

Management des kindlichen Atemwegs

C. HÖHNE

Das Atemwegsmanagement in der Kinderanästhesie verlangt neben manuellem Geschick und Erfahrung eine profunde Kenntnis der anatomischen und physiologischen Besonderheiten von Neugeborenen, Säuglingen und Kindern aller Altersstufen. Im Folgenden werden diese Besonderheiten des kindlichen Atemwegs beschrieben und die verschiedenen Hilfsmittel, die beim Management des kindlichen Atemwegs zur Verfügung stehen, dargestellt. Es wird auf die Durchführung der Maskenbeatmung mit Hilfsmitteln sowie die Anwendung der Larynxmaske eingegangen. Der Einsatz von geblockten und ungeblockten Tuben und des Larynxstübchen wird anhand neuester Daten diskutiert. Des Weiteren wird auf die Indikationen, Durchführung der Ileuseinleitung und die aktuellen Handlungsempfehlungen des Arbeitskreises Kinderanästhesie der DGAI zur Prophylaxe und zum Vorgehen bei pulmonaler Aspiration eingegangen. Es werden mögliche Komplikationen beim Atemwegsmanagement, die Differentialdiagnosen der Atemwegsobstruktion nach Narkose und deren Therapie beschrieben. Die Indikationen für eine fiberoptische Intubation werden benannt, ihre Durchführung wird erläutert, und es wird ein Algorithmus zum Umgang mit dem unerwartet schwierigen Atemweg bei Kindern beschrieben.

Anatomische Besonderheiten des kindlichen Atemwegs

Der Zugang zum Atemweg kann durch anatomische Besonderheiten des Kopfes und des Halses vor allem bei Säuglingen erschwert werden. Ein Problem stellen ein großer Hinterkopf und ein kurzer Hals dar, dem durch die „Schnüffelposition“ des Kopfes beim Atemwegsmanagement und durch Vermeiden einer Retroflexion Rechnung getragen wird. Weitere Probleme können der Larynxhochstand [Larynx projiziert sich bei Säuglingen auf C2-C3 (bei Erwachsenen auf C4-C5)] und die kleine und weiche, omega-förmige Epiglottis hervorrufen, den Atemweg verlegen und zu Intubationsschwierigkeiten führen. Deshalb kann der Einsatz eines geraden Laryngoskops erforderlich werden.

Diese anatomischen Besonderheiten [1] können bei der Narkoseeinleitung, bei der Maskenbeatmung und bei der Intubation zu Atemwegsproblemen führen. Deshalb sollte der Kopf in die „Schnüffelposition“ gebracht werden. Dabei bilden Kopf, Larynx/Hals und Trachea eine Achse. Für diese Lagerung können eine Nackenrolle und ein weicher Kopfring zur Lagerung verwendet werden. Kommt dies nicht zum Einsatz, so „knickt“ das Kinn zum Brustkorb hin ab und beim Einschlafen verlegt sich der Atemweg. Magnetresonanztomographische (MRT) Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Säuglingen, die ohne diese Hilfsmittel auf dem Rücken liegen, der weiche Gaumen oder die Epiglottis die häufigste Ursache für eine Atemwegsverlegung sind und die Größe der Zunge eine untergeordnete Rolle spielt [2].

Bei der endotrachealen Intubation ist zu beachten, dass die eigentliche Enge des kindlichen Atemwegs bis etwa zum 8. Lebensjahr subglottisch liegt und eine ovale Form aufweist [3]. Passiert der Tubus ohne Schwierigkeiten die Stimmritze, so kann die folgende subglottische Enge die weitere Passage erschweren oder unmöglich machen. Ein zu groß gewählter Tubus oder mehrfache Intubationsversuche können nach Extubation zu ausgeprägtem Stridor mit schwerer Atemwegsobstruktion führen.

Durch Kompression der Trachealschleimhaut durch den Tubus kann eine lokale Inflammation und Ödembildung und bei lang dauernder Intubationspflichtigkeit irreversible Schädigung und Stenosierung hervorgerufen werden. Bei einem Durchmesser

des Lumens der Trachea von ca. 4 mm bei einem Säugling führt eine Schleimhautschwellung um 1 mm zu einem Anstieg des Atemwegswiderstands um den Faktor 16, beim Erwachsenen hingegen nur um den Faktor 3.

Physiologische Besonderheiten bei Kindern

Der Grundumsatz von Neugeborenen und Säuglingen ist aufgrund der raschen Gewichtszunahme im ersten Lebensjahr im Vergleich zum Erwachsenen deutlich erhöht. Dies äußert sich in einem erhöhten Sauerstoffbedarf (6-7 ml/kg/min vs. 3-4 ml/kg/min), in einer doppelt so hohen Kohlendioxidproduktion, in einer deutlich höheren alveolären Ventilation (100-150 ml/kg/min vs. 60 ml/kg/min) und in einer erhöhten Atemfrequenz (30-40/min Neugeborenes, 20-30/min Säugling).

Die Muskulatur des Zwerchfells und die interkostale Atemhilfsmuskulatur enthält bis zum zweiten Lebensjahr weniger Muskelfasern Typ 1, welche einen hohen Anteil an Atemarbeit ermöglichen [4]. Dieser Mangel führt bei Frühgeborenen und Säuglingen zu frühzeitiger Erschöpfung der Atmung in Situationen mit erhöhter Atemarbeit.

