

Th. Fösel G.-B. Kraus (Hrsg.)

# Beatmung von Kindern in Anästhesie und Intensivmedizin

Mit einem Geleitwort von F.-J. Kretz

Mit 71 Abbildungen in 88 Einzeldarstellungen und 14 Tabellen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo  
Hong Kong Barcelona  
Budapest

37/20025

# Inhaltsverzeichnis

Historische Aspekte G. HABEL . . . . .	1
Physiologie des Gasaustausches im Kindesalter W. SCHAFFARTZIK . . . . .	8
Pathophysiologie der Lungenfunktion D. G. NICHOLS und TH. FÖSEL . . . . .	17
Narkosebeatmung – Prinzipien K.-H. ALTEMEYER . . . . .	36
Praktische Erfahrungen mit Narkoseverfahren bei reduziertem Frischgasflow (Low-flow- und Minimal-flow-Anästhesie) im Säuglings- und Kleinkindesalter U.-K. WEISER . . . . .	50
Das Bain-System B. POHL, M. ARNDT und R. HOFMOCKEL . . . . .	62
Der Stellenwert der Kapnometrie bei Einstellung und Überwachung der Beatmung J. LINK, G. PAPADOPOULOS, W. SCHAFFARTZIK und A. RIEGER . . . . .	72
Laserchirurgische Eingriffe an Larynx, Trachea und Bronchien im Neugeborenen-, Säuglings- und Kleinkindesalter – Implikationen für die Anästhesie A. RIEGER, M. SCHÄFER, M. KASTNER und M. RÖMER . . . . .	86
Indikationen und Prinzipien der Langzeitbeatmung von Neugeborenen und Kleinkindern D. WÖLFEL, T. RUPPRECHT und C. BUCK . . . . .	99
Beatmungsgeräte zur Langzeitbeatmung von Kindern J. SCHÄFFER und M. WILKEN . . . . .	108

Beatmungsformen beim ARDS K. BUNKE . . . . .	114
High-Frequency Oscillatory Ventilation (HFOV) B. KOWALD . . . . .	119
Probleme der Entwöhnung nach Langzeitbeatmung von Neugeborenen und Kleinkindern J. SCHARF . . . . .	129
Schädigungen im Larynx und in der Trachea nach Langzeitintubation L. WILD . . . . .	139
Konzept zur Behandlung von Trachealstenosen im Vorschulalter J. HOLZKI . . . . .	144
Laserchirurgische Therapie von Trachealstenosen J. WALDSCHMIDT, L. PROANO und F. SCHIER . . . . .	147
Therapie von Larynx- und Trachealstenosen aus HNO-ärztlicher Sicht A. BERGHAUS . . . . .	163
Die Rolle der extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) bei der Bewältigung schwerer respiratorischer Krisen beim Neugeborenen und im Kindesalter W. KACHEL, P. LASCH, V. VARNHOLT, H. WIRTH, G. SUSKE und J. SARTORIS . . . . .	169
Extrakorporaler Gasaustausch: Ein entscheidender Baustein im aktuellen Behandlungskonzept des schweren ARDS K. LEWANDOWSKI und K. J. FALKE . . . . .	184
Diskussion . . . . .	195

# Therapie von Larynx- und Trachealstenosen aus HNO-ärztlicher Sicht

A. BERGHAUS

Die Behandlung laryngotrachealer Stenosen gehört unverändert zu den besonders schwierigen Aufgaben der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. Die narbigen Stenosen überwiegen dabei, sie sind zu einem hohen Prozentsatz iatrogen bedingt. Nur von diesen Stenosen soll hier die Rede sein.

In unserem Patientengut waren 75% der laryngotrachealen Stenosen auf Langzeitintubation zurückzuführen, nur 5% auf die Tracheotomie.

