

Lungenseparation bei Kindern und Jugendlichen

Dr. med. Martin Hölzle, Leitender Arzt, Klinik für Anästhesie, Rettungsmedizin und Schmerztherapie, Luzerner Kantonsspital, Luzern 16 (CH)

martin.hoelzle@luks.ch

Während in der Thoraxchirurgie bei Erwachsenen der Doppellumentubus für die Einlungenbeatmung der Goldstandard ist, ist dieser bei den Kindern erst ab einem Alter von acht Jahren verfügbar. Für jüngere Kinder müssen andere Massnahmen durchgeführt werden, welche im Verlauf beschrieben werden. Auch können in der Kinderchirurgie viele Thoraxeingriffe ohne Lungenseparation durchgeführt werden, indem die Chirurgen die Lunge einfach verdrängen. Selbstverständlich natürlich gibt es auch hier Indikationen für die Lungenseparation wie eine einseitige Blutung, eine bronchopulmonale Fistel oder als Hilfe für gewisse chirurgische Operationen.

Atemwegsanatomie

Um den korrekten Tubus respektive das korrekte Verfahren für die Einlungenventilation wählen zu können, muss man die Atemwegsanatomie kennen, wobei vor allem die Länge und der Durchmesser der Atemwege interessieren.

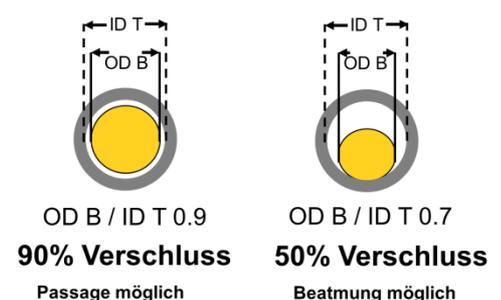
Kollegen aus Zürich konnten anhand von CT Scans zeigen, dass die Länge der Trachea und der Bronchi besser mit der Körperlänge als mit dem Alter korrelieren, jedoch die Diameter derselben besser mit dem Alter als der Körperlänge. Das Körpergewicht korreliert hingegen schlecht mit den Atemwegsgrössen. ¹⁾

Geschlechtsspezifische Unterschiede zeigen sich erst im Adoleszenten Alter insofern, dass die Atemwegsdiameter von Knaben im Alter von 14-20 Jahren weiter zunehmen, während ihr Wachstum bei Mädchen mit 14 Jahren praktisch abgeschlossen ist. ²⁾

Eine kürzlich publizierte Studie zeigt, dass je nach Messmethode (CT, MRI, Sonographie, Bronchoskopie) sich unterschiedliche Längen- und Grössenangaben der Atemwegsdimensionen zeigen. Dies auch, weil es bisher keine Standardisierung der Messmethoden und deren Auswertung gibt. ³⁾

Bronchoskopie ⁴⁾

Je nach Grösse des Beatmungstubus muss eine entsprechende Fiberoptik gewählt werden. Die Fiberoptiken werden entsprechend dem Aussendurchmesser (OD) benannt. Singellumentuben werden entsprechend dem Innendurchmesser (ID) benannt. Im Gegensatz dazu werden die Doppellumentuben (DLT) entsprechend dem



Aussendurchmesser in French (1 French = 1/3mm) benannt. Wichtig zu wissen ist, dass die Innendurchmesser bei den DLT je nach Hersteller variieren.

Damit eine Passage durch den Tubus möglich ist, darf der OD der Fiberoptik maximal 90% des ID des Tubus sein. Dadurch muss der Tubus mindestens einen ID von 2.5 haben, dass er mit den aktuell kleinsten vorhandenen Fiberoptiken passierbar ist.

Dass jedoch auch eine Beatmung parallel zur Bronchoskopie möglich wird, darf der Verschluss des Tubuslumens durch die Fiberoptik maximal 50% betragen. Dies ist der Fall, wenn der OD der Fiberoptik maximal 70% des ID des Tubus beträgt.

Optionen für die Einlungenbeatmung

Endobronchiale Intubation

Die endobronchiale Intubation der nicht operierten Seite kann in jedem Alter durchgeführt werden. Sie kommt jedoch vor allem bei den ganz kleinen Patienten zum Zuge (v.a. unter 6 Monaten). Mit Hilfe der Fiberoptik wird der Tubus an die richtige Stelle platziert. Der Vorteil dieser Technik ist, dass sie relativ einfach und schnell durchzuführen ist. Als Nachteile erweisen sich die Unmöglichkeit die operierte Lunge abzusaugen oder CPAP darauf zu geben. Zusätzlich besteht das Risiko, dass der Lungenkollaps nicht vollständig ist. Während die Platzierung links aufgrund des Carina Winkels etwas schwieriger sein kann, ist die Dislokation bei einer Länge des linken Hauptbronchus von durchschnittlich 22mm bei den ganz kleinen Patienten weniger wahrscheinlich. Auf der rechten Seite ist die Gefahr einer Dislokation oder einer Oberlappenatelektase besonders gross, da die durchschnittliche Länge des rechten Hauptbronchus bei den kleinsten Patienten nur gerade 6mm beträgt.¹⁾

Bronchusblocker

BB sind die Methode der Wahl für das Alter von sechs Monaten bis acht Jahren.

