

Interdisziplinäres Management einer Larynxstenose im Säuglingsalter: von der Einsatzstelle über den Operationssaal bis zur Intensivstation

Zusammenfassung

Im präsentierten Fall wird das multidisziplinäre Management einer kritischen subglottischen Larynxstenose bei einem Säugling von der präklinischen Einsatzstelle über den intensivmedizinischen Verlauf bis hin zur operativen Versorgung dargestellt. Das ehemals Frühgeborene wurde im Alter von vier Monaten im Rahmen eines Infektes aufgrund einer dekompensierten Larynxstenose reanimationspflichtig und konnte erfolgreich wiederbelebt werden. Die operative Versorgung erfolgte trotz des geringen Körperegewichts unter Jet-Ventilation, welches einer interdisziplinären Planung und Herangehensweise bedurfte. Die Diskussion befasst sich mit den anatomischen und pathophysiologischen Charakteristika der Larynxstenose im Kindesalter sowie den Besonderheiten der Jet-Beatmung aus Sicht der Notfallmedizin, Anästhesie und Hals-Nasen-Ohrenheilkunde.

Summary

In the presented case, the multidisciplinary management of a critical subglottic laryngeal stenosis in an infant is described, from the preclinical site of operation to the intensive care course and surgical treatment. The formerly premature infant became in need of resuscitation at the age of four months due to a decompensated laryngeal stenosis in the context of an infection and was successfully resuscitated. The surgical treatment was performed under jet ventilation despite the low body weight, requiring

Kasuistiken

Case Reports

Multidisciplinary management of an infant with laryngeal stenosis: from the emergency site to the operating room and intensive care unit

E. Schneck¹ · S. Käbisch¹ · M. Sander¹ · J. Thul² · C. Schramm³ · C. C. Hahn¹ · T. Zajonz¹ · B. Sommer⁴ · C. Arens⁴ · C. Langer⁴

► **Zitierweise:** Schneck E, Käbisch S, Sander M, Thul J, Schramm C, Hahn CC et al: Interdisziplinäres Management einer Larynxstenose im Säuglingsalter: von der Einsatzstelle über den Operationssaal bis zur Intensivstation. Anästh Intensivmed 2024;65:510–515. DOI: 10.19224/ai2024.510

interdisciplinary planning and approach. The discussion addresses the anatomical and pathophysiological characteristics of laryngeal stenosis in childhood as well as the specifics of jet ventilation from the perspectives of emergency medicine, anaesthesiology, and otolaryngology.

Fallbericht

Die Mutter des Patienten hat in die Veröffentlichung des Falls mit Bildern eingewilligt. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Fallbericht die Sprachform des generischen Maskulins verwendet. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Verwendung der männlichen Form geschlechtsneutral verstanden werden soll.

Anamnese

Es handelt sich um den Fall eines männlichen Säuglings, welcher zum Zeitpunkt seiner Krankenhouseinweisung vier Monate alt war. Grundsätzlich war das Kind in einem guten Allgemeinzustand und wog 4,3 kg. Aufgrund einer Frühgeburtlichkeit (Gestationsalter 24 4/7 Wochen, Geburtsgewicht 950 g) wies es allerdings bereits eine komplexe Anamnese auf. Neben einem postnatalen respiratorischen Versagen, einem persistierenden Ductus arteriosus Botalli und einem Hydrops fetalis entwickelte es weitere typische Probleme einer Frühgeburtlichkeit. Insgesamt benötigte es für 49 Tage eine respiratorische Unterstützung mittels invasiver und nicht-

1 Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg (Direktor: Prof. Dr. M. Sander)

2 Klinik für Kinderkardiologie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg (Direktor: Prof. Dr. C. Jux)

3 Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Klinikum Stuttgart (Direktor: Prof. Dr. A. Walther)

4 Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Gießen und Marburg (Direktor: Prof. Dr. C. Arens)

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Jet Ventilation – Kinderreanimation – Schwieriges Atemwegsmanagement – Subglottische Stenose

