand MB (2007) Transbronchial biopsy interpretation in the patient with diffuse parenchymal lung disease. *Arch Pathol Lab Med* 131:407–423
78. Lester S, Langmore SE, Lintzenich CR, Wright SC, Grace-Martin K, Fife T, Butler SG. The effects of topical anesthetic on swallowing during nasoendoscopy. *Laryngoscope*. 2013 Jul;123(7):1704-8. doi: 10.1002/lary.23899. Epub 2013 Apr 2.
79. Liao R, Li JY, Liu GY (2010) Comparison of sevoflurane volatile induction/maintenance anaesthesia and propofol-remifentanyl total intravenous anaesthesia for rigid bronchoscopy under spontaneous breathing for tracheal/bronchial foreign body removal in children. *Eur J Anaesthesiol* 27:930–934
80. Lim J, Hellier W, Harcourt J, Leighton S, Albert D (2003) Subglottic cysts: the Great Ormond Street experience. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 67:461–465
81. Lucas JS, Burgess A, Mitchison HM, Moya E, Williamson M, Hogg C, National PCD Service, UK (2014) Diagnosis and management of primary ciliary dyskinesia. *Arch Dis Child* 99:850–856
82. Lund ME, Force S (2007) Airway stenting for patients with benign airway disease and the Food and Drug Administration advisory: a call for restraint. *Chest* 132:1107–1108
83. Machotta A (2002) Anaesthetic management for endoscopy of the pediatric airway. *Anaesthesist* 51:668–678
84. Mani N, Soma M, Massey S, Albert D, Bailey CM. Removal of inhaled foreign bodies--middle of the night or the next morning? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2009 Aug;73(8):1085-9. doi: 10.1016/j.ijporl.2009.04.005. Epub 2009 May 28.
85. Márquez-Martín E, Vergara DG, Martín-Juan J, Flacón AR, Lopez-Campos JL, Rodríguez-Panadero F. Endobronchial administration of tranexamic Acid for controlling pulmonary bleeding: a pilot study. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2010 Apr;17(2):122-5. doi: 10.1097/LBR.0b013e3181dc8c17.
86. Martinot A, Closset M, Marquette CH, Hue V, Deschildre A, Ramon P, Remy J, Leclerc F (1997) Indications for flexible versus rigid bronchoscopy in children with suspected foreign-body aspiration. *Am J Respir Crit Care Med* 155:1676–1679

87. McKay SD, Al-Omari A, Tomlinson LA, Dormans JP (2012) Review of cervical spine anomalies in genetic syndromes. *Spine*37:E269–E277
88. Meier JD, Sulman CG, Almond PS, Holinger LD (2007) Endoscopic management of recurrent congenital tracheoesophageal fistula: a review of techniques and results. *Int JPediatrOtorhinolaryngol* 71: 691–697
89. Merckenschlager A, Sanktjohanser L, Hundt C, Schneider K, Nicolai T (2009) Diagnostic value of a plain radiograph of the chest in suspected tracheobronchial foreign body aspiration in children. *Pneumologie* 63:325–328
90. Meyer KC, Raghu G(2011) Bronchoalveolar lavage for the evaluation of interstitial lung disease: is it clinically useful? *EurRespir J*38:761–769
91. Midulla F, de Blic J, Barbato A, Bush A, Eber E, Kotecha S, Haxby E, Moretti C, Pohunek P, Ratjen F (2003) Flexible endoscopy of paediatric airways. *EurRespirJ*22:698–708
92. Miller C, Kirkham E, Ma CC, Filipek N, Horn DL, Johnson K, Chen ML, Parikh SR. Polysomnography outcomes in children with small tonsils undergoing drug-induced sleep endoscopy-directed surgery. *Laryngoscope*. 2018 Dec 21. doi: 10.1002/lary.27759.
93. Monnier P, George M, Monod ML, Lang F (2005) The role of the CO₂ laser in the management of laryngotracheal stenosis: a survey of 100 cases. *Eur ArchOtorhinolaryngol* 262(8):602–608
94. Monnier, Philippe (Ed.), *Pediatric Airway Surgery. Management of Laryngotracheal Stenosis in Infants and Children*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011.
95. Narang R, Bakewell K, Peach J, Clayton S, Samuels M, Alexander J, Lenney W, Gilchrist FJ (2014) Bacterial distribution in the lungs of children with protracted bacterial bronchitis. *PLOS One* 9:e108523
96. Nicolai T (2001) Pediatric bronchoscopy. *Pediatr Pulmonol*31:150–164
97. Nicolai T (2004) Therapeutic concepts in upper airway obstruction. *PaediatrRespirRev*5:34–39
98. Nicolai T, Fischer-Truestedt C, Reiter K, Grantzow R (2005) Subglottic hemangioma: A comparison of CO₂ laser, Neodym-Yag laser, and tracheostomy. *PediatrPulmonol* 39:233–237
99. Nicolai T, Roncato S, Fischer-Truestedt C, Reiter K (2005) Prospective multicenter evaluation of the diagnostic yield and side effects of paediatric bronchoscopies. *EurRespir J* 26(Suppl.49):438s
100. Nicolai T (2008) Airway stents in children. *Pediatr Pulmonol*43:330–344
101. Nicolai T(2009) Bronchoskopie. *KinderJugendmed* 6:351–356
102. Nicolai T (2011) The role of rigid and flexible bronchoscopy in children. *Pediatr Respir Rev* 12:190–195
103. Nicolai T, Griese M (Hrsg) (2011) *Praktische Pneumologie in der Padiatrie*. Thieme, Stuttgart
104. Nicolai T (2015) Interventionelle Bronchoskopie im Kindesalter. *Pneumologie*12:238–243