Die funktionelle Residualkapazität (FRC) bezogen auf das Körpergewicht und damit der potentielle Sauerstoffspeicher bei Apnoe ist bei Kindern und Erwachsenen etwa gleich. Die FRC ist im Verhältnis zu der erhöhten alveolären Ventilation bei Kindern deutlich erniedrigt. Dies erklärt den raschen Sättigungsabfall, der bei unzureichender Präoxygenierung, insuffizienter Maskenbeatmung oder Apnoe entsteht [5].

Techniken des Atemwegsmanagements

1. Maskenbeatmung

Das Beherrschen der Technik der Maskenventilation bei Säuglingen und Kindern ist die Grundvoraussetzung für die Arbeit in der Kinderanästhesie. Aufgrund anatomischer und physiologischer Besonderheiten neigen Kinder zu Apnoephasen, in denen eine suffiziente Maskenbeatmung notwendig wird. Zur Lagerung sollten ein Kopfring und eine Schulterrolle verwendet werden, um das Kind in die oben beschriebene „Schnüffel- oder Nullposition“ zu bringen. Damit befinden sich Pharynx, Larynx und Trachea in optimaler Lage zueinander und es kommt nicht per se zu einer Atemwegsverlegung. Neben der optimalen Lagerung ist für die Maskenventilation die Auswahl der richtigen Maske entscheidend. Nicht-vorgeformte runde Masken mit kleinem Totraum sind zu bevorzugen. Die Fingerposition des Anästhesisten ist wichtig für die optimale Position der Maske. Daumen und Zeigefinger umschließen die Maske, der kleine Finger hebt das Mandibulargelenk an, um das Zurückfallen der Zunge zu verhindern. Dabei ist ein schmerzhaftes Manipulieren an den Weichteilen des Halses, zu starker Druck auf den Unterkiefer oder das Überstecken des Kopfes zu vermeiden.

Ist mit dieser Technik eine suffiziente Maskenventilation nicht möglich, können weitere Manöver oder Hilfsmittel notwendig werden [2], wie

- CPAP (continuous positive airway pressure = kontinuierlich positiver Atemwegsdruck)
- nasopharyngealer Tubus (Wendl)
- oropharyngealer Tubus (Guedel).

CPAP kann bei dicht sitzender Maske die Weichteile des Pharynx und des Larynx leicht öffnen. Der Beatmungsspitzenwert sollte so niedrig wie möglich gehalten werden und 15-20 cm H₂O nicht übersteigen, um eine Luftinsufflation in den Magen zu vermeiden. Ein luftgefüllter Magen kann die Ventilation bei sehr kleinen Kindern stark einschränken

und durch Atelektasenbildung zur akuten Oxygenierungseinschränkung führen. Gelingt keine suffiziente Maskenbeatmung, so kann ein Wendltubus oder bei Choanalatresie ein Guedeltubus verwendet werden. Beide Hilfsmittel sollten aufgrund der erhöhten Verletzungsgefahr der Schleimhaut bei Kindern vor dem Einsatz angefeuchtet und äußerst zurückhaltend eingesetzt werden, v.a. bei einem Verdacht auf ein Trauma.

Die optimale Länge des Wendltubus entspricht dem Abstand vom Nasenflügel zum Ohrfläppchen. Die Spitze des Wendltubus sollte am Zungengrund aber oberhalb der Epiglottis liegen. Die optimale Länge des Guedeltubus erhält man durch Anhalten des Tubus an das Gesicht des Kindes, dessen Ende oberhalb der Epiglottis am hinteren Zungengrund liegen sollte.

2. Larynxmaske

Die klassische Larynxmaske (LM) wird in der Kinderanästhesie zunehmend häufiger eingesetzt. Sie bietet in vielen Fällen einen adäquaten Ersatz zur endotrachealen Intubation, ist ein schonendes Verfahren und kann die Häufigkeit postoperativer Atemwegskomplikationen reduzieren. Die LM schützt nicht vor einer Aspiration und ist bei erhöhter Aspirationsgefahr kontraindiziert.

Die LM ist in verschiedenen Größen (1-6) erhältlich und nach Gewicht des Patienten auszuwählen. Nicht immer „passt“ die LM gemäß den Gewichtsangaben. Unsere Erfahrung ist es, bei Spontanatmung eher die kleinere LM, bei kontrollierter Beatmung eine eher größere LM zu wählen.

Die Erhaltung der Spontanatmung ist für viele Eingriffe wünschenswert und verkürzt die Ausleitungszeit. Der Einsatz der LM Größe 1 bei Säuglingen zwischen 1-5 kg Körpergewicht (KG) bietet die Möglichkeit, auf die endotracheale Intubation zu verzichten. Der Einsatz der LM bei Frühgeborenen, z.B. zur Kryotherapie bei Frühgeborenenretinopathie oder zur Herniotomie, kann laut einzelner Fallsammlungen die Häufigkeit von postoperative Apnoen reduzieren. Die korrekte Positionierung ist jedoch umso schwieriger, je kleiner das Kind ist. Bei bronchoskopischer [6] und MRT-gesteuerter Kontrolle [7] hat sich gezeigt, dass trotz adäquater Ventilation die Lage nicht immer optimal ist.

