

Algorithmen bei Kindern

Dr. med. Andreas Machotta, D.E.A.A., Department of Anesthesiology, Sophia Children's Hospital, Edinburgh (UK)

a.machotta@erasmusmc.nl

Netherlands, a.machotta@erasmusmc.nl, www.machotta.com
Department of Anaesthesia, Royal Aberdeen Children's Hospital, UK

1. Einleitung

Atemwegsprobleme sind eine relevante Ursache für perioperative Morbidität und Mortalität bei sonst gesunden Kindern.[1,2] Die Ursachen hierfür sind die geringen Apnoetoleranz und die sich daraus ergebende Notwendigkeit Atemwegsprobleme in kurzer Zeit beherrschen zu müssen. Ein einfacher, zeitsparender und kindgerechter Algorithmus, zusammen mit dem entsprechenden Training, kann die atemwegsbedingte Morbidität und Mortalität von Kindern verhindern.

1.1. Kleine Atemwege verursachen große Probleme

Atemwegsprobleme bei Kindern sind ein wesentlicher Grund für den perioperativen Kreislaufstillstand. Atemwegsobstruktionen bei Kindern führen schnell zu Hypoxie und Bradykardie. Der Grund liegt in einer verringerten Sauerstoffreserve bei erhöhtem Sauerstoffbedarf im Vergleich zu Erwachsenen. [3,4] Je kleiner und jünger der Patient ist, desto kürzer ist die Zeitspanne, um das zugrunde liegende Problem zu lösen. Deswegen sind Neugeborene und kleine Kinder eine besondere Risikogruppe. [5,6]

1.2. Derzeitige Lösungen

Mittlerweile gibt es eine große Anzahl von Algorithmen für den schwierigen Atemweg bei Kindern in verschiedenen Formaten und Sprachen, meistens jedoch adaptiert von Algorithmen von Erwachsenen. Das Ergebnis ist oft ungeeignet, um die spezifischen Probleme von Kindern zu lösen. Andererseits haben verschiedene pädiatrisch-anästhesiologische Fachgesellschaften ihre eigenen „Expert-opinion-based“ Algorithmen publiziert, die meist nicht untereinander kompatibel sind. Hinzu kommen die unterschiedlichen medizinischen und chirurgischen Gesellschaften mit eigenen Leitlinien. Das alles macht es für den Praktiker schwierig, eine eigene adäquate Lösung zu finden.

2. Prinzipien für einen universellen Algorithmus „Schwieriger Atemweg bei Kindern“

2.1. Einfachheit

Für einen wenig erfahrenen Kollegen kann das Atemwegsmanagement bei einem kleinen Kind eine Stress-Situation sein. Ein plötzlich auftretendes Atemwegsproblem, verbunden mit Hypoxie und Bradykardie verstärkt den Stress und kann zu einer Situation führen, in der

Entscheidungen nicht mehr getroffen werden können. [7] Eine Lösung für eine solch kritische Situation verlangt ein strukturiertes Vorgehen. Es sollte folgende sechs Kriterien enthalten:

- Einfach und intuitiv
- Vorwärts gerichtet
- Einfach zu merken
- Einfach auszuführen
- „Open Box“
- Auf alle Situationen anwendbar

Ein einfacher, vorwärts gerichteter „step by step“ und leicht zu merkender Algorithmus verringert den Einsatz kognitiver Funktionen in einer kritischen Situation. Es befähigt den Anwender sich auf die einzelnen Schritte zu konzentrieren ohne abgelenkt zu werden. Die Forderung nach einer „Open Box“ erlaubt es, den Algorithmus so anzupassen, dass die lokal vorhandene Expertise sich als Teil der Problemlösung wiederfindet. Nur so kann ein Algorithmus innerhalb der verschiedenen Disziplinen Akzeptanz finden.