105. Nicolai T (2013) Rigid and interventional bronchoscopy. In: Eber E, Midulla F (Hrsg) ERS Handbook Pediatric Respiratory Medicine. ERS, Sheffield, S 151–155
106. Niggemann B, Haack M, Machotta A (2004) How to enter the pediatric airway for bronchoscopy. *Pediatr Int*46:117–121
107. Nouraei SA, Singh A, Patel A, Ferguson C, Howard DJ, Sandhu GS. Early endoscopic treatment of acute inflammatory airway lesions improves the outcome of postintubation airway stenosis. *Laryngoscope*. 2006 Aug;116(8):1417-21
108. Oberer C, von Ungern-Sternberg BS, Frei FJ et al (2005) Respiratory reflex responses of the larynx differ between sevoflurane and propofol in pediatric patients. *Anesthesiology*103:1142–1148
109. Olsen KM, Peddicord TE, Campbell GD, Rupp ME. Antimicrobial effects of lidocaine in bronchoalveolar lavage fluid. *J Antimicrob Chemother*. 2000 Feb;45(2):217-9.
110. Ratjen F, Nicolai T (2004) Paediatric bronchoscopy. *PaediatrRespirRev* 5(SupplA):S21–S22
111. Räsänen J. Section 3 - The Anticipated Difficult Airway - The Laryngeal Mask Airway – First Class on Difficult Airways. Department of Anesthesiology, Mayo Clinic. Cambridge University Press
112. Reiter K, Schoen C, Griese M, Nicolai T (2010) Whole-lung lavage in infants and children with pulmonary alveolar proteinosis. *Paediatr Anaesth* 20:8–11 23
113. Richter GT, Ryckman F, Brown RL, Rutter MJ (2008) Endoscopic management of recurrent tracheoesophageal fistula. *JPediatrSurg*43:238–245
114. Riedler J, Grigg J, Robertson CF (1995) Role of bronchoalveolar lavage in children with lung disease. *EurRespir J*8:1725–1730
115. Rosenthal M (2003) Bronchoscopy and infection. *PaediatrRespirRev* 4:143–146
116. Rutter MJ, Cohen AP, de Alarcon A (2008) Endoscopic airway management in children. *Curr OpinOtolaryngolHeadNeckSurg*16:525–529
117. Schellhase DE, Fawcett DD, Schutze GE, Lensing SY, Tryka AF (1998) Clinical utility of flexible bronchoscopy and bronchoalveolar lavage in young children with recurrent wheezing. *J Pediatr* 132:312–318
118. Schramm D, Ling K, Schuster A (2013) Management of foreign body aspiration – a nationwide survey. *EurRespir J* 42(Suppl. 57):1061s
119. Schramm D et al. Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers- Availability and current practice. *Pediatr Pulmonol* 2017 Nov 14;52(11):1502-1508. Epub 2017 Sep 14.
120. Serio P, Fainardi V, Leone R, Baggi R, Grisotto L, Biggeri A, Mirabile L. Tracheobronchial obstruction: follow-up study of 100 children treated with airway stenting. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014 Apr;45(4):e100-9. doi: 10.1093/ejcts/ezt626. Epub 2014 Jan 19.
121. Shell R, Nicol K (2010) Pediatric bronchoalveolar lavage: practical considerations and future prospects. *PediatrDevPathol*13:255–264