Beim Einsetzen kann die LM entweder direkt vorgeschoben oder umgedreht in die Mundhöhle eingeführt und nach einer 180° Drehung im Bereich des hinteren Gaumen unter Verschieben platziert werden. Diese Rotationsmethode hat sich bei Säuglingen und Kleinkindern bewährt. Die LM kann vor oder nach der Exzitationsphase bei der Ausleitung entfernt werden. Es empfiehlt sich, den Cuff mit Luft gefüllt zu belassen, um Sekret oder Blut oberhalb der LM mit zu entfernen.

Bei Verwendung einer LM kommt es immer wieder zur Undichtigkeiten. Diese sind abhängig von der Größe und Position der LM. Eine Weiterentwicklung der LM ist die ProSeal™ Larynxmaske, die im Vergleich zur klassischen LM häufig besser abschließt und damit die kontrollierte Beatmung an der LM optimiert. Zudem hat die ProSeal™ LM einen zweiten Zugang zum Anlegen einer Magensonde bzw. zum Absaugen des Magens hat [8, 9]. Dies gilt bisher für Kinder > 5 kgKG. Daten zur Anwendung der ProSeal™ LM bei Kindern < 5 kgKG liegen bisher nicht vor.

3. Intubation

Die endotracheale Intubation bleibt der Standard zur Sicherung des Atemweges gegen Aspiration, bei der Notfallversorgung und bei der Beatmung kritisch kranker Kinder. Die Laryngoskopie sollte in der eingangs beschriebenen Lagerung (Nackenrolle, weicher Kopfring) durchgeführt werden. Bei Frühgeborenen und Säuglingen können sowohl gebogene Spatel nach Macintosh als auch gerade Spatel nach Miller der Größe 0 bis 1 verwendet werden. Das Laryngoskop sollte so gefasst werden, dass der kleine Finger des Intubierenden mobil ist und den Larynx durch leichten Druck von außen auf den Kehlkopf in die richtige Position bringen kann.

Die Größe des ungeblockten Tubus kann altersbezogen (>2 Jahre) mittels einer modifizierten folgenden Formel nach Cole [10] errechnet werden:

$$\text{Innendurchmesser (ID) (mm)} = 4,5 + \text{Alter}/4$$

Bei der Verwendung eines geblockten Tubus muss der Innendurchmesser um 0,5 bis 1 mm kleiner gewählt werden [11].

$$\text{ID (mm)} = 4 + \text{Alter in Jahren}/4$$

Hofer et al. [12] konnten zeigen, dass mit dieser Formel nur in 41% der Fälle die Tubusgröße korrekt bestimmt wird. Bei Kindern <2 Jahren ist die Größe des kleinen Fingers richtungweisend bei der Wahl der Größe des Tubus.

Der Einsatz von Tuben mit einer Blockmanschette (Cuff) erfolgte bisher ab dem 8-10. Lebensjahr. In diesem Alter verändert sich die Form des kindlichen Larynx von konisch nach zylindrisch. Die engste Stelle liegt dann auf Stimmbandebene. Dies macht den Einsatz eines geblockten Tubus zur Abdichtung der Atemwege erforderlich. In den letzten Jahren wurden die Vorteile (Tabelle 1) des Einsatzes eines geblockten Tubus auch bei Säuglingen und Kleinkindern immer deutlicher.

Zudem ist zu bedenken, dass die subglottische Enge eher oval ist und der Tubus kreisrund. Es ist schwierig aufgrund dieser Tatsache einen optimalen ungeblockten Tubus zu finden: bei einer kleineren Größe kommt es zu deutlicher Nebenluft, bei einer größeren Größe füllt der Tubus das gesamte Tracheallumen aus und übt Druck auf die Trachealschleimhaut aus. Aktuell sind Endotrachealtuben entwickelt worden, die den Anforderungen eines geblockten Tubus für Kinder entsprechen und den anatomischen Besonderheiten des kindlichen Atemwegs Rechnung tragen. Die Entwicklung des Microcuff Tubus™ [13] hat eine Reihe von Vorteilen: adäquate Glottistiefenmarkierung, subglottisch cufffreier Tubusschaft, kurzstreckiger Hochvolumen-Niederdruck-Cuff (ca. 10 cm H₂O) aus einer ultradünnen Polyurethanfolie, Verzicht auf das Murphy-Auge. Die im Folgenden beschriebenen Vor- und Nachteile sind theoretisch vorstellbar, der Nachweis steht derzeit jedoch noch aus.

Vorteile eines geblockten Tubus	Nachteile eines geblockten Tubus
<ul style="list-style-type: none"> • dichtes Beatmungssystem • konstantes Atemminutenvolumen • low-flow Anästhesie • Einsparung von Narkosegasen • geringere Umweltbelastung • zuverlässige CO₂-Messung • zuverlässiges Narkosegasmonitoring • Vermeidung von Tubuswechseln • verbesserter Aspirationsschutz 	<ul style="list-style-type: none"> • akute Schädigung des Larynx und der Trachea durch den Cuff und dessen Falten • Schleimhautödem • expiratorischer Stridor • chronische Schädigung der Trachea durch zu hohen Cuffdruck • narbige Stenosierung • kleinerer Innendurchmesser • höherer Atemwegwiderstand bei Spontanatmung

Tabelle 1: Vor- und Nachteile des Einsatzes eines geblockten Tubus in der Kinderanästhesie [u.a. 13].