Mit Blick auf die Lokalisation ist festzustellen, daß sich die trachealen Stenosen meist noch relativ gut behandeln lassen. Schwieriger ist die Therapie der häufigen subglottischen Stenosen in Höhe des Ringknorpels, die ca. 60% der Fälle ausmachen.

## Prävention

Der Prävention kommt angesichts der enormen Schwierigkeiten bei der Therapie besondere Bedeutung zu.

Langzeitbeatmete Erwachsene werden meist nach einem Intervall von 7–14 Tagen tracheotomiert, Kinder hingegen läßt man überwiegend über 21 Tage intubiert. Die Stenosen entstehen jedoch durchaus schon nach z. B. 5 Tagen. Wir haben Patienten mit Trachealstenosen behandelt, die nur 10 oder 20 h intubiert waren. Die Festlegung auf ein bestimmtes Intervall bis zur Tracheotomie verhindert die Stenose ebensowenig wie der generelle Verzicht auf den Luftröhrenschnitt.

Präventiv wird einerseits der Intensivmediziner alle ihm zur Verfügung stehenden Mittel einsetzen. Das heißt: Ruhigstellung des Patienten, Wahl des besten Tubus- und Cuffmaterials, Einstellung des optimalen Cuffdrucks und sorgfältige tracheobronchiale Hygiene.

Im Klinikum Steglitz in Berlin hat es sich darüber hinaus bewährt, daß langzeitbeatmete Patienten regelmäßig vom HNO-Arzt tracheoskopiert werden. Das kann mit starrem Rohr und Endoskop geschehen oder auch mit dem flexiblen Endoskop. Je nach Befund wird zusammen mit den Intensivmedizinern die Entscheidung über die Tracheotomie gefällt. Ein Ringknorpelulkus als Vorbote einer narbigen Strikture wäre z. B. eine Indikation zur Tracheotomie.

Von 228 langzeitbeatmeten Patienten in einem Fünfjahreszeitraum wurden 190 bis zu 4mal tracheoskopiert. Nur 70 dieser Patienten wurden tracheosto-

miert. 38 Patienten wurden aus individueller Indikation sofort tracheostomiert. Demnach waren von 228 Langzeitbeatmeten letztlich weniger als die Hälfte tracheostomiert.

## Zur Technik der Tracheostomie

Unsere Operationstechnik bei der Tracheostomie unterscheidet sich von dem alten Standardverfahren, bei dem nur ein Loch in die Trachea gestanzt wurde. Wir bilden einen Lappen aus der Tracheavorderwand und nähen die Hautwundränder in die Schnittränder der Luftröhre ein [1]. So entsteht ein epithelisiertes Tracheostoma, welches die Spontanschrumpfung verhindert und auch andere Komplikationen der Tracheotomie deutlich reduziert. Dieser Stomakanal erlaubt eine sichere Kanülenführung. Der Lappen wird beim Verschluss des Stomas zurückverlagert, so daß die Trachealwand und das Lumen wiederhergestellt werden – auch dies eine vorbeugende Maßnahme gegen Verengungen.

## Therapie laryngotrachealer Stenosen

Die Therapie laryngotrachealer Stenosen ist vielgestaltig und muß dem individuellen Einzelfall angepaßt werden. Einige Verfahren dominieren heute die Behandlungsstrategie.

*Platzhalter* können allein oder in Kombination mit anderen Therapieformen das Lumen des Luftweges aufweiten. Wir haben L-förmige Platzhalter für den laryngotrachealen Bereich herstellen lassen, die selbsthaltend auf der Trachealkanüle reiten und ohne Nahtfixierung gegen das Abrutschen nach kaudal gesichert sind (Abb. 1).

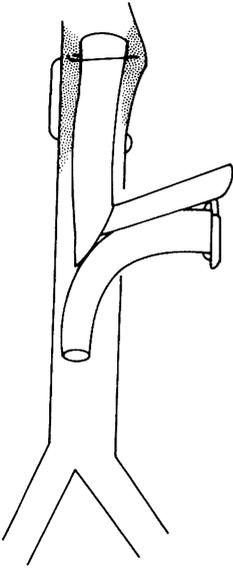
Unter den Stimmlippen liegende Platzhalter können offen sein, transglottische müssen zum Schutz gegen Aspiration verschlossen werden.