Dabei sollten die folgenden drei unterschiedlichen klinischen Situationen behandelt werden:

1. Das gesunde Kind mit einem unerwartet schwierigen Atemweg
2. Das Kind mit einem bisher unauffälligen Atemweg, welches nun ein akutes Atemwegsproblem hat, z.B. Stridor, akute Epiglottitis oder eine Fremdkörperaspiration
3. Das Kind mit einem bekannten schweren Atemwegsproblem, wie ein Treacher-Collins-Syndrom, eine Pierre-Robin Sequence oder eine andere kraniofaziale Fehlbildung mit Beteiligung der Atemwege

2.2. Prävention und klinische Beurteilung

Vor jeder Anästhesie sollte eine kurze klinische Untersuchung mit besonderem Fokus auf den Atemweg stattfinden. Zeichen der Atemwegsobstruktion sind Stridor, suprasternale Einziehungen, Apnoe-Episoden, Dyspnoe oder Zyanose. Subtile kraniofaziale Abweichungen können leicht übersehen werden. Auch diese können auf Atemwegsprobleme hinweisen.

2.3. Deutliche Trennung von Atemwegsproblemen: Beatmung vs. Intubation

Oxygenation und (Masken)-Beatmung rettet Leben. Sie ist die Schlüsseltechnik zur Bewältigung eines schwierigen Atemweges. Eine große Kohorten Studie zeigt deutlich, dass durch die Erkennung und Behandlung einer anatomischen oder funktionellen Atemwegsobstruktion eine effektive Beatmung fast immer erreicht werden kann.[8]

Im Gegensatz dazu kann die endotracheale Intubation sehr schwierig sein und bei kleinen Kindern oder Kindern mit Mittelgesichtssyndromen eine Herausforderung bedeuten.[9,10] Es besteht Uneinigkeit über die beste Intubationstechnik, aber es ist deutlich, dass wiederholte Intubationsversuche eine Situation verschlimmern können.[8]

2.4. "Das Kind aufwachen lassen" ist keine Option!

Auch trotz Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff haben Kinder eine verringerte Sauerstoffreserve und eine kleine Apnoetoleranz. [3,4] Eine schwere Atemwegsobstruktion, verbunden mit einer CO₂-Retention führt zu einer signifikanten respiratorischen Azidose. Hypoxie verursacht eine metabolische Azidose. Es gibt keinen Fallbericht, in dem ein schwer hypoxisches, bradykardes und azidotisches Kind mit einer prolongierten Atemwegsobstruktion spontan wieder zu einer suffizienten Atmung mit gutem neurologischen Ausgang zurückkehrt.

2.5. Erkennung und Behandlung der Atemwegsobstruktion

Eine Obstruktion der Atemwege ist die häufigste Ursache für eine perioperative Hypoxie. Um diese Situation erfolgreich behandeln zu können ist es unerlässlich zwischen den zwei möglichen Mechanismen zu unterscheiden: [10]

Das erste ist die mechanische oder anatomische Obstruktion des Atemweges und erfordert eine physische, manuelle Intervention des behandelnden Kollegen.

Die zweite Möglichkeit ist eine funktionelle Atemwegsobstruktion, die, im Gegensatz dazu, durch die Applikation eines Medikaments behandelt werden muss. Die folgende Tabelle zeigt die möglichen Ursachen der Atemwegsobstruktion und deren Behandlung.

Anatomische/Mechanische Atemwegsobstruktion	
Ursache	Behandlung
Insuffiziente Maskenbeatmung	Zwei Hand/Personen Technik
Inadäquate Kopfposition	Positionieren, Schulterpolster
Große Adenoide/ Tonsillen, Adipositas	Oro- oder Nasopharyngealer Tubus
Sekret, Blut, Fremdkörper	Supraglottische Atemwegshilfe
	Absaugen, Entfernen
Funktionale Atemwegsobstruktion	
Ursache	Behandlung
Oberflächliche Anästhesie	Vertiefung, Anästhetika
Laryngospasmus	Propofol, Muskelrelaxans
Muskelrigidität	Muskelrelaxans
Bronchospasmus	Beta-Mimetika
Tab.1: Mechanisch/anatomisch und funktionale Atemwegsobstruktion	

2.5.1. Mechanische oder anatomische Atemwegsobstruktion

Die Ursache hierfür ist meist eine unzureichende anästhesiologische Technik, wie schlechte Kopfposition, falsche Größe der Gesichtsmaske oder das Vorhandensein von großen Adenoiden oder Tonsillen.