Keywords

Jet Ventilation – Paediatric Advanced Life Support – Difficult Airway Management – Subglottic Stenosis

invasiver Beatmung, wovon es 11 Tage intubiert war. Es bedurfte einer Phototherapie, mehrerer Transfusionen, erlitt eine Retinopathie 1. Grades sowie eine nosokomiale Pneumonie, erholte sich aber erfreulicherweise gut. Zuhause wurde das Kind aufgrund von Sauerstoffsättigungsabfällen mit einem Heimmonitoring versorgt. Im Alter von drei Monaten musste das Kind wegen einer Bronchiolitis abermals passager beatmet werden, erholte sich aber im Anschluss erneut.

Prähospitale Phase und primäre intensivmedizinische Versorgung

Im Alter von vier Monaten fiel das Kind innerhalb weniger Tage mit zunehmenden Sättigungsabfällen im Heimmonitoring auf, welche sich aber spontan erholten. Diese seien insbesondere in Rückenlage aufgetreten. Bevor diese Problematik einem Kinderarzt vorgestellt werden konnte, kam es zu einer schnellen Verschlechterung des Allgemeinzustands. So erlitt das Kind am Morgen der Krankenhausaufnahme erstmals Sättigungsabfälle unter 70 % mit intermittierenden Bradykardie-Alarmen, weshalb die Mutter schließlich den Rettungsdienst alarmierte. Dieser fand das Kind mit deutlicher Dyspnoe auf der Brust der Mutter vor. Trotz eines behutsamen Umlagerns dekompensierte das Kind und wurde rasch zyanotisch mit anschließender Bradykardie, welche in eine Asystolie überging. Es erfolgten eine unmittelbare Masken-Beutel-Beatmung und Herzdruckmassage mit einer Gesamtdauer von ca. 2–3 Minuten. Im Anschluss atmete das Kind mit einem deutlichen inspiratorischen Stridor wieder selbst. Zwar zeigte es Zeichen einer angestrengten Atmung, aber insgesamt war diese suffizient mit einer ausreichenden peripheren Sauerstoffsättigung von >95 %. Aufgrund der Reanimationssituation wurden ein Rettungshubschrauber und ein Kinderarzt aus dem nächstgelegenen Perinatalzentrum an die Einsatzstelle alarmiert. In kollegialer Absprache entschied man sich bei stabilisierter Situation sowie dem Vorliegen eines Stridors mit unbekannter zugrundeliegender Pathologie

gegen eine Intubation. Der Transport ins Krankenhaus gestaltete sich trotz der Schwere des Stridors unter Vorlage von Sauerstoff per Maske und Inhalation von Adrenalin als unkompliziert.

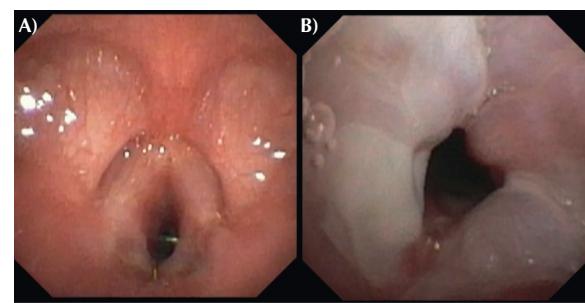
Bei Aufnahme auf der Kinderintensivstation wies das Kind eine leicht verlängerte Rekapillarisierungszeit von ca. 3 Sekunden auf. Klinisch dominierte die persistierende Tachydyspnoe mit ausgeprägtem inspiratorischen, aber auch exspiratorischen Stridor. Daher erfolgte zunächst der Versuch einer Stabilisierung der respiratorischen Situation mit einer Oberkörperhochlagerung in Analgosedierung, der Fortführung der antreibstrukтивiven Therapie mit Salbutamol und Adrenalin sowie einer Highflow-Sauerstofftherapie, welche aber zügig auf eine CPAP-Beatmung eskaliert werden musste. Wegen einer in der Bildgebung imponierenden Verschattung im rechten Unterfeld wurde der hochgradige Verdacht auf eine Pneumonie gestellt und eine empirische Therapie mit Piperacillin/Tazobactam begonnen. Am Abend des Aufnahmetags musste das Kind aufgrund einer respiratorischen Erschöpfung intubiert werden; die Intubation erfolgte trotz des Stridors ohne Probleme. In den Folgetagen konnte mittels Laryngobronchoskopie (unter Zurückziehen des Tubus) die Diagnose einer fibrinösen subglottischen Narbenstenose mit einer Lumeneinengung auf ca. 40 % (Abb. 1) sowie einer narbigen Brücke zwischen beiden Aryknorpeln (Abb. 2A) gesichert werden. Das Kind konnte drei Tage später extubiert werden.