Trotz der o.g. Bedenken bezüglich der Form der subglottischen trachealen Enge wird die korrekte Tubusgröße anhand des Ausmaßes der Nebenluft evaluiert. Ist der Durchmesser zu klein, kommt es zu deutlicher Nebenluft und eine suffiziente Beatmung ist nicht möglich. Ein Leckage bei einem Beatmungsdruck von 20 cm H₂O und größer zeigt an, dass der Tubus die richtige Größe hat. Besteht bereits ein Leck unter 17 cm H₂O, sollte ein Tubus der nächsten Größe verwendet werden. Wird ein Tubus mit einem zu großen

Durchmesser gewählt, entsteht ein Luftleck erst bei deutlich höherem Beatmungsdruck. Ein zu großer Tubus kann an der Trachealschleimhaut akut zu Schleimhautödem oder Mikroläsionen führen, die bei langfristige Einsatz eines zu großen Tubus zu narbigen Stenosen führen kann.

Die korrekte Tubustiefe lässt sich durch drei verschiedene Möglichkeiten bestimmen:

1. Auskultation
2. Verschwinden der Tubusspitze 2-3 cm unter der Stimmritze bzw. Verschwinden der Markierung (bei einigen Herstellern)
3. Errechnen der Tubustiefe nach einer Formel: **Tiefe (cm) = 3 x ID des Tubus in mm**

Die Auskultation in der vorderen Axillarlinie ist bei korrekter Anwendung eine sichere Methode zur Bestimmung der korrekten Tubustiefe. Bei Tubusfehlage im Ösophagus lässt sich bei Früh- und Neugeborenen über der Lunge fälschlicherweise ein beatmungsähnliches Geräusch auskultieren. Dabei wird jedoch kein endexpiratorisches Kohlendioxid gemessen. Zunehmende Zyanose, Bradykardie und aufgeblähtes Abdomen sind Warnhinweise und richtungsweisend. Sofortmaßnahmen sind Extubation, Maskenbeatmung, Magenentlastung per Sonde, denn ein geblähter Magen führt rasch zu einem Zwerchfellhochstand und zur akuten Verminderung der FRC.

Dislokationsgefahr:

Bei einer Tracheallänge von 2 cm (extremes Frühgeborenes) und 4 cm (reifes Neugeborenes) kann der Tubus bereits durch geringfügige Verschiebungen in einen Hauptbronchus vorgeschoben werden. Das äußert sich häufig in einer verminderten Sauerstoffsättigung, bleibt aber auch oft unerkannt. Die Folgen sind in jedem Fall die Bildung von Atelektasen.

Larynxtubus

Der Larynxtubus™ (LT) ist ein neu entwickeltes Hilfsmittel zur Sicherung des Atemweges und ermöglicht eine adäquate Ventilation bei Kindern und Erwachsenen während Allgemeinanästhesie. Richebé et al. [14] konnte bei 70 Kindern zeigen, dass das Einführen des LT in 78% der Fälle beim ersten, in 96% der Fälle beim zweiten Versuch gelang. Ähnlich Ergebnisse haben Genzwuerker et al. [15], bei einem Vergleich zwischen der klassischen LM und dem LT, wobei der LT den Atemweg besser abdichtet. Ausgenommen von dieser Erfolgsrate sind jedoch Kinder unter 12 kgKG. Welche Rolle der LT in der Kinderanästhesie in Zukunft spielen wird, ist zur Zeit noch nicht geklärt.

Komplikationen beim Atemwegsmanagement

Infekt der oberen Atemwege

Elektive Eingriffe müssen aufgrund einer akuten Atemwegsinfektion abgesetzt werden. Es werden jedoch immer wieder Kinder vorgestellt, die eine subakute Infektion der oberen Atemwege hatten oder haben und aktuell keinerlei Anzeichen für Fieber, eitriges Sekret oder produktiven Husten aufweisen. Hier müssen Vor- und Nachteile einer Allgemeinanästhesie genau abgewogen werden. Risikofaktoren für eine erhöhte Komplikationsrate müssen durch gezielte Fragen an die Eltern erhoben

werden:

- Ist das Kind zur Zeit erkältet?
- Hat es eine akute Nasenatmungsbehinderung und/oder eitriges Sekret?
- Hat es produktiven Husten?
- Wie lange ist/war das Kind krank?
- Wird in der Umgebung des Kindes geraucht?

Tait et al. [16] fanden bei 1.078 Kindern (1-18 Jahre) eine höhere Wahrscheinlichkeit von perioperativen Atemwegskomplikationen, wie z.B. Husten, Atemanhalten etc., wenn innerhalb von 4 Wochen nach einem Infekt der oberen Atemwege eine Narkose durchgeführt wurde. Parnis et al. [17] dagegen fanden bei 2.051 Kindern (<1-22 Jahre) keine erhöhte Inzidenz an Atemwegskomplikationen innerhalb von 6 Wochen nach einem Infekt, wobei kritisch bemerkt werden muss, dass viele Kinder mit einem Infekt nicht narkotisiert wurden.