Bei knapp 82 % unserer Patienten war eine konsequente Platzhaltertherapie wesentlicher Bestandteil der Behandlung zur Beseitigung der Stenosen.

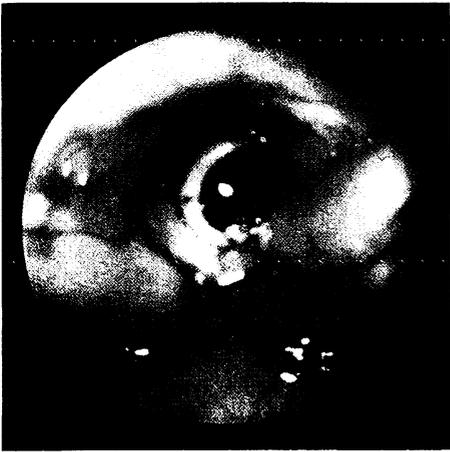
Stimmgebung ist während der Liegedauer dieser Platzhalter allerdings i. allg. nicht möglich.

Ein Kind mit seit Geburt bestehender Larynxatresie wurde uns im Alter von 6 Jahren vorgestellt. Um die Stimmlosigkeit schon während der Platzhalterbehandlung zu beheben, sind wir hier einen neuen Weg gegangen. Nach dem Öffnen der Atresie mit dem YAG-Laser haben wir eine Stimmprothese mit Ventil, wie sie sonst beim Kehlkopflosen zur Anwendung kommt, als Platzhalter eingesetzt. Dies ermöglicht dem Mädchen während der Behandlung die Phonation (Abb. 2).

*Platzhalter in T-Form* – sog. Montgomery-Röhrchen – können bei der Behandlung von Stenosen benutzt werden, die in Höhe des Stomas oder



**Abb. 1.** L-förmiger, transglottischer Platzhalter bei Larynxstenose, auf der Trachealkanüle reitend



**Abb. 2.** Laryngoskopisches Bild eines transglottischen, offenen Platzhalters, in den das Ventil einer Stimmprothese integriert ist, um Phonation zu ermöglichen

darunter liegen. In Einzelfällen sind sie auch als palliative, alleinige Therapie einsetzbar. Einen solchen T-förmigen Platzhalter haben wir nach 10 Jahren Liegedauer entfernt. Wir konnten feststellen, daß die Trachea sich in der Zwischenzeit hinreichend stabilisiert hatte und weit genug blieb.

Warnen möchte ich vor der Anwendung von T-Röhrchen kleiner Dimensionen, z. B. bei Kindern. Schon eine geringe Menge von antrocknendem Sekret kann einen solchen Platzhalter verschließen. Ist dann die zügige Extraktion nicht möglich oder wird sie nicht gewagt, entsteht eine lebensbedrohliche Situation.

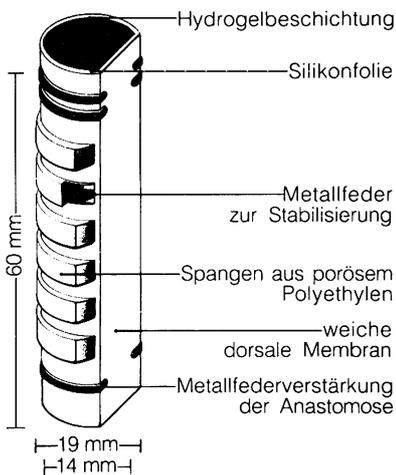
Der *Laser* konnte die anfangs in ihn gesetzten Erwartungen bei Trachealstenosen nicht ganz erfüllen. Dennoch gehört die YAG-Faser, mehr als der CO<sub>2</sub>-Laser, heute auch zu den bedeutenden Hilfsmitteln bei der Behandlung laryngotrachealer Stenosen. Bei knapp der Hälfte unserer Stenosepatienten kam der Laser zum Einsatz.