Anästhesiologisches Management

Der Eingriff erfolgte am 10. Tag nach Aufnahme in rekompensiertem Allgemeinzustand nach vorausgegangener interdisziplinärer Planung des Eingriffs. Aufgrund der subglottischen Lage der Stenose war ein Eingriff in Intubationsnarkose nicht möglich, sodass der Eingriff unter Jet-Ventilation geplant wurde. Die Narkose wurde durch zwei erfahrene Fachärzte für Anästhesie durchgeführt.

Das Monitoring umfasste das Basismonitoring sowie eine Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Da das Kind einen schwierigen peripheren Venenstatus aufwies, kam es ohne peripheren Venenzugang in den Operationssaal. Nach Inspektion der Venen entschloss man sich in Absprache mit den Kollegen der HNO, das Kind inhalativ einzuleiten und unter Ultraschallkontrolle den intravenösen Zugang zu etablieren. Bei problemloser Masken-Beutel-Beatmung zeigte sich ein leichter inspiratorischer Stridor. Die Narkose wurde dann zusätzlich mit Propofol (2 mg/kg) vertieft und mit Remifentanil (0,08–0,27 µg/kg/min) sowie Propofol (12–18 mg/kg/h) aufrechterhalten. Vor der Laryngoskopie durch die Kollegen der HNO und dem Anschluss des Jet-Ventilators mit Atemluftbefeuchter (TwinStream Multi Mode Respirator, CLS Surgical, Liverpool, UK) wurde das Kind einmalig mit Succinylcholin (1 mg/kg) relaxiert (Einstellungen des Jet-Ventilators siehe Tab. 1, Abb. 3). Hier wurde vom eigentlichen Plan der Relaxierung mit Cis-Atracurium abgewichen, da das Kind trotz hoher Dosen an Propofol und Remifentanil noch

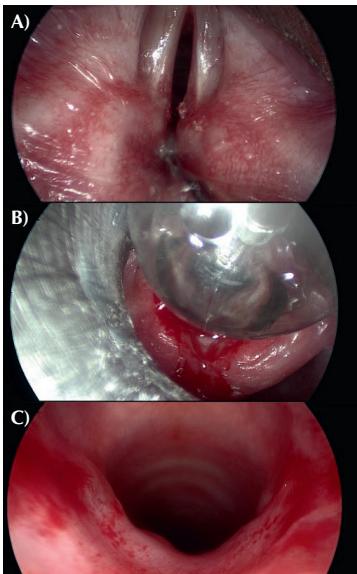
Abbildung 1



Bronchoskopische Darstellung der regelrechten Glottisebene A sowie der subglottischen Narbenstenose B) mit einer Lumeneinengung auf ca. 40 %.

vor dem Einführen des Laryngoskops plötzlich presste und ein Abfall der Sauerstoffsättigung drohte. Durch das schnelle Eingreifen konnte eine Hypoxie vermieden werden. Im Anschluss zeigten sich eine suffiziente Ventilation und gleichbleibende Sauerstoffsättigung in der peripheren pulsoxymetrischen Sättigungs- und NIRS-Messung sowie