122. Slattery DM, Waltz DA, Denham B, O'Mahony M, Grealley P. Bronchoscopically administered recombinant human DNase for lobar atelectasis in cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol.* 2001 May;31(5):383-8.
123. Straus MJ (2014) Analgesie für schmerzhafte Eingriffe bei Kindern. *Monatsschr Kinderheilkd* 162:37–44
124. Swanson KL, Prakash UB, Midthun DE, Edell ES, Utz JP, McDougall JC, Brutinel WM (2002) Flexible bronchoscopic management of airway foreign bodies in children. *Chest*121:1695–1700
125. Sztanó B, Kiss G, Márai K, Rácz G, Szegesdi I, Rácz K, Katona G, Rovó L. Biodegradable airway stents in infants - Potential life-threatening pitfalls. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2016 Dec;91:86-89. doi: 10.1016/j.ijporl.2016.10.013. Epub 2016 Oct 14.
126. Tang LF, Xu YC, Wang YS, Wang CF, Zhu GH, Bao XE, Lu MP, Chen LX, Chen ZM (2009) Airway foreign body removal by flexible bronchoscopy: experience with 1027 children during 2000–2008. *World JPediatr*5:191–195
127. Teksan L, Baris S, Karakaya D, Dilek A (2013) A dose study of remifentanyl in combination with propofol during tracheobronchial foreign body removal in children. *J Clin Anesth*25:198–201
128. Tessier V, Chadelat K, Baculard A, Housset B, Clement A (1996) BAL in children: a controlled study of differential cytology and cytokine expression profiles by alveolar cells in pediatric sarcoidosis. *Chest*109:1430–1438
129. Tibballs J, Robertson C, Wall R (2006) Tracheal ulceration and obstruction associated with flexible Bivona tracheostomy tubes. *Anaesth Intensive Care*34:495–497
130. Trachsel D, Erb TO, Frei FJ, Hammer J, Swiss Paediatric Respiratory Research Group (2005) Use of continuous positive airway pressure during flexible bronchoscopy in young children. *Eur Respir J*26:773–777
131. Trachsel D, Hammer J. CPAP to diagnose laryngeal clefts by flexible endoscopy in infants. *Pediatr Pulmonol.* 2018 Sep;53(9):1284-1287. doi: 10.1002/ppul.24117. Epub 2018 Jul 3.
132. Vondrys D, Anton-Pacheco Sanchez J. Letter to the Editor regarding "Biodegradable airway stents in infants - Potential life-threatening pitfalls". *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2017 Jul;98:174. doi: 10.1016/j.ijporl.2017.03.035. Epub 2017 Mar 31.
133. von Ungern-Sternberg BS, Trachsel D, Zhang G, Erb TO, Hammer J. Topical Lidocaine Does Not Exaggerate Laryngomalacia in Infants During Flexible Bronchoscopy Under Propofol Anesthesia. *J Bronchology Interv Pulmonol.* 2016 Jul;23(3):215-9. doi: 10.1097/LBR.0000000000000291.
134. Wainwright CE, Vidmar S, Armstrong DS, Byrnes CA, Carlin JB, Cheney J, Cooper PJ, Grimwood K, Moodie M, Robertson CF, Tiddens HA, ACFBAL Study Investigators (2011) Effect of bronchoalveolar lavage-directed therapy on *Pseudomonas aeruginosa* infection and structural lung injury in children with cystic fibrosis: a randomized trial. *JAMA*306:163–171
135. Welkoborsky HJ1, Hinni ML, Moebius H, Bauer L, Ostertag H. Microscopic examination of iatrogenic subglottic tracheal stenosis: observations that may elucidate its histopathologic origin. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2014 Jan;123(1):25-31.

136. Wilson CA, Wilmshurst SL, Black AE (2015) Anesthetic techniques to facilitate lung lavage for pulmonary alveolar proteinosis in children – new airway techniques and a review of the literature. *PediatrAnesth*25:546–553
137. Wilson W, Taubert KA, Gewitz M, Lockhart PB, Baddour LM, Levison M, Bolger A, Cabell CH, Takahashi M, Baltimore RS et al (2007) Prevention of infective endocarditis: guidelines from the American Heart Association. *Circulation* 116:1736–1754
138. Wood RE (1984). Spelunking in the pediatric airways: explorations with the flexible fiberoptic bronchoscope. *Pediatr Clin North Am.* 1984 Aug;31(4):785-99.
139. Wood RE (2008) Evaluation of the upper airway in children. *CurrOpinPediatr* 20:266–271
140. Yonker LM, Fracchia MS (2012) Flexible bronchoscopy. *AdvOtorhinolaryngol* 73:12–18
141. Zhang J, Wang Y, Li B, Zhang W(2010) Remifentail infusion for paediatric bronchoscopic foreign body removal: comparison of sevoflurane with propofol for anaesthesia supplementation for bronchoscope insertion. *Anaesth Intensive Care* 38:905–910

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online

Versions-Nummer: 1.0

Erstveröffentlichung: 11/2020

Nächste Überprüfung geplant: 11/2025