*Erweiterungsplastiken* des Luftwegs können eine Platzhalterbehandlung unterstützen und abkürzen. Die Längsspaltung von Trachea und evtl. auch Ringknorpel mit Interposition eines Knorpeltransplantats wurde in mehreren Variationen vorgeschlagen. Alle lassen sich nach v. Ilberg letztlich auf Rethi zurückführen.

Knorpeltransplantate für Erweiterungsplastiken müssen nicht immer von der Rippe stammen, die allerdings das stabilste Material liefert. Wir haben in geeigneten Fällen den durch seine Wölbung günstig vorgeformten Ohrmuschelknorpel vom Cavum conchae verwendet. Die Entnahme von einem retroaurikulären Schnitt aus hinterläßt keine erkennbaren Deformitäten. Bei Bedarf können nach Längsspaltung der Trachea 2 geschichtete Knorpelfragmente eingepflanzt werden. Nach dem Verschuß bleibt der Patient einige Tage intubiert.

Bei Ringknorpelstenosen kann die vordere, evtl. zusätzlich auch hintere *Längsspaltung* erfolgreich sein, v.a. wenn sie mit einer Platzhaltertherapie kombiniert wird. Durch Knorpelinterpositionen wird die Maßnahme in ihrer Wirksamkeit verbessert.

Die *Segmentresektion* stenotischer Luftwegsabschnitte bietet die Möglichkeit einer Normalisierung der Verhältnisse unmittelbar nach dem Eingriff. Nach der Resektion eines ca. 3 cm langen Segments aus der Trachea ist die *End-zu-End-Anastomose* zur Schließung des entstandenen Defekts unproblematisch. Reicht aber die Stenose in den Ringknorpelbereich oder ist sie länger als 4–5 cm oder besteht bereits eine einseitige Rekurrensparese oder wurde dieser Eingriff bei dem gleichen Patienten schon einmal durchgeführt, dann steigt das



**Abb. 3.** Merkmale der vom Verfasser vorgeschlagenen Trachealprothese

operative Risiko deutlich an. Eine fehlgeschlagene Segmentresektion mit End-zu-End-Anastomose mündet in eine fatale Situation.

Um bei solchen verzweifelten Fällen und bei besonders langstreckigen Stenosen ein Hilfsmittel in die Hand zu bekommen, hat sich der Verfasser in den vergangenen Jahren mit der Entwicklung einer *künstlichen Luftröhre* beschäftigt. Zusammen mit der Bundesanstalt für Materialprüfung wurden zunächst die mechanischen Eigenschaften der menschlichen Luftröhre so weit wie möglich erfaßt. Unterschiedliche Prototypen von Trachealprothesen wurden dann gleichen Untersuchungen unterzogen. Es gelang schließlich, Prothesen mit mechanischen Eigenschaften zu fertigen, die denen der menschlichen Luftröhre zumindest näherungsweise gleichkamen. Die Starrheit der Neville-Prothese war mit ein Grund dafür, daß sie sich in der Kopf-Hals-Chirurgie nicht hat durchsetzen können.

Die präklinische Erprobung verschiedener Prototypen erfolgte tierexperimentell am Landschwein. Nach Bildung eines adäquaten Trachealdefekts von ca. 6 cm Länge erfolgte die Überbrückung mit der Prothese. Der postoperative Verlauf wurde anschließend klinisch, röntgenologisch und endoskopisch kontrolliert.