Die Verwendung der LM scheint im Vergleich zur endotrachealen Intubation bei Infekten der oberen Atemwege vorteilhafter zu sein. Sowohl Tait et al. [16] als auch Parnis et al. [17] ermittelten eine geringere Komplikationsrate als bei der Intubation.

Vor diesem Hintergrund kann folgendes Vorgehen empfohlen werden: Nach einem akuten Infekt der oberen Atemwege sollte ein Abstand von 4 Wochen zu einem elektiven Eingriff eingehalten werden; ist der Eingriff nicht aufschiebbar, so sollte - wenn möglich - eine Larynxmaske verwendet werden [18].

Atemwegsobstruktion

Die perioperative Atemwegsverlegung ist eine der häufigsten Komplikationen in der Kinderanästhesie. Es gibt vier wichtige Differentialdiagnosen [19]:

1. extrathorakale Atemwegsverlegung
2. Laryngospasmus
3. Bronchospasmus
4. Postextubations-Croup

Extrathorakale Atemwegsverlegung

Die Symptome der extrathorakalen Atemwegsverlegung sind interkostale Einziehungen, paradoxe Atmung und Sättigungsabfall. Sie beginnen sofort, ausgelöst durch das Zurückfallen der Zunge oder durch Sekretverlegung. Es ist ein inspiratorischer Stridor zu hören. Das Atemgeräusch über der Lunge ist meist normal. Therapeutisch muss neben der Sauerstoffgabe mittels Esmarch-Handgriff der Atemweg frei gemacht und ggf. Sekret abgesaugt werden. Es können Hilfsmittel, wie ein Wendltubus eingesetzt werden.

Laryngospasmus

Der Laryngospasmus ist ein wichtiger Selbstschutzmechanismus der glottischen und supraglottischen Adduktoren der Larynxmuskulatur, welcher durch einen partiellen oder kompletten Verschluss der Stimmritze die Inspiration beeinträchtigt oder verhindert. Die häufigsten Ursachen sind die Irritation des Larynx durch Blut oder Sekret oder die Extubation in der Exzitationsphase. Klinisch zeigt sich bei partiellem Larynxverschluss ein ausgeprägter inspiratorischer Stridor oder ein Quietschen bei fehlendem Atemgeräusch über der Lunge. Die Therapie ist die Sauerstoffgabe und Maskenbeatmung mit PEEP (positive end-expiratory pressure = positiver endexpiratorischer Druck). Gelingt damit keine ausreichende Oxygenierung, sollte die Narkose vertieft werden: bei partiellem Verschluss mit Sevofluran, bei totalem Verschluss des Larynx mit Propofol (1-2 mg/kg). Ist eine sofortige Intubation zwingend, kann dies nach Propofol- oder Succinylcholingabe erfolgen [19].

Bronchospasmus

Die Symptome des Bronchospasmus sind expiratorischer Stridor, leises Atemgeräusch mit Giemen und ein verlängertes Expirium. Anamnestisch besteht häufig ein hyperreagibles Bronchialsystem. Therapeutisch ist neben der Sauerstoffgabe die Vernebelung und Inhalation von Adrenalin oder einem beta-2 Sympathomimetikum indiziert.

Postextubations-Croup

Der Postextubations-Croup beginnt verzögert, ist durch massiven Husten und in- und expiratorischen Stridor gekennzeichnet. Mehrfache oder auch traumatische Intubation, ein Tubus mit zu großem Durchmesser, zu hoher Cuffdruck und eine lange Intubationsdauer sind Risikofaktoren. Therapeutisch ist die Vernebelung und Inhalation von Adrenalin indiziert.

Eine schwere Komplikation der Atemwegsobstruktion ist das postobstruktive Lungenödem. Es entsteht durch Wirkung negativer intrathorakaler Drucke gefolgt von einem starken Anstieg des venösen Rückflusses, wenn Inspirationsversuche bei verschlossenem Larynx oder bei Totalokklusion des Tubus stattfinden. Dies kann zu einer raschen Transsudation von Flüssigkeit in die Alveolen führen. Klinisch zeigt sich eine Hypoxämie und blutig-pinkfarbenes schaumiges Sekret. Im EKG ist keine kardiale Ursache für das Lungenödem nachweisbar. Unter Sicherstellung kontinuierlicher positiver Atemwegsdrucke (CPAP bzw. PEEP-Beatmung) und ggf. Furosemidgabe erholen sich die Kinder meist innerhalb von 12-24 h.

Aspiration

Die pulmonale Aspiration ist eine seltene und ernste perioperative Komplikation in der Kinderanästhesie, die Inzidenz liegt in retrospektiven Studien bei <0,1% [u.a. 20]. Ein hohes Risiko haben Kinder mit Ileussyndromatik, akutem Abdomen, z.B. durch Darmvolvulus oder – invagination, gastro-ösophagealen Reflux, Pylorusstenose, Kinder nach Trauma oder mit Hodentorsion. Es gibt wenig gesicherte Daten, welches Management das Aspirationsrisiko verringert. Im Arbeitskreis „Kinderanästhesie“ der DGAI sind aktuell Handlungsempfehlungen entworfen worden, aus welchen die folgenden Informationen entnommen sind.