Anatomische oder mechanische Atemwegsobstruktionen verlangen die manuelle Intervention des behandelnden Kollegen.

Hierunter versteht man das "Triple airway manœuvre"(head-tilt, chin-lift, jaw-thrust), der Einsatz von naso- oder oropharyngealen Tuben, und ggf. das Absaugen des Magens. Saliva, Blut, Erbrochenes oder supraglottische Fremdkörper verlangen Entfernung und sorgfältiges Absaugen unter direkter Sicht. **(Plan A)**.

Falls keine anatomische oder mechanische Obstruktion auch bei direkter Laryngoskopie sichtbar ist, und das Kind nicht intubiert werden kann, sollte eine Larynxmaske oder ein anderes supraglottisches Hilfsmittel eingesetzt werden. **(Plan B)** [12]

2.5.2. Funktionelle Atemwegsobstruktion

Eine funktionelle Atemwegsobstruktion kann oberhalb oder unterhalb der Glottis auftreten. Die Ursache für eine Obstruktion oberhalb der Glottis kann eine unzureichende Narkosetiefe, ein Laryngospasmus oder ein Opioid-induzierter Glottisverschluss sein.[13] Die funktionelle untere Atemwegsobstruktion wird hervorgerufen durch einen Bronchospasmus bei Kindern mit Atemwegsinfektion, ein hyperreaktivem Bronchialsystem oder durch eine Thoraxrigidität durch Opioide.

Eine funktionelle Atemwegsobstruktion muss immer mit einem Medikament behandelt werden

Anästhetika, wie Propofol können bei sonst gesunden, Kreislauf stabilen Kindern eine unzureichende Narkosetiefe oder einen Laryngospasmus beheben. Vorsicht ist geboten bei bradykarden Patienten. Muskelrelaxantien sind eine Alternative bei allen funktionellen Atemwegsobstruktionen, mit Ausnahme des Bronchospasmus. Hier sind Betamimetika indiziert. Adrenalin kann einen hypoxischen Kreislaufstillstand durch einen Bronchospasmus verhindern. Muskelrelaxantien sollten immer zuerst appliziert werden, um eine akute funktionelle Atemwegsobstruktion zu beherrschen, bevor eine chirurgischen Atemweg, wie eine Cricothyroidotomie oder Not-Tracheotomie erwogen wird.[14]

3. Strukturierter Algorithmus

3.1. „Open Box“ und lokale Expertise

Ein universell anerkannter, akzeptierter und implementierbarer Algorithmus für den schwierigen Atemweg bei Kindern braucht die Einbeziehung von lokaler Expertise und örtlich vorhandenen Ressourcen und Bedingungen. Der folgende einfache „Open-Box“-Algorithmus soll als Vorschlag verstanden werden:

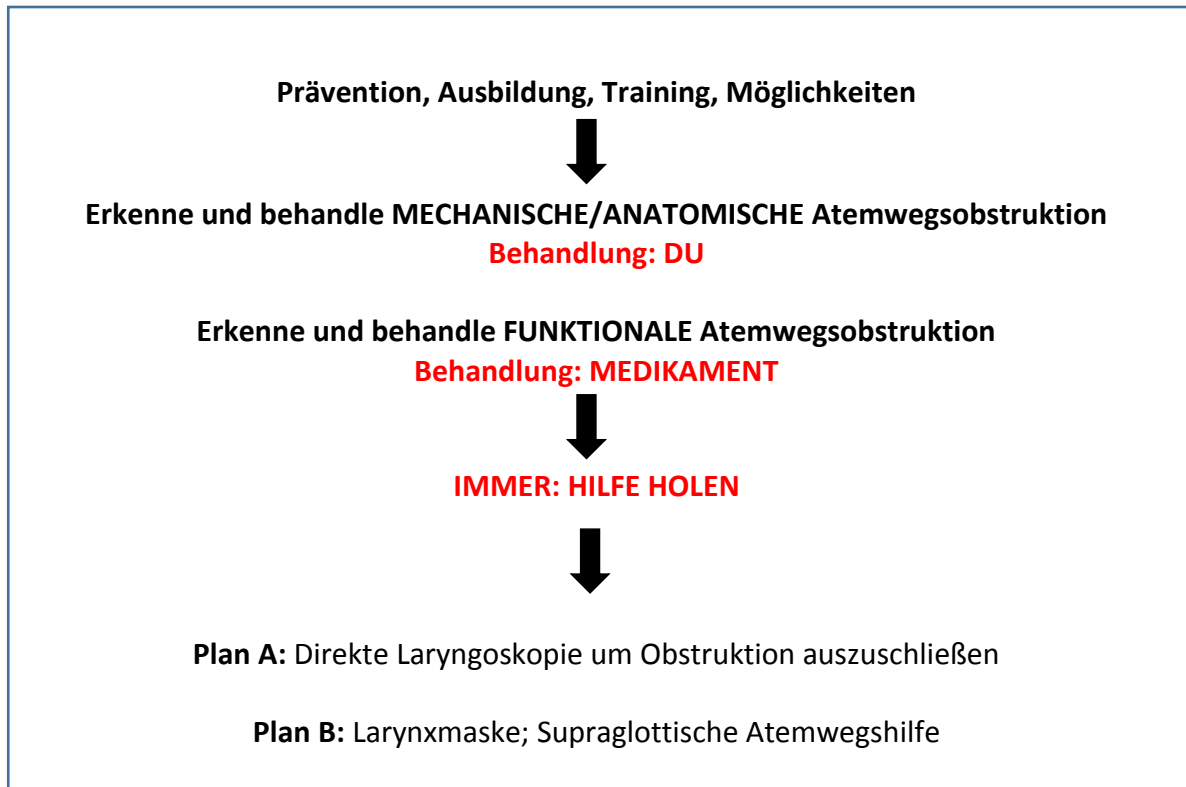


Fig. 1.: Vorschlag für einen einfachen „Open-Box“-Algorithmus

3.2. Endotracheale Intubation und chirurgischer Atemweg versus Oxygenation und Ventilation

Die endotracheale Intubation von kleinen Kindern verlangt technische Fertigkeit und Erfahrung. Speziell in einer Notfallsituation kann diese nur dann gelingen, wenn die Anwender durch regelmäßiges Training und Supervision geschult sind und durch regelmäßige Praxis über die nötige Expertise verfügt. Deswegen ist es nicht sinnvoll die endotracheale Intubation in einem Algorithmus fest zu schreiben, der für alle Fachdisziplinen, wie Pädiater, pädiatrische Anästhesisten und andere gelten soll. Erfolg versprechender ist für diese Situationen ein „Open Box Algorithmus“, der die Expertise und die Möglichkeiten der jeweiligen medizinischen Einheit berücksichtigt. Im Gegensatz zur endotrachealen Intubation ist die Ventilation und Oxygenation sicherer, potentiell weniger traumatisch und im Endeffekt lebensrettend. Eine effektive Maskenbeatmung und der Einsatz der Larynxmaske

oder einer anderen supraglottischen Atemwegshilfe kann auch bei kleinen Kindern von allen Spezialisten erlernt werden.