Abbildung 2



Präoperative Sicht auf die Glottisebene mit narbiger Brücke zwischen den Aryknorpeln und eingeführtem Ballonkatheter auf 6 Uhr A), dem dilatierten Ballonkatheter B) und der subglottischen Enge nach Dilatation und Durchtrennung der Narbenstenose C).

eine stabile hämodynamische Situation. Eine Überwachung des CO₂ erfolgte intermittierend über den Jet-Ventilator. Die Lagerung des Kindes sowie die Fixierung des Jet-Laryngoskops wurden erneut überprüft, sodass der Eingriff mit einer mikroskopischen und endoskopischen Inspektion und Palpation der Läsion begann. Anschließend entschloss man sich zur Durchtrennung der Narbenbrücke mit kalten Instrumenten, einer hydrostatischen Ballondilatation, welche insgesamt zweimal durchgeführt wurde (Abb. 2B und 2C), sowie zur Injektion von Triamcinolon in die Narben. Der Eingriff dauerte insgesamt 17 Minuten. Nach Beendigung der Jet-Ventilation erfolgte eine kurze Phase der Maskenbeatmung, gefolgt von einer inhalativen Therapie mit Sauerstoff und Adrenalin. Hiernach benötigte das Kind keinen Sauerstoff

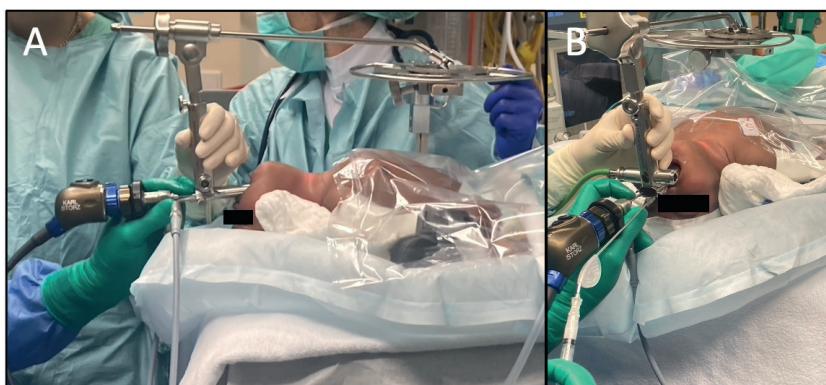
und wurde zur postoperativen Überwachung auf die Kinderintensivstation aufgenommen. Der weitere Verlauf war komplikationslos, sodass das Kind ohne Stridor und mit stabilen respiratorischen Verhältnissen aus dem Krankenhaus entlassen werden konnte.

Diskussion

Die Sicht des Notarztes

Das zyanotische Kind stellt für den Rettungsdienst immer eine herausfordernde Situation dar, da es sich um eine seltene Notfallsituation handelt und es somit kaum möglich ist, eine ausreichende praktische Erfahrung zu sammeln, sofern man nicht in einem entsprechenden pädiatrischen Zentrum arbeitet [1–3]. Das Vorliegen eines biphasischen Stridors sollte besonders alarmieren, da dieser meist das Zeichen einer hochgradigen Stenose darstellt. Zwar müssen die lebensrettenden Maßnahmen durch das ersteintreffende Rettungsdienstpersonal suffizient beherrscht und durchgeführt werden, durch das Erweitern des ärztlichen Personals lassen sich aber weitere Maßnahmen besser planen und durchführen [4]. Für ein erweitertes Atemwegsmanagement sprach die schwere Atemnot des Kindes, während der inspiratorische Stridor in Zusammenhang mit der Anamnese einer Langzeitbeatmung einen potenziell schwierigen Atemweg wahrscheinlich machte. Es war vor Ort nicht ersichtlich, ob der Stridor sub- oder supraglottischer Genese war. Während die supraglottische Obstruktion das Einbringen einer Larynxmaske sowie die (Video-)Laryngoskopie erschwert hätte, hätte eine subglottische Stenose das Vorschieben des Tubus verhindern können. Aus diesem Grund wurde auf ein erweitertes Atemwegsmanagement verzichtet, sodass das Kind zwar mit Dyspnoe, aber in stabilem Zustand in die Klinik gebracht werden konnte und von einer erfolgreichen interdisziplinären Entscheidungsfindung in diesem individuellen Fall ausgegangen werden kann. Einzig die systemische Gabe eines Steroids (z. B. rektal) hätte noch erwogen werden können.