Prophylaxe der Aspiration:

1. Nüchternheitsgebote einhalten (bis 2 h klare Flüssigkeit, bis 6 h feste Nahrung/ Milch, bei Säuglingen < 6 Monate bis 4 h präoperativ Milch)
2. Überblähung des Magens vermeiden
3. bei Obstruktion des Magen-Darm Traktes Anlage einer Magensonde und Entfernung vor Narkoseeinleitung
4. Oberkörperhochlagerung
5. keine Manipulation ohne ausreichende Narkosetiefe
6. Ileuseinleitung.

Weitere Adjuvantien, wie Antazida, Gastrokinetika oder H₂-Rezeptorenblocker können auf der Grundlage publizierter Daten bisher nicht empfohlen werden.

Bei Trauma, auch Bagatelltraumen, ist die Zeitspanne ab Nahrungsaufnahme bis zum Unfall entscheidend, ob der Magen entleert ist oder nicht. So ist ein Kind zum Beispiel als nicht nüchtern zu betrachten und aspirationsgefährdet, wenn zwar ein 6-stündiger Abstand zwischen Nahrungsaufnahme und Operation besteht, aber der Unfall in der Zwischenzeit stattfand.

Ileuseinleitung/ Rapid Sequence Induction

Besteht eine Aspirationsgefahr, muss unabhängig vom Lebensalter mittels Intubation der Atemweg gesichert werden. Es gibt keine Standardtechnik der Ileuseinleitung. Elemente, wie Präoxygenierung, intravenöse Einleitung, rasche Muskelrelaxation und der Verzicht auf Maskenventilation bis zur Sicherung des Atemwegs sind allgemein anerkannt. Der Cricoiddruck kann nicht mehr empfohlen werden, da er Würgen und Erbrechen induzieren kann und die Intubationsbedingungen deutlich verschlechtert. Bei Säuglingen und Kindern ergeben sich jedoch spezielle Probleme bei der Ileuseinleitung. Eine fest sitzende Maske zur Präoxygenierung wird nur mäßig oder gar nicht toleriert.

Hinzu kommt die eingangs beschriebene Verminderung der FRC im Verhältnis zur alveolären Ventilation. Somit ergibt sich bei der Ileuseinleitung eine deutlich erhöhte Hypoxiegefahr im Vergleich zu Erwachsenen. Als Konsequenz sollte die Intubation bei einer Ileuseinleitung nur durch einen erfahrenen Anästhesisten/-in durchgeführt werden. Zur Ileuseinleitung werden nach wie vor häufig Thiopental und Succinylcholin verwendet. Das Anwenden von Succinylcholin ermöglicht bei schnellem Wirkungseintritt (<40s) sehr gute Intubationsbedingungen. Aufgrund der Nebenwirkungen, wie Bradykardie bis zur Asystolie, Anaphylaxie, Hyperkaliämie, Rhabdomyolyse v.a. bei dystrophen Muskelerkrankungen oder Maligner Hyperthermie wird der Einsatz in der Kinderanästhesie intensiv diskutiert [21]. Alternativen werden von Sparr und Jöhr [21] ausführlich betrachtet.

Therapie der Aspiration:

Besteht jedoch der Verdacht auf eine pulmonale Aspiration, sollte das Kind, wenn noch nicht geschehen, intubiert werden. Oropharynx und Magen sollten abgesaugt und eine Bronchoskopie durchgeführt werden. Eine arterielle Blutgasanalyse bei reiner Sauerstoffbeatmung zeigt das Ausmaß der Schädigung der alveolarkapillären Einheit. Die Beatmung mit PEEP und eine Lagerungstherapie führt zur Wiedereröffnung kollabierter Lungenbezirke. Dies ist auch bei Kindern therapeutisch indiziert. Die Operation sollte in Abhängigkeit der Dringlichkeit und des klinischen Zustandes des Kindes durchgeführt werden. Die Extubation kann bei unauffälliger Oxygenierung vorgenommen werden.

Eine Röntgen Thorax Aufnahme wird nur bei klinischer Symptomatik (Nasen“flügeln“, Einziehungen, starker Husten, Zyanose) und/oder eingeschränkter Oxygenierung empfohlen und ist zur Diagnose Aspiration wenig hilfreich. Das Kind sollte bei Verdacht auf Aspiration 24h auf einer Intensivstation überwacht werden. Eine kalkulierte Antibiotikatherapie ist nur bei klinischem, laborchemischen und/oder bildgebendem Verdacht einer Infektion oder bei Aspiration von hochinfektiösem Material indiziert.

Der schwierige Atemweg – fiberoptische Intubation

Die primäre fiberoptische Intubation ist bei bekannt schwierigem Atemweg, der häufig bei kraniofazialen Syndromen (Tab. 2) auftritt, indiziert und sollte bei Kindern mit schwerer Ausprägung des Syndroms primär geplant werden.

