

Die intrapulmonale O₂-Speicherung mit dem NasOral-System

F. Mertzluft, R. Zander¹

Klinik für Anaesthesiologie und Intensivmedizin der Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg-Saar

¹Institut für Physiologie und Pathophysiologie der Universität Mainz

Die Gefahr der Intubationshypoxie

Bei jeder der jährlich in Deutschland durchgeführten etwa 5 Millionen Intubationsnarkosen muß die Gefahr einer Hypoxie riskiert werden, weil Intubation und kontrollierte Beatmung nur unter Apnoe durchgeführt werden können, meist nach Gabe eines Muskelrelaxans. Dabei treten in etwa 2% (1) unerwartet Intubationsprobleme auf mit erheblich verlängerter Apnoezeit, obwohl die betreffenden Patienten zuvor als unauffällig bzw. als „normal intubierbar“ eingestuft worden waren. Neben diesem Hypoxierisiko, in Deutschland wären dies immerhin 100 000 Fälle pro Jahr, muß zusätzlich noch mit Problemen seitens des die Intubation Ausführenden gerechnet werden (2). Verdachtsmomente für Intubationsprobleme, nämlich beispielsweise Übergewicht, eingeschränkte Beweglichkeit von Kiefer, Halswirbelsäule und Kopf sowie Polyarthrit und Diabetes mellitus (4), können einzeln oder kombiniert vorhanden sein. Die Häufigkeit von Intubationsproblemen wird für allgemein chirurgische Patienten mit 1:2230 angenommen, für solche der Herzchirurgie mit etwa 1:1000 und für das geburtshilfliche Krankengut mit 1:280 (4,6).

Als wesentliche Präventivmaßnahme wird üblicherweise die Vorratung von Sauerstoff eingesetzt, die seit den 50er Jahren als „Prä-Oxygenierung“ propagiert wird (3). Damit soll die bei Raumluftatmung vorhandene, aber nur geringe intrapulmonale O₂-Reserve von ca. 400 ml auf etwa 2500 ml maximal aufgestockt werden. Voraussetzung dazu ist allerdings die möglichst vollständige Elimination des Stickstoffs (N₂) aus der Lunge, das heißt mindestens zu 98%. Gelingt beides, N₂-Elimination und Auffüllen mit reinem O₂, so kann dies als optimale Prä-Oxygenierung bezeichnet werden (8). Nur diese optimale Prä-Oxygenierung allein vermag den Anstieg des alveolären pO₂ (pAO₂) auf etwa 670 mmHg zu bewirken, der letztlich erst den notwendigen und erwünschten Sicherheitspuffer gegen die drohende, iatrogene Intubationshypoxie darstellt. Diese O₂-Reserve innerhalb der FRC von etwa 2650 ml kann den O₂-Verbrauch für 10 Minuten Atemstillstand decken. Innerhalb dieser Zeit können die Mehrzahl der Intubationen sicher und erfolgreich ausgeführt werden, mit welchem Instrumentarium auch immer.

Verfahren zur intrapulmonalen O₂-Speicherung

Bezüglich der geeigneten Durchführung einer Prä-Oxygenierung sind die vorhandenen Angaben extrem variabel, nur schwer einzuordnen und entsprechende Standardvorgaben fehlen in den meisten einschlägigen Lehrbü-

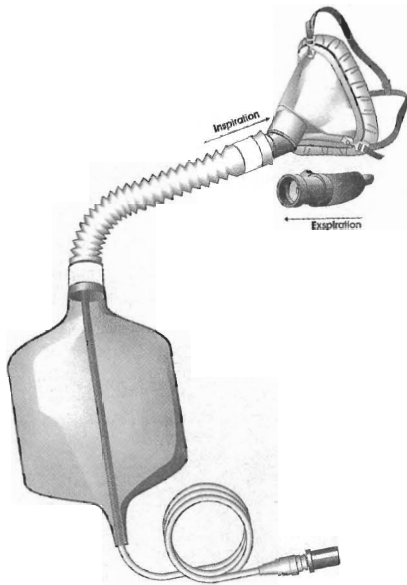


Abb. 1 Halbschematisch-fotografische Darstellung des NasOral-Systems zur optimalen Prä-Oxygenierung (intrapulmonale Sauerstoffspeicherung). Nasaler Teil des Systems zur O₂-Inspiration mit Universalkonnector, 2,5-Liter-Reservoirbeutel, 22-mm-Einwegventil und Nasenmaske. Oraler Systemteil zur Expiration bzw. zum Entweichen von Gasen mit Mund-Dichtungs-Platte und 22-mm-Einwegventil.

chern. Die Literatur belegt allerdings, daß die optimale Prä-Oxygenierung als Voraussetzung einer induzierten Intubationsapnoe betrachtet werden muß. Allerdings sollte sie möglichst einfach (freie Hände des Arztes) und in möglichst kurzer Zeit (innerhalb einer Minute) möglichst viel Stickstoff aus der Lunge eliminieren und diesen durch reinen Sauerstoff ersetzen sowie auch bei Kindern angewandt werden können (7).