Abbildung 3



Lagerung des Patienten in der seitlichen A) und in der kranialen Ansicht B).

Die Sicht des Anästhesisten

Bei Eingriffen an den Atemwegen ist es notwendig, dass sich der operativ tätige Kollege und der Anästhesist den Atemweg teilen. Dies erfordert insbesondere bei Säuglingen und kleinen Kindern eine sehr gute perioperative Kommunikation und Planung für die höchstmögliche Patientensicherheit.

In diesem Fall lag eine subglottische Stenose Grad 2 (nach Myer-Cotton) bzw. ELS-Score II2+ (nach der European Laryngological Society) vor, welche im Rahmen eines respiratorischen Infekts dekompensiert war [5]. Die Möglichkeiten zur Oxygenierung ohne endotracheale Intubation reichen von der erhaltenen Spontanatmung in Analgosedierung und Lokalanästhesie über eine Positivdruckbeatmung und ein temporäres Tracheostoma bis hin zur extrakorporalen Membranoxygenierung [6]. Häufig werden aber die folgenden zwei Verfahren eingesetzt, welche auch in diesem Fall zur Diskussion standen:

1. die apnoische Oxygenierung mittels transnasaler befeuchteter Highflow-Oxygenierung (High-flow Nasal Oxygenation [HFNO]) [7] oder
2. die Jet-Ventilation, welche supra- und subglottisch oder aber auch transtracheal angewendet werden kann [6].

Die HFNO-Technik stellt eine relativ neue Methode dar und ist daher im kinderanästhesiologischen Setting noch vergleichsweise wenig wissenschaftlich untersucht. Allerdings hat sie aufgrund ihrer hohen Praktikabilität bereits zur Verlängerung der Apnoetoleranz bei der Narkoseeinleitung Einzug in die Praxis gehalten. Via einer Nasenbrille wird mit einem hohen Fluss angefeuchtete Atemluft appliziert. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über Empfehlungen zur Einstellung des Gasflusses. Mehrere Studien konnten eine verlängerte Apnoetoleranz von circa des Doppelten der altersnormalen Apnoezeit bis zur Desoxygenierung darstellen, allerdings konnte keine suffiziente Decarboxylierung erreicht werden [8–12]. In dem dargestellten Fall wurde die HFNO während der Planung des Eingriffs nur kurz diskutiert, um eine

Untersuchung des Befundes in Narkose zu ermöglichen. Allerdings war aufgrund der schweren Symptomatik davon auszugehen, dass auch eine Intervention stattfinden sollte, und somit wurde die Apnoetoleranz bei einem Säugling mit eingeschränkter Lungenfunktion als nicht ausreichend eingeschätzt. Daher wurde eine Jet-Ventilation geplant.