3.3. Der chirurgische Atemweg “Emergency Front of neck Access” (FONA)

Der chirurgische Atemweg, also die Cricothyroidotomie und Notfalltracheotomie wird häufig als letzte Rettung propagiert, um eine “Cannot ventilate/cannot intubate“-Situation zu beherrschen.[15] Dies kann bei Erwachsenen gelingen, bei Kindern ist dies auf Grund der kurzen Apnoetoleranz und der veränderten anatomischen Verhältnisse wenig erfolgreich. In einer großen Kohortenstudie konnte gezeigt werden, dass FONA in ca. 2% der Fälle eingesetzt wurde mit einer erheblichen Mortalität und Morbidität.[8]

FONA ist eine Möglichkeit in einer verzweifelten Situation. Bei Kindern ist FONA keine effektive Behandlungsoption.[16]

3.4. Nicht-erwarteter, vermuteter und erwarteter schwieriger Atemweg

Wie in 2.1 bereits beschrieben geht eine pragmatische Einteilung des schwierigen Atemweges von folgenden drei Kategorien aus:

1. Das vollkommen gesunde Kind, welches plötzlich perioperativ einen unerwartet schwierigen Atemweg bietet.
2. Das Kind mit einem bisher unauffälligen Atemweg, welches nun ein akutes Atemwegsproblem hat z.B. einen Stridor.
3. Das Kind mit einem bekannten schweren Atemwegsproblem, z.B. ein Treacher-Collins Syndrom.

Abhängig davon, wie dringend die Situation sich darstellt, ergeben sich die folgenden Behandlungsmöglichkeiten:

- Sofortiges Handeln, „Open-Box“ Algorithmus (Kat. 1)
- Behandlung durch Kollegen mit der größten Expertise (Kat. 1 und 2)
- Sorgfältige Planung und Überweisung an ein spezialisiertes Zentrum (Kat. 1 und 2)

Kinder der Kategorie 2, mit einem bisher unauffälligen Atemweg, welche nun ein akutes Problem bieten, müssen immer von dem pädiatrischen Anästhesisten mit der größten Erfahrung behandelt werden. Dies gilt auch für Kinder der Kat. 3. Sollte die Expertise und die notwendige Ausstattung nicht vorhanden sein, so muss das Kind, falls keine lebensbedrohliche Situation vorliegt, an ein spezialisiertes Zentrum überwiesen werden. Das folgende Flow-Chart fasst das Vorgehen zusammen.

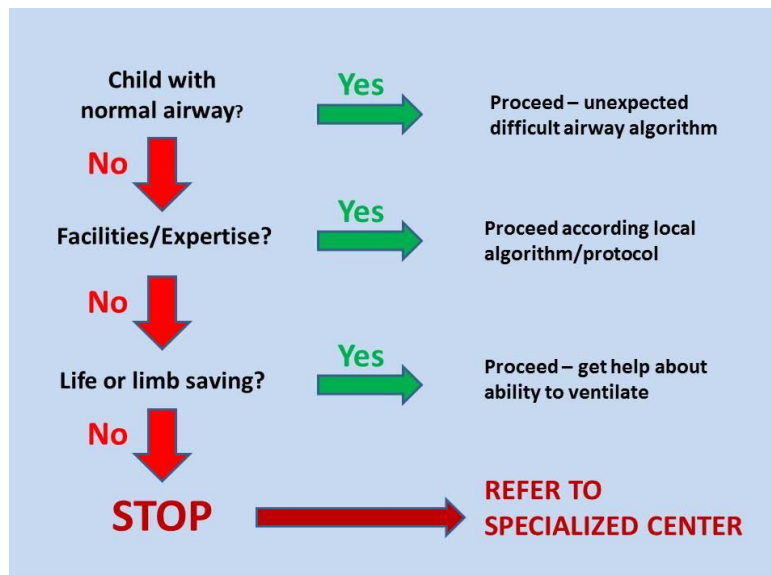


Fig.2: Flow-Chart für ein klinisches Vorgehen bei schwierigem Atemweg

4. Zusammenfassung

Das Ziel eines „Open-Box“-Algorithmus für den schwierigen Atemweg bei Kindern ist die Verhinderung von perioperativer Hypoxie. Priorität hat hierbei die Prävention durch Teaching und Training durch erfahrene Kinderanästhesisten und das Vorhalten der nötigen Ausrüstung. Die Unterscheidung von MECHANISCH/ANATOMISCHER und FUNKTIONALER Ursache für eine Obstruktion ist bei einem respiratorischen Problem entscheidend für die Behandlung und den Erfolg. Ein Algorithmus „Schwieriger Atemweg beim Kind“ basierend auf einfachen Prinzipien und unter der Berücksichtigung der örtlichen Expertise und Möglichkeiten hat das größte Potential akzeptiert und implementiert zu werden.

