

## Besonderheiten der endotrachealen Intubation beim Kind

(Zur Arbeit von Grüneß et al., Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther. 1995;30:479–482)

R. Zander

Die Autoren weisen in der erwähnten Arbeit auf die Besonderheiten der „hypoxischen Atmungsregulation im Neugeborenenalter“, den „erhöhten O<sub>2</sub>-Verbrauch“, und daraus folgernd, auf die „rasante Hypoxie-Entwicklung bei plötzlichem Sistieren der Sauerstoffzufuhr“ hin. Obwohl in dieser Zeitschrift ausführlich darüber berichtet wurde, erwähnen die Autoren aber leider nicht, wie die „rasante Hypoxie-Entwicklung“ im Rahmen der routinemäßigen Intubation durch optimale Prä-Oxygenierung [1], insbesondere beim Kleinkind [2] mit großer Sicherheit zu verhindern ist.

Aus diesem Grunde soll auf die Problematik erneut kurz eingegangen werden. Im Gegensatz zum Erwachsenen weisen Kleinkinder bezüglich ihres intrapulmonalen Sauerstoffspeichers folgende Besonderheiten auf, wie in Tab. 1 zusammengefaßt: Die funktionelle Residualkapazität (FRC) ist deutlich kleiner, der gewichtsbezogene O<sub>2</sub>-Verbrauch erheblich größer und somit der intrapulmonale O<sub>2</sub>-Speicher deutlich vermindert. Für den klinischen Alltag ergibt sich daraus die Konsequenz, daß beim Kleinkind nach Beginn einer Intubations-Apnoe die arterielle O<sub>2</sub>-Sättigung, meist als sogenannte partielle O<sub>2</sub>-Sättigung pulsoxymetrisch gemessen, extrem schnell abfällt, weil der alveoläre und damit der arterielle pO<sub>2</sub> entsprechend gesunken sind. Diese Verhältnisse sind in der Abb. 1 wie folgt dargestellt: Für den Fall, daß bei einem Erwachsenen, einer Schwangeren (Besonderheit: Abnahme der FRC um 20% und Zunahme des O<sub>2</sub>-Verbrauchs um 20%) oder einem Kleinkind eine Intubations-Apnoe induziert wird, fällt die arterielle O<sub>2</sub>-Sättigung je nach Vorbereitung, das heißt Prä-Oxygenierung oder nicht, unterschiedlich schnell ab.

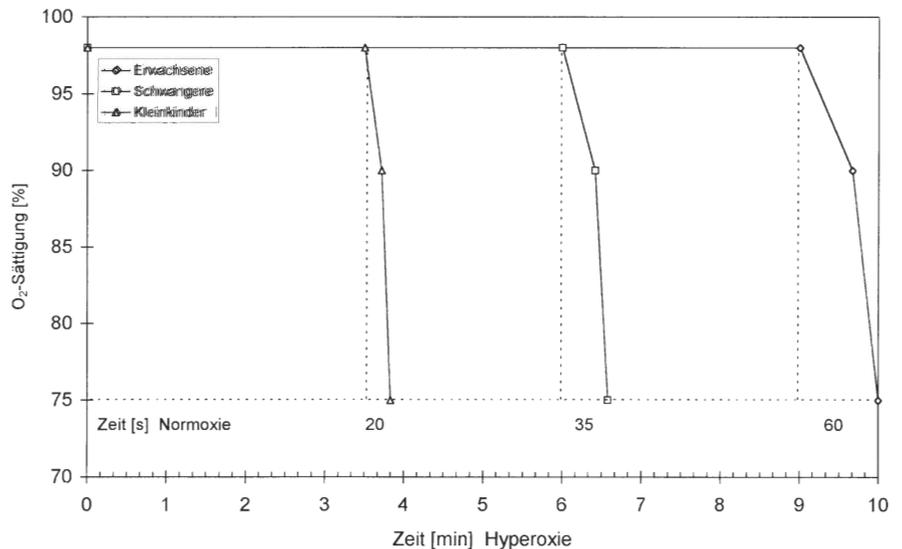
Ohne Prä-Oxygenierung unter Normoxie mit beginnender Hypoxie beträgt die Zeitdauer für einen p<sub>saO<sub>2</sub></sub>-Abfall von 98 auf 75% nur 20 Sekunden beim Kleinkind im Vergleich zu 60 Sekunden

beim Erwachsenen. Dabei wird der intrapulmonale O<sub>2</sub>-Speicher ausgeschöpft und das arterielle Blut nimmt die Werte des gemischt-venösen Blutes an, also p<sub>aO<sub>2</sub></sub> = p<sub>vO<sub>2</sub></sub> = 40 mmHg,

**Tab. 1** Intrapulmonaler O<sub>2</sub>-Pool (ml) unter Hyperoxie, Normoxie und beginnender Hypoxie für Erwachsene (65 kgKG), Schwangere (Abnahme FRC um 20%, Zunahme O<sub>2</sub>-Verbrauch um 20%) und Kleinkinder (6,5 kgKG), ermittelt aus der funktionellen Residualkapazität (FRC) und der zugehörigen alveolären O<sub>2</sub>-Fraktion (FAO<sub>2</sub>). Der effektive O<sub>2</sub>-Pool gibt an, wieviel Sauerstoff (ml) bei vorgegebener arterieller (partieller) O<sub>2</sub>-Sättigung (p<sub>saO<sub>2</sub></sub>,%) unter hyperoxischen Bedingungen (p<sub>saO<sub>2</sub></sub> konstant bei 98%) bzw. unter normoxisch-hypoxischen Bedingungen (Abfall der p<sub>saO<sub>2</sub></sub> von 98 auf 75%) genutzt werden kann.