Kraniofaziales Syndrom	Klinische Charakteristiken
Pierre-Robin-Sequenz	Mikrognathie, Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, Glossoptosis
Goldenhar Syndrom	Uni- oder bilaterale Mandibularhypoplasie, Mikrophtalmie
Treacher-Collins Syndrom (syn. Franceschetti Syndrom)	Hypoplasie der Mandibel und Maxilla, Mikrognathie, verschiedene Augen- und Ohrendeformitäten
Cornelia de Lange Syndrom	Mikrognathie, Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, kurzer Hals, Fehlbildung der Extremitäten, psychomotorische Retardierung
Stickler Syndrom	Mandibularhypoplasie, Gelenksteifigkeit, Netzhautablösung
Mucopolysaccharidosen z.B. M. Pfaundler-Hurler	Dysproportionales Wachstum, Makroglossie

Kraniofaziales Syndrom	Klinische Charakteristiken
Beckwith-Wiedemann	Makroglossie, Organomegalie, Omphalocele, Hypoglykämie
Klippel-Feil Syndrom	Zerviko-vertebrale Fusion der Wirbelkörper

Tabelle 2: Beispiele für Syndrome, die mit einem schwierigen Atemweg einhergehen können und deren klinische Besonderheiten.

Die fiberoptische Intubation bei Kindern erfolgt in Narkose und über eine zuvor platzierte LM. So konnte in einer prospektiven Studie an 34 Kindern mit schwierigem Atemweg gezeigt werden, dass diese Technik eine sichere und schonende Methode zur Sicherung des Atemweges ist [22]. Hilfsmittel, wie Tube-Exchanger oder Führungsdrähte, die als Schiene für den Tubus dienen, können die kindliche Trachea verletzen. Wir empfehlen den Einsatz eines Bronchoskops als Schiene für den Tubus. Wichtig ist, jeden der folgenden Schritte mit Bedacht zu gehen und sicherzustellen, dass eine suffiziente Maskenbeatmung und/oder eine Beatmung über die LM möglich ist, um bei Versagen der fiberoptischen Intubationstechnik jederzeit eine Beatmungsoption zu haben.

Der konkrete Ablauf der fiberoptischen Intubation ist in unserer Abteilung wie folgt: Zuerst prüfen, ob der gewünschte Tubus, die LM und das Bronchoskop zueinander passen. Nach Narkoseeinleitung per Inhalationem mit Sevofluran wird eine LM platziert, ein venöser Zugang gelegt und eine Remifentanil-Infusion mit $0,1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ gestartet. Ziel ist es, das Kind mit der LM in Spontanatmung zu halten. Es wird dann ein 90°-Winkeladapter mit einem Absaugventil auf die LM gesteckt, und die Beatmungsschläuche werden konnektiert. Auf das vorbereitete Bronchoskop (Bildschärfe einstellen, Weißabgleich durchführen, „Antibeslag“ und Silikon Spray auf das Bronchoskop aufbringen, Absaugung kontrollieren) wird der Tubus ohne Tubusadapter aufgefädelt. Das Bronchoskop wird über Winkeladapter und LM in die Trachea eingeführt. Das Ventil am Winkeladapter wird aufgeschnitten und der Endotrachealtubus über das Bronchoskop und die LM in die Trachea vorgeschoben.

Das Bronchoskop wird aus dem Tubus herausgezogen, der Tubusadapter aufgesetzt und das Kind nach Anschluss an das Beatmungssystem ventiliert. Eine suffiziente Ventilation muss nun möglich sein. Anschließend wird der Tubusadapter erneut entfernt und die LM über den Tubus herausgezogen. Dabei hat es sich bewährt, den Tubus mit einer chirurgischen Endoskopie-Pinzette zu fixieren, um beim Entfernen der LM den Tubus in seiner Position zu halten. Es kann auch ein zweiter Tubus der gleichen Größe auf den endotrachealen Tubus aufgesetzt werden und damit als überlange Führung dienen. Zu keinem Zeitpunkt besteht die Gefahr der Hypoxie, da die Ventilation entweder über die LM oder den Tubus sichergestellt ist. Die notwendige Dämpfung der Atemwegsreflexe erfolgt durch das Inhalationsanästhetikum Sevofluran und durch das Opioid Remifentanil.

Vorgehen beim unerwartet schwierigen Atemweg

Die Einteilung des schwierigen Atemwegs erfolgt nach der ASA Task-Force [23] in schwierige Maskenbeatmung, schwierige Laryngoskopie, schwierige endotracheale Intubation und unmögliche konventionelle Intubation.

Kommt es zu einer Situation mit einem unerwartet schwierigen Atemweg, so ist unser Algorithmus dem der ASA Task Force [23] angelehnt.

Ist nach Optimierung der Lagerung und Einsatz eines Wendltubus eine suffiziente Maskenventilation nicht möglich, wird eine LM der richtigen Größe eingesetzt und Hilfe geholt. In den meisten Fällen ist damit eine suffiziente Oxygenierung sichergestellt. Ist

mit der LM keine suffiziente Ventilation möglich, so muss versucht werden, das Kind zu intubieren. Ist dies nicht möglich, so müssen sogenannte nichtinvasive Hilfsmittel, wie der Kombitubus (erst bei Kindern > 120 cm) oder die transtracheale Jetventilation zum Einsatz kommen. Ist damit keine Ventilation möglich, so bleibt als letzter Ausweg ein invasiver Zugang wie die Nottracheotomie/Koniotomie.