5. Literatur

1. Murat I, Constant I, Maud'huy H. Perioperative anaesthetic morbidity in children: a database of 24,165 anaesthetics over a 30-month period. *Pediatr Anesth.* 2004;14:158-166
2. Habre W, Disma N, Virag K, et al. for the APRICOT Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med.* 2017;5:412-425.
3. Sands SA, Edwards BA, Kelly VJ, Davidson MR, Wilkinson MH, Berger PJ. A model analysis of arterial oxygen desaturation during apnea in preterm infants. *PLoS Comput Biol.* 2009; 5: e1000588.
4. Hardman JG, Wills JS. The development of hypoxaemia during apnoea in children: a computational modelling investigation. *Br J Anaesth.* 2006; 97:564-70.
5. de Graaff JC, Bijker JB, Kappen TH, van Wolfswinkel L, Zuithoff NP, Kalkman CJ. Incidence of intraoperative hypoxemia in children in relation to age. *Anesth Analg.* 2013; 117:169-75.
6. Gencorelli FJ, Fields RG and Litman RS. Complications during rapid sequence induction of general anesthesia in children: a benchmark study. *Paediatric anaesthesia* 2010; 20: 421-424. *Anesth Analg.* 2013; 117: 169-75.
7. Eich C, Timmermann A, Russo SG, Cremer S, Nickut A, Strack M, Weiss M, Müller MP. A controlled rapid-sequence induction technique for infants may reduce unsafe actions and stress. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2009; 53:1167-72.

8. Fiadjoe JE, Jagannathan N, Hunyady AI, Greenberg RS, Reynolds PI, Matuszczak ME, Rehman MA, Polaner DM, Szmuk P, Nadkarni VM, McGowan Jr FX, Litman RS, Kovatsis PG. Airway management complications in children with difficult tracheal intubation from the Pediatric Difficult Intubation (PeDI) registry: a prospective cohort analysis *Lancet Respir Med.* 2016; 4:37-48.
9. Schmidt AR, Weiss M, Engelhardt T. The paediatric airway: Basic principles and current developments. *Eur J Anaesthesiol.* 2014; 31: 293-9
10. Engelhardt T, Machotta A, Weiss M. Management strategies for the difficult paediatric airway. *Trends in Anaesthesia and Critical Care.* 2013; 3: 183-7.
11. Weiss M, Engelhardt T. Cannot ventilate - paralyze! *Pediatr Anesth* 2012; 22:1147-9.
12. Weiss M, Engelhardt T. Proposal for the management of the unexpected difficult pediatric airway. *Paediatr Anaesth.* 2010; 20:454-64.
13. Bennett JA, Abrams JT, Van Riper DF, Horrow JC. Difficult or impossible ventilation after sufentanil-induced anesthesia is caused primarily by vocal cord closure. *Anesthesiology.* 1997; 87:1070-4.
14. Woodall NM, Cook TM: National census of airway management techniques used for anaesthesia in the UK: First phase of the Fourth National Audit Project at the Royal College of Anaesthetists. *Br J Anaesth.* 2011; 106: 266-71.
15. Sabato SC, Long E. An institutional approach to the management of the 'Can't intubate, can't oxygenate' emergency in children. *Pediatr Anesth.* 2016; 26:784-793.
16. Engelhardt T, Schmidt AR, Machotta A. Prevent the need for neck access. *Paediatr Anaesth.* 2017 Jan;27(1):107-108.