Die Jet-Ventilation stellt eine etablierte Option bei Larynx- und Trachealeingriffen dar. Dabei wird über ein spezielles Jet-fähiges Laryngoskop oder auch schmale Jet-Katheter ein Sauerstoff-/Luftgemisch mit hohem Druck in die Lunge gepresst. Dabei kann der Luftstrom wie im beschriebenen Fall über das Laryngoskop appliziert werden – oder auch via separaten Kathetern, die supra- oder transglottisch eingelegt werden. Grundsätzlich ist auch ein transtrachealer Zugangsweg möglich, welcher aber insbesondere bei kleinen Kindern wegen der geringen Größe der Atemwege schwierig einzubringen ist, da ausreichend Platz für das passive Ausströmen der Druckluft garantiert sein muss. Die Einstellungen erfolgen gewichtsadaptiert und algorithmusbasiert und werden vom Gerät vorgeschlagen. Bei Kindern wird (wie auch bei Erwachsenen) die Low-Frequency Jet Ventilation (LFJV) und High-Frequency Jet Ventilation (HFJV) kombiniert. Während die LFJV mit einer Beatmungsfrequenz von 8–20/min und einem Druck von 0,5–1 bar durchgeführt wird und somit eine ausreichende Zeit zur passiven Exhalation erlaubt, weist die HFJV zur Oxygenierung eine wesentlich höhere Beatmungsfrequenz auf. Diese kann bis

zu 10 Hertz betragen und einen Druck von bis zu 2 bar aufweisen. Entscheidend ist dabei die ständige Kontrolle der freien Luftwege, da ansonsten im Falle einer Okklusion die Druckluft nicht entweichen kann und damit insbesondere im Kindesalter schwere Barotraumata der Lunge resultieren können. Dies gilt insbesondere für Larynxstenosen wie in unserem Fall. Eine weitere Komplikation stellt die übermäßige Mageninsufflation dar, die insbesondere dann ein Problem darstellt, wenn wieder zur Maskenbeatmung zurückgekehrt werden soll. Da durch den überblähten Magen die funktionelle Residualkapazität des Kindes eingeschränkt wird, verringert sich die Apnoetoleranz weiter. Wenn dieser nun mit höheren Beatmungsdrücken begegnet wird, verstärkt sich die Insufflation in den Magen und ein Teufelskreislauf beginnt [6].

Da eine Kapnometrie nur intermittierend in Jet-Pausen möglich ist und nur eine Trendbeurteilung des expiratorischen CO_2 erlaubt, müssen alternative Verfahren für die CO_2 -Messung verwendet werden. Neben einer transkutanen CO_2 -Messung stehen Blutgaskontrollen (kapillär, venös und arteriell) sowie indirekt die Nahinfrarotspektrometrie zur Verfügung. Da die Narkosedauer in dem beschriebenen Fall als voraussichtlich kurz (<30 min) eingeschätzt wurde, entschied man sich für eine Kombination aus intermittierender Atemgasmessung und einer NIRS-Messung. Zudem hätte die Option bestanden, zur Trendbeurteilung eine kapilläre Blutgasanalyse durchzuführen oder aus einem rückläufigen peripheren Venenkatheter eine Blutgasanalyse zu entnehmen. Die NIRS-Messung misst eine gemischte regionale Sauerstoffsättigung aus den frontalen Hirnanteilen und korreliert gut mit der cerebralen Perfusion, welche maßgeblich durch die Ventilation beeinflusst wird [13]. Während eine Hyperventilation zu einem Abfall der cerebralen Perfusion und der regionalen Hirnsättigung führt, führt eine Hypoventilation mit konsekutiver cerebraler Vasodilatation entsprechend zu einer Steigerung [13,14]. Bei der Trendbewertung der regionalen Hirnsättigung muss natürlich beachtet werden,

Tabelle 2

Einstellung für HFNO (High-flow Nasal Oxygenation) im Kindesalter [11].

| Gewicht | Gasfluss |
|----------|------------|
| 0–12 kg | 2 l/kg/min |
| 13–15 kg | 30 l/min |
| 16–30 kg | 35 l/min |
| 31–50 kg | 40 l/min |
| >50 kg | 50 l/min |

dass viele andere Faktoren (z. B. Anämie, Hypotension, Hypothermie) die NIRS-Messungen beeinflussen. Sind diese aber im perioperativen Verlauf wie im dargestellten Fall stabil, kann die NIRS ein weiteres Indiz für eine Hyper- und Hypoventilation geben.