Die Luftröhrenprothese, die als vorläufiges Endprodukt unserer Entwicklungsarbeit angesehen werden kann, hat eine näherungsweise Ähnlichkeit mit der menschlichen Trachea (Abb. 3): poröse Kunststoffspangen, die durch Metall verstärkt sind, stabilisieren einen zarten Silikonschlauch. Das Einwachsen von Bindegewebe in den porösen Kunststoff der Spangen verbessert die Verankerung im Lager. Die Enden der Prothese, die in die Trachealstümpfe eingeschoben werden, sind durch Edelmetallfedern stabilisiert, um einer Granulationsstriktur entgegenzuwirken. Die Morphologie berücksichtigt das natürliche Vorbild auch durch eine dorsale, weiche Membran, die dem Ösophagus anliegt. Das Risiko der Ösophagusperforation wird auf diese Weise minimiert.

Ein für den Schleimtransport besonders wesentliches Merkmal unserer Prothese ist die Innenbeschichtung des Rohrs mit einem Hydrogel. Damit verfügt das Implantat über eine „künstliche Schleimhaut“, die im feuchten Milieu des Luftwegs ständig benetzbar bleibt.

Nach unseren tierexperimentellen Erfahrungen fördert das Hydrogel den passiven Sekrettransport und verhindert die Schleimobturation erheblich besser als eine unbehandelte Silikonoberfläche.

Klinisch haben wir eine solche Prothese bisher in 3 Fällen eingesetzt. So z. B. bei einer 5 cm langen Trachealstenose bei Zustand nach Larynxteilresektion. Wir versuchen bei der Implantation, noch brauchbare Wandanteile der stenotischen Trachea zu erhalten. In den langstreckigen Defekt wird die Prothese eingesetzt. Das Tracheostoma wird sofort verschlossen. Ein Patient hat das Implantat über 1 $\frac{1}{2}$  Jahre ohne besondere Komplikation getragen. Der 82jährige ist kürzlich unabhängig von dieser Implantation an den Folgen eines Magenkarzinoms verstorben.

Eine Übersicht über die Therapieformen bei 71 an der HNO-Klinik des Klinikum Steglitz behandelten laryngotrachealen Stenosen zeigt, daß bei

überwiegend kombinierter Behandlung Platzhalter und Laser besonders oft angewandt werden. Betrachtet man die Behandlungsdauer bei diesen Stenosen, so schwanken die Mittelwerte von 13 Monaten bei Kindern bis etwa 7 Monate bei älteren Patienten.

*Durchschnittliche Therapiedauer bei laryngotrachealen Stenosen (n = 71):*

0– 1 Jahr	13 Monate;
1– 5 Jahre	13 Monate;
6–15 Jahre	11,5 Monate;
16–30 Jahre	7,7 Monate;
31–50 Jahre	10 Monate;
51–70 Jahre	7 Monate;
> 70 Jahre	5 Monate;
Gesamt	9,6 Monate.

Im Mittel wurde 9,6 Monate lang behandelt. Die Therapie laryngotrachealer Stenosen ist demnach auch heute noch langwierig. Sie verlangt bis zum definitiven Verschluß des Tracheostomas ein hohes Maß an Geduld sowohl vom Patienten als auch vom Arzt, der darüber hinaus viel Einfühlungsvermögen in die starke psychische und physische Belastung der Patienten aufbringen muß. Nur die Segmentresektion und die Implantation einer funktionierenden Prothese erlauben den unmittelbaren Verschluß des Tracheostomas mit sofortiger Herstellung physiologischer Verhältnisse für Atmung und Phonation.

Für die Zukunft darf vorsichtiger Optimismus ausgesprochen werden. Aufgrund der Weiterentwicklung operativer Verfahren und der Nutzung technischen Fortschrittes sollte es möglich sein, daß für diese schwer betroffenen Patienten mehr getan werden kann. Das gilt besonders auch für Kinder und Jugendliche, die bei uns 41 % des Patientengutes ausmachen.

## Literatur

1. Berghaus A, Handrock M, Matthias R (1984) Unser Konzept bei Anlage und Verschluß eines Tracheostoma. HNO 32:212–220