FRC (ml)				Erwachsene	Schwangere	Kleinkinder
	FAO <sub>2</sub>	pAO <sub>2</sub> (mmHg)	p <sub>saO<sub>2</sub></sub> (%)	3000	2400	200
O <sub>2</sub> -Pool (ml)						
Hyperoxie	0,886	670	98	2650	2100	175
Normoxie	0,131*	100*	98	400	320	25
Hypoxie	0,053	40	75	160	130	10
Effekt. hyperoxischer O <sub>2</sub> -Pool (ml) (p <sub>saO<sub>2</sub></sub> 98 → 75%)				2250	1780	150
Effekt. normoxischer O <sub>2</sub> -Pool (ml) (p <sub>saO<sub>2</sub></sub> 98 → 75%)				240	190	15

\* Entsprechend einem alveolären pAO<sub>2</sub> von 100 mmHg beträgt die O<sub>2</sub>-Fraktion FAO<sub>2</sub> 0,131 bzw. die O<sub>2</sub>-Konzentration cAO<sub>2</sub> 13,1%. Der pAO<sub>2</sub> kann nicht demjenigen der Außenluft vergleichbar sein, wie irrtümlich mit 142,3 mmHg angegeben [3], ebensowenig beträgt die physiologische AaDO<sub>2</sub> 40 mmHg [3], sondern nur ca. 5–10 mmHg.



**Abb. 1** Änderung der pulsoxymetrisch gemessenen arteriellen (partiellen) O<sub>2</sub>-Sättigung (p<sub>saO<sub>2</sub></sub>,%) als Funktion der Zeit nach Beginn einer Apnoe für einen Erwachsenen (O<sub>2</sub>-Verbrauch 250 ml/min), eine Schwangeren (Zunahme des O<sub>2</sub>-Verbrauchs um 20%) oder ein Kleinkind (O<sub>2</sub>-Verbrauch 45 ml/min) unter Verwendung der Daten der Tab. 1. Der intrapulmonale O<sub>2</sub>-Speicher ist unter Hypoxie erschöpft, wenn die p<sub>saO<sub>2</sub></sub> von 98 auf 75% abgefallen ist. Dies ist der Fall nach 20 s beim Kleinkind, 35 s bei einer Schwangeren und nach 60 s beim Erwachsenen. Nach optimaler Prä-Oxygenierung (Hyperoxie) bleibt die p<sub>saO<sub>2</sub></sub> konstant bei 98% für die Dauer von 3,5 min beim Kleinkind, 6 min bei der Schwangeren und 9 min beim Erwachsenen.

$psaO_2 = 75\%$ . Der effektive  $O_2$ -Speicher kann nämlich beim Erwachsenen 240 ml  $O_2$  freisetzen, wenn der  $pAO_2$  von 100 auf 40 mmHg abfällt, während beim Kleinkind unter gleichen Bedingungen nur 15 ml  $O_2$  zur Verfügung gestellt werden können. Für den Fall der optimalen Prä-Oxygenierung ( $pAO_2$  ca. 670 mmHg) hingegen verbessern sich die Verhältnisse wie folgt: Beim Kleinkind stehen intrapulmonal zusätzlich 150 ml  $O_2$  zur Verfügung, die eine Apnoedauer von 3,5 Minuten mit konstanter  $psaO_2$  von 98% gewährleisten, während beim Erwachsenen 2250 ml  $O_2$  für eine Apnoedauer von 9 Minuten mit konstanter  $psaO_2$  von 98% resultieren.

Die entscheidende Vorsorge für die Besonderheiten der endotrachealen Intubation beim Kleinkind kann daher nur lauten, in jedem Falle eine möglichst optimale Prä-Oxygenierung zu gewährleisten, um so einen absoluten Hypoxie-Schutz für mindestens 4 Minuten Dauer sicherzustellen. Selbst eine mangelhafte, d. h. nur 50%ige Prä-Oxygenierung würde den Hypoxie-Schutz von 20 Sekunden auf wenigstens zwei Minuten erhöhen.

Es bleibt abzuwarten, ob die neueren Lehrbücher der Anästhesiologie entsprechende Hinweise aufnehmen (ein neues Lehrbuch [3] läßt dies leider vermissen) und ob eine unterlassene effektive Prä-Oxygenierung bei Allgemeinanästhesie als „Kunstfehler“ einzustufen sein wird (Vortragsthema beim 27. Münsteraner Anästhesie-Symposium 1995).

#### Literatur

- <sup>1</sup> Mertzluft F, Zander R: Die intrapulmonale  $O_2$ -Speicherung mit dem NasOral-System. Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther. 1994;29:235 – 237
- <sup>2</sup> Frei FJ, Ummenhofer W: Besonderheiten bei der Prä-Oxygenierung von Kindern. Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther. 1994; 29:233 – 235
- <sup>3</sup> Kretz F-J, Schäffer J, Eylich K: Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie. 2. Aufl., Springer 1996

Univ.-Prof. Dr. med. R. Zander

Institut für Physiologie  
und Pathophysiologie  
Universität Mainz  
Saarstraße 21  
55099 Mainz