Die Sicht des HNO-Arztes

Bei Erwachsenen ist die Glottis der englumigste Teil des Kehlkopfes, bei Neugeborenen ist es die subglottische Region in Höhe des Ringknorpels, die einzige Region des Atemwegs mit einer geschlossenen umgebenden Knorpelstruktur. Ein reifes Neugeborenes weist hier einen luminalen Durchmesser von 4–5 mm auf, was verdeutlicht, dass bereits ein Ödem von nur 1 mm Dicke subglottisch beim Säugling zu einer erheblichen Obstruktion der Atemwege von etwa anteilig 60 % führen kann [15]. Etwa 5 % der subglottischen Stenosen sind angeboren, was sie zur dritt-häufigsten Ursache einer angeborenen Atemwegsobstruktion macht [16]. Die angeborene subglottische Stenose ist in der Regel milder als die erworbene Form und bessert sich meistens mit dem Wachstum des Kindes und damit mit der Erweiterung des laryngealen Lumens. Eine operativ ausgerichtete Klassifikation wurde 2019 von der European Laryngological Society publiziert [17] und umfasst neben dem Stenosegrad nach Myer-Cotton die Anzahl der von der Stenose betroffenen anatomischen Regionen (Supraglottis/Glottis/Subglottis/Trachea) sowie das Vorliegen von relevanten Komorbiditäten.

Gibt es wie im vorliegenden Fall präklinische Hinweise auf das Bestehen einer subglottischen Stenose als Ursache einer stridorösen Dyspnoe (hier: Anamnese einer postpartalen Intubation bei Frühgeburtlichkeit), so steht nach Stabilisierung des Patienten die fiberoptische Endoskopie zur Diagnostik von Stenosegrad und -lage im Vordergrund.

Die Behandlung laryngo-trachealer Stenosen, insbesondere der subglottischen Stenosen, die nach Langzeitintubation häufig zu finden sind, kann bei nicht tracheotomierten Patienten nur äußerst

limitiert in Intubationsnarkose erfolgen, da der Tubus die operativ zu behandelnde Region bedeckt und kein Raum für operative Interventionen bleibt. Insbesondere bei höheren Stenosegraden kann, wie im vorliegenden Fall, eine Intervention erforderlich werden. Der endolaryngeale Zugangsweg in Jet-Ventilation kann hier kombiniert werden mit hydrostatischen Ballondilatationen, aber auch der mikrolaryngoskopischen Abtragung von Gewebe mittels Laser oder kalten Instrumenten. Im vorliegenden Fall bot sich die Ballondilatation als erprobtes Verfahren an [18], da eine 60 %ige Stenose vorlag und somit das Platzieren des Ballons noch gut möglich war. Das Kind befand sich in einem rekompensierten Zustand, sodass auch die für die Dauer der Dilatation unterbrochene Oxygenierung kein Problem darstellte. Bei jedem Eingriff an Kindern mit Stenosen der oberen Atemwege muss die Bereitschaft bestehen, als Ultima Ratio bei mangelnder Oxygenierungsmöglichkeit eine zügige Tracheotomie durchführen zu können. Hierbei ist die Kommunikation zwischen Anästhesie und Operateur essenziell, um den Zeitpunkt einer kritischen Desoxygenierung und für den Beginn chirurgischer Maßnahmen zur Eröffnung der Atemwege nicht zu verpassen. Der operative Verlauf kann gerade beim Ersteingriff einer Stenose unerwartet sein, sodass beide Seiten auf eine mögliche Problematik beim Atemwegsmanagement eingestellt sein müssen.

Zusammenfassung

Der vorliegende Fall beschreibt das Management einer kritischen subglottischen Larynxstenose im Säuglingsalter. Die Basis einer erfolgreichen Therapie ist dabei eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit von der Präklinik bis in den Operationssaal. Insbesondere die Jet-Ventilation muss dabei gut geplant und in enger Zusammenarbeit zwischen Anästhesie und HNO erfolgen, um eine höchstmögliche Patientensicherheit zu gewährleisten.