Tritt der unerwartet schwierige Atemweg beim Intubationsversuch auf, so wird nach erneuter Maskenventilation eine LM eingesetzt. Mit Hilfe der fiberoptischen Intubation über die LM ist die Situation in der Regel zu beherrschen. Ansonsten ist das Vorgehen entsprechend dem bei unmöglicher Maskenventilation.

Literatur

1. Eckenhoff JE: Some anatomic considerations of the infant larynx influencing endotracheal anesthesia. *Anesthesiology* 1951; 12: 401-410
2. Litman RS: Pediatric airway management. In Litman RS, *Pediatric anesthesia: the requisites in anesthesia*. 1st ed. Elsevier, Philadelphia. 2004; pp 122-126
3. Coté CJ, Todres ID: The pediatric airway. In Coté CJ, Ryan JF, Todres ID et al. (eds): *A practice of anesthesia for infants and children*. WB Saunders, Philadelphia. 1992; p 55
4. Keens TG, Bryan AC, Levison H, Ianuzzo CD: Developmental pattern of muscle fiber types in human ventilatory muscles. *J Appl Physiol* 1978; 44: 909-913
5. Patel R, Lenczyk M, Hannallah RS, McGill WA: Age and the onset of desaturation in apnoeic children. *Can J Anesth* 1994; 41: 771-774
6. Dubreuil M, Laffon M, Plaud B, Penon C, Ecoffey C: Complications and fiberoptic assessment of size 1 laryngeal mask airway. *Anesth Analg* 1993; 76: 527-529
7. Goudsouzian NG, Denman W, Cleveland R, Shorten G: Radiologic localization of the laryngeal mask airway in children. *Anesthesiology* 1992; 77: 1085-1089
8. Lopez-Gil M, Brimacombe J, Garcia G: A randomized non-crossover study comparing the ProSeal™ and Classic™ laryngeal mask airway in anesthetized children. *Br J Anaesth* 2005; 95: 827-830
9. Goldmann K, Roettger C, Wulf H: The size 1 1/2 ProSeal™ laryngeal mask airway in infants: a randomized, crossover investigation with the classic™ laryngeal mask airway. *Anesth Analg* 2006; 102: 405-410
10. Cole F: Pediatric formulas for the anesthesiologist. *Am J Dis Child* 1957; 94: 672- 673.
11. Khine HH, Corrdry DH, Kettrick RG, Martin TM, McCloskey JJ, Rose JB, Theroux MC, Zagnoev M: Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology* 1997; 86: 627-631
12. Hofer CK, Ganter M, Tucci M, Klaghofer R, Zollinger A: How reliable is lengthbased determination of body weight and tracheal tube size in the pediatric age group? The Broselow tape reconsidered. *Br J Anesth* 2002; 88: 283-285
13. Weiss M, Dullenkopf A, Gerber AC: Der Microcuff Pädiatrietubus. *Anästhesist* 2004; 53: 73-79
14. Richebé P, Semjen F, Cros AM, Maurette P: Clinical assesment of the laryngeal tube in pediatric anesthesia. *Ped Anesth* 2005; 15: 391-396
15. Genzwuerker HV, Fritz A, Hinkelbein J, Finteis T, Schlaefer A, Schaeffer M, Thil E, Rapp HJ: Prospective, randomized comparison of laryngeal tube and laryngeal mask airway in pediatric patients. *Ped Anesth* 2006; 16: 1251-1256
16. Tait AR, Malviya S, Voepke-Lewis T, Munro HM, Seiwert M, Pandit UA : Risk factors for perioperative adverse respiratory events in children with upper airway tract infection. *Anesthesiology* 2001; 95: 299-306
17. Parnis SJ, Barker DS; Van der Walt JH: Clinical predictors of anesthetic complications in children with respiratory tract infection. *Pediatr Anesth* 2001; 11: 29-40
18. Tait AR, Pandit UA, Voepke-Lewis T, Munro HM, Malviya S: Use of the laryngeal mask airway in children with upper respiratory tract infection: a comparison with endotracheal intubation. *Anesth Analg* 1998; 86: 706-711
19. Gries A, Motsch J, Ulmer HE, Springer W: Narkoseausleitung beim Kleinkind. *Anästhesist* 2003; 52: 127-131
20. Borland LM, Sereika SM, Woelfel SK, Saitz EW, Carrillo EA, Lupin JL, Motoyama EK: Pulmonary aspiration in pediatric patients during general anesthesia: incidence and outcome. *J Clin Anesth* 1998; 10: 95-102
21. Sparr HJ, Jöhr M Succinylcholin – Update. *Anästhesist* 2002; 51: 565-575
22. Walker RW: The laryngeal mask airway in the difficult paediatric airway: an assesment of positioning and use in fiberoptic intubation. *Ped Anaesth* 2000; 10: 53-58
23. American Society of Anesthesiologists task force on management of the difficult airway: Practice guidelines for management of the difficult airway. *Anesthesiology* 2003; 98: 1269-1277.