Mit den zur Verfügung stehenden Systemen, z. B. Kreis- oder sogenannte Spülgassysteme, ist eine optimale Prä-Oxygenierung jedoch praktisch unmöglich. Alle Systeme werden limitiert durch die Relation des Atemminutenvolumens zur FRC, die erreichbare FIO₂ und das Problem der Rückatmung. Die klinische Situation vor Ort ist somit dadurch gekennzeichnet, daß weder die O₂-Konzentration von inspiratorisch 100 % erreicht, noch eine Rückatmung vor allem des Stickstoffs verhindert wird, selbst wenn extrem hohe O₂-Gasströme verwendet werden.

Mit dem sogenannten NasOral-System (5) steht ein Verfahren zur Verfügung, mit dem die FRC in jedem Fall mit reinem Sauerstoff gefüllt wird, das heißt mit dem optimal prä-oxygeniert werden kann. Die Applikation von Sauerstoff erfolgt mit diesem System in Form eines unidirektionalen Gasflusses von der Nase (nasal) zum Mund (oral): Durch Zufuhr von 100 % O₂ aus einem Reservoirbeutel über eine Nasenmaske mit Ventil nur über die Nase und Entweichen von Atemgasen und überschüssigem Sauerstoff nur über ein Mundventil, wird ein gerichteter Gasstrom (nas-oral) vorgegeben.

Damit wird der physiologische Weg insofern simuliert, als die Inspiration von O₂ mit Erwärmung und Anfeuchtung über die Nase und die Expiration von O₂, CO₂ und vor allem N₂ über den Mund erfolgt. Das System ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Infolge ihres Durchmessers von 22 mm erlauben beide Ventile ein ungehindertes Ein- und Ausatmen. Die sauerstoffzuführenden Teile können über den Anschlußadapter des Systems an jedes im OP oder im Ret-

tungswagen verfügbare O₂-Zuleitungssystem konnektiert werden. Dadurch ist es beispielsweise möglich, den Sauerstoff wie gewohnt über die Zentralversorgungseinheit zu regulieren und dem Atemminutenvolumen des Patienten anzupassen.

Klinische Prüfung des NasOral-Systems

Nach Genehmigung und Aufklärung wurden im Rahmen der routinemäßigen Maßnahmen zur Narkoseeinleitung 20 Patienten der ASA-Risikogruppen II bis III untersucht, Männer und Frauen im Alter von 11 bis 64 Jahren (im Mittel 65 kg schwer und 171 cm groß), die sich intrakraniellen Eingriffen unterziehen mußten, aber keine Hirndruckzeichen aufwiesen und keine kardiologischen Begleiterkrankungen, hingegen sehr wohl respiratorische Störungen wie beispielsweise Asthma. Zum Vergleich wurde bei 5 gesunden Probanden das optimierte Dräger-Kreissystem eingesetzt, das heißt nach zweiminütiger Spülung sowohl des In- als auch des Expirationsschenkels durch zwei Personen mit 15 l O₂/min. Die Prä-Oxygenierung der Probanden erfolgte durch einen erfahrenen Arzt mit 6 l O₂/min und dicht aufgepreßter Dräger-Maske (mit 220 ml Totraum).

Mit Beendigung der Narkoseeinleitungsvorbereitungen wurde anstatt der üblichen Prä-Oxygenierung mit dem Kreissystem das NasOral-System zur optimalen Prä-Oxygenierung eingesetzt. Dies erfolgte durch den Patienten selbst. Der Sauerstofffluß zum Reservoirbeutel des Systems wurde vom Anästhesiepersonal entweder gemäß dem Atemminutenvolumen (Volumeter 3000; Dräger) oder dem Füllungszustand des Reservoirbeutels feinreguliert (im Mittel 6 l O₂/min). Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit beider Systeme, NasOral- und Kreissystem, wurde ein Anästhesiegasmonitor (AGM 1304, Brüel & Kjaer) bekannter Meßgenauigkeit eingesetzt, mit dem die alveolären O₂- und CO₂-Werte gemessen werden können.

Gemessen wurden jeweils der Barometerdruck (pB), der pO₂-Maximalwert zu Beginn der nasalen Inspiration (pIO₂) und die alveolären pO₂- und pCO₂-Werte am Ende der Expiration am Mund (peEO₂ und peECO₂) bis zum Erreichen des vorgegebenen Meßintervalls von einer Minute Dauer. Mittels Videoprinter (UP-850; Sony) wurden die numerischen pO₂- und pCO₂-Werte sowie der Kurvenverlauf des jeweiligen Oxy- und Kapnogramms festgehalten. Die Ergebnisse der optimalen Prä-Oxygenierung mit dem NasOral-System sind in nachfolgender Tab. 1 denen der mit dem Kreissystem an Probanden erhaltenen gegenübergestellt.

Die in der Tabelle aufgeführten Ergebnisse belegen, daß mit dem NasOral-System trotz der sehr unterschiedlichen biometrischen, morphometrischen und respiratorischen Patientendaten innerhalb einer Minute Spontanatmung der intrapulmonale O₂-Speicher optimal mit O₂ gefüllt werden kann.