Literatur

- Dieckmann RA, Brownstein D, Gausche-Hill M: The Pediatric Assessment Triangle. *Pediatr Emerg Care* 2010;26:312–315
- Bernhard M, Helm M, Luiz T, Biehn G, Kumpch M, Hainer C et al: Pädiatrische Notfälle in der prähospitalen Notfallmedizin. *Notfall + Rettungsmedizin* 2011;14:554–566
- Eich C, Russo SG, Heuer JF, Timmermann A, Gentkow U, Quintel M, et al: Characteristics of out-of-hospital paediatric emergencies attended by ambulance- and helicopter-based emergency physicians. *Resuscitation* 2009;80:888–892
- Kaufmann J, Klein T, Bittner S, Eich C: S2k-Leitlinie „Medikamentensicherheit bei Kindernotfällen“ – Tipps zur praktischen Anwendung. *Anästh Intensivmed* 2022;63:34–41
- Redondo-Sedano J, Antón-Pacheco JL, Valverde RM, Díaz LM, Paredes CL, Guardia LM, et al: Laryngeal stenosis in children: Types, grades and treatment strategies. *J Pediatr Surg* 2019;54:1933–1937
- Bradley J, Lee GS, Peyton J: Anesthesia for shared airway surgery in children. *Paediatr Anaesth* 2020;30:288–295
- Patel A, Nouraei SAR: Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways. *Anaesthesia* 2015;70:323–329
- Patel R, Lenczyk M, Hannallah RS, McGill WA: Age and the onset of desaturation in apnoeic children. *Can J Anaesth* 1994;41:771–774
- Hermez LA, Spence CJ, Payton MJ, Nouraei SAR, Patel A, Barnes TH: A physiological study to determine the mechanism of carbon dioxide clearance during apnoea when using transnasal humidified rapid insufflation ventilatory exchange (THRIVE). *Anaesthesia* 2019;74:441–449
- Riva T, Seiler S, Stucki F, Greif R, Theiler L: High-flow nasal cannula therapy and apnea time in laryngeal surgery. *Pediatr Anesth* 2016;26:1206–1208
- Humphreys S, Schibler A: Nasal high-flow oxygen in pediatric anesthesia and airway management. *Paediatr Anaesth* 2020;30:339–246
- Humphreys S, Lee-Archer P, Reyne G, Long D, Williams T, Schibler A: Transnasal humidified rapid-insufflation

- ventilatory exchange (THRIVE) in children: a randomized controlled trial. *Br J Anaesth* 2017;118:232–238
13. Weber F, Scoones GP: A practical approach to cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) directed hemodynamic management in noncardiac pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth* 2019;29:993–1001
14. de Waal EEC, de Vries JW, Kruitwagen CLJJ, Kalkman CJ: the effects of low-pressure carbon dioxide pneumoperitoneum on cerebral oxygenation and cerebral blood volume in children. *Anesth Analg* 2002;94:500–505
15. Marston AP, White DR: Subglottic Stenosis. *Clin Perinatol* 2018;45:787–804
16. Sittel C: Pathologies of the larynx and trachea in childhood. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg* 2014;13:Doc09
17. Fiz I, Monnier P, Koelmel JC, Di Dio D, Torre M, Fiz F, et al: Implementation of the European Laryngological Society classification for pediatric benign laryngotracheal stenosis: a multicentric study. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2019;276:785–792
18. Li C, Chun R, Modi VK: Practice patterns and complications of balloon dilation for pediatric airway stenosis: A survey of ASPO members. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2023;174:111721.

**Korrespondenz-
adresse**

**Priv.-Doz. Dr. med.
Emmanuel Schneck**

Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg
Rudolf-Buchheim-Straße 7
35392 Gießen, Deutschland
Tel.: 0641 985 44401
Fax: 0641 985 44409
E-Mail: emmanuel.schneck@chiru.med.uni-giessen.de
ORCID-ID: 0000-0003-0565-1550