Nach einer Minute Applikationszeit und einem Flow gemäß dem Atemminutenvolumen liegen die inspiratorischen Werte für das NasOral-System bei 100 % und die expiratorischen bei 98 % des Maximalwertes. Im Vergleich zum optimierten Kreissystem, wie oben beschrieben mit 15 l O₂/min gespült, muß dies so interpretiert werden, daß das NasOral-System uneingeschränkt zur optimalen Prä-Oxygenierung geeignet ist, weil schon nach einer Minute praktisch

Tab. 1 Die nach einer Minute jeweils erreichten in- und expiratorischen (alveolären) pO₂-Werte sind in Prozent des Maximalwertes ausgedrückt. Der theoretische (maximale) pIO₂ unter BTPS-Bedingungen ergibt sich aus dem Barometerdruck (pB) minus dem Wasserdampfdruck von 47 mmHg, der maximale (theoretische) alveoläre pAO₂ unter BTPS-Bedingungen aus dem pIO₂ minus dem als pECO₂ gemessenen pACO₂. NasOral-System (n = 20 Patienten) mit bedarfsadaptiertem O₂-Fluß aus der Zentralversorgungseinheit und Applikation durch den Patienten, Kreissystem mit 6 l O₂/min nach zweiminütigem Spülen des In- und Expirationsschenkels mit 15 l O₂/min (n = 5 Probanden) und mit von erfahrenen Ärzten gehaltener, dichtsitzender Dräger-Maske (Totraum 220 ml).

Partialdrücke	NasOral-System	Dräger-Kreissystem
pB	735 ± 5	724
pIO ₂ (gemessen, BTPS)	690 ± 6	600 ± 68
pIO ₂ (gemessen, BTPS [%])	100	89
pACO ₂ (gemessen als pECO ₂)	32 ± 3	38 ± 4
pAO ₂ (theoretisch)	656	639
pAO ₂ (gemessen als pEO ₂)	642 ± 5	538 ± 54
pAO ₂ ([%] gemessen als pEO ₂)	98	84

keine Differenz mehr besteht zwischen in- und expiratorischen O₂-Meßwerten. Dies bedeutet, daß der vorhandene Stickstoff innerhalb von nur einer Minute bis auf 2% ausgewaschen und durch Sauerstoff ersetzt wurde. Dieser Befund ließ sich auch bei den mituntersuchten, pulmonal vorerkrankten Patienten reproduzieren und unterstreicht die besondere Eignung des Systems.

Schlußfolgerung

Mit dem beschriebenen NasOral-System kann innerhalb einer Minute Spontanatmung der intrapulmonale O₂-Speicher FRC optimal gefüllt werden, weil der vorhandene Stickstoff zu 98% nahezu vollständig aus der Lunge ausgewaschen ist. Schon während der Vorbereitungen zur Narkoseeinleitung kann jeder Patient routinemäßig, zuverlässig und optimal prä-oxygeniert werden. Auch während der Intubation – das Mundventil ist nun entfernt – wird der Patient noch mit Sauerstoff versorgt, das heißt apnoisch oxygeniert.

Somit kann das System sowohl für die Prä-Oxygenierung vor dem induzierten Atemstillstand als auch zur Vorsorge beim drohenden Atemstillstand eingesetzt werden. Für den Klinikalltag ergeben sich hieraus eine enorme Zeitersparnis, freie Hände für den Anästhesisten und eine deutliche Erhöhung der Sicherheit für den Patienten.

Literatur

- 1 Atkinson RS, Rushman GB, Lee JA (Hrsg.): Synopsis der Anästhesie. 2. Aufl., Fischer Stuttgart 1986.
- 2 Eichhorn JH: Prevention of intraoperative anesthesia accidents and related severe injury through safety monitoring. *Anesthesiology* 1989;70:572–577.
- 3 Lachmann RJ, Long JH, Krumpferman LW: The changes in blood gases associated with various methods of induction for endotracheal anesthesia. *Anesthesiology* 1955;16:29–40.
- 4 Landauer B: Management der schwierigen Intubation – unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes der Fiberbronchoskopie. *D. A. A. F.* 1993;19:128–135.
- 5 Mertzluft F, Zander R: A new device for the oxygenation of patients: the „NasOral-System“. *Adv. Exp. Med. Biol.* 1992;317:421–427.
- 6 Samsoon GLT, Young JRB: Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia* 1987;42:487–490.
- 7 Videira RLR, Neto PPR, Gomide Do Amaral RV, Freeman JA: Preoxygenation in children: for how long? *Acta Anaesthesiol. Scand.* 1992;36:109–111.
- 8 Zander R, Mertzluft F: Clinical use of oxygen stores: pre-oxygenation and apneic oxygenation. *Adv. Exp. Med. Biol.* 1992;317:413–420.

Priv.-Doz. Dr. med. F. Mertzluft

Klinik für Anaesthesiologie und Intensivmedizin
Universitätskliniken des Saarlandes
66421 Homburg-Saar