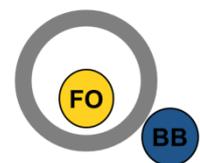
Verschiedene Produkte sind auf dem Markt erhältlich (Fogarty Katheter (vaskulärer Katheter), Arndt Blocker, EZ-Blocker, Uniblocker). Vor- und Nachteile der einzelnen Produkte sind in der Tabelle unten ersichtlich. Es gibt zwei Möglichkeiten der Platzierung:

die coaxiale Technik (Blocker im Tubus) und die parallele Technik (Blocker neben dem Tubus). Aufgrund der Geometrie wird bei auch bei der coaxialen Technik während der Platzierung mit Hilfe der Fiberoptik immer genügend Platz für eine Beatmung vorhanden sein.

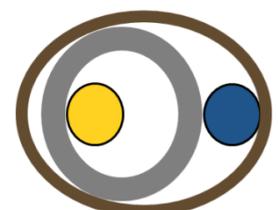
Die Bronchusblocker mit 4-Weg Adapter sind in der Grösse mindestens 5Fr (Ø1.67mm). Das heisst, dass für die kleinste Fiberoptik (2.2mm) mindestens ein ID 4.5 Tubus nötig ist. Das heisst, dass die coaxiale



Coaxiale
Technik



Parallele
Technik



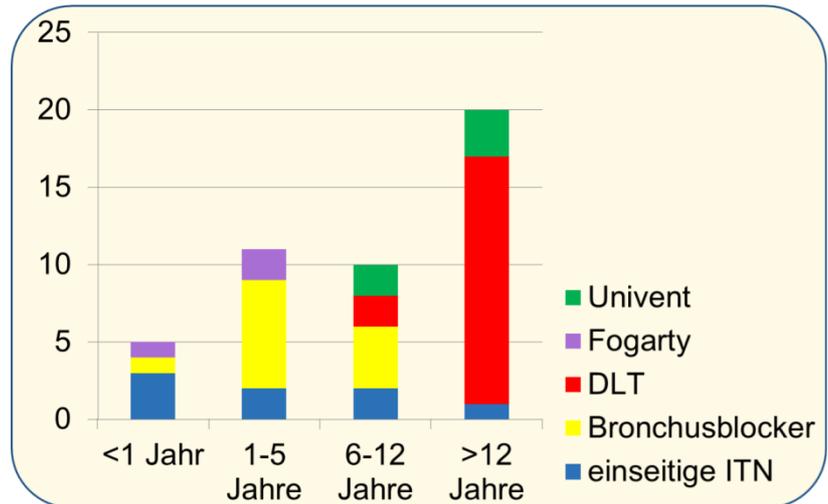
Technik bei einem ungecufften Tubus ab 2 Jahren und bei einem gecufften Tubus ab 4 Jahren möglich ist. Darunter kommt die parallele Technik zur Anwendung, indem man zuerst den Bronchus Blocker in die Trachea einlegt und danach intubiert. Die engste, nicht dehnbare Stelle, ist im kindlichen Atemweg das Cricoid. Bei den kleinen Kindern, wo eine parallele Technik zur Anwendung kommt, ist der transversale Cricoid Durchmesser grösser als der anterior-posteriore ⁶⁾. Von den gemessenen Cricoid-Dimensionen sollte ab einem Alter von 6 Monaten neben einem ID 3.5 Tubus ein 5Fr Blocker lateral des Tubus Platz haben. Wird eine parallele Technik gewählt eignen sich die Fogarty Katheter besser als die Arndt Blocker, da sie steifer und besser zu führen sind. Alternativ kann primär ein Tubus mit Hilfe des Bronchoskopes nach endobronchial dirigiert werden, danach wird über den Tubus der Bronchusblocker eingeführt, worauf der Tubus wieder ausgefädelt und parallel dazu ein neuer Tubus in die Trachea eingeführt wird.⁷⁾

Gerade die vaskulären Katheter haben hohe Ballondrücke, weshalb bei allen Kathetern der Ballon nur unter bronchoskopischer Sicht aufgeblasen werden soll, um das kleinst nötige Füllvolumen zu bestimmen.

Ist beim EZ-Blocker eine parallele Einlage geplant, dann kann ein ID5.5 Tubus genommen werden, welcher der Länge nach aufgeschnitten wird. In diesen wird nun der EZ-Blocker eingefügt. Dieser Tubus wird dann als erstes in die Trachea eingeführt, der EZ-Blocker ausgefädelt und der aufgeschnittene Tubus entfernt, danach wird der definitive Tubus neben dem EZ-Blocker intubiert. ⁸⁾

BB-Typ	Vorteile	Nachteile
Fogarty	<ul style="list-style-type: none"> •Steifer Führungsdraht (ab 4Fr) 	<ul style="list-style-type: none"> •Low volume, high pressure •Kein Absaugen oder CPAP •Off-label use
Arndt	<ul style="list-style-type: none"> •Nylon Schlaufe zur Platzierung •Möglichkeit für Absaugung und CPAP •Beatmung während Platzierung möglich •2ml Ballon mit tieferem Druck 	<ul style="list-style-type: none"> •Für parallele Technik weniger geeignet (Steifigkeit)
Uniblocker	<ul style="list-style-type: none"> •Steifer Schaft, abgewinkelte Spitze •Beatmung während Platzierung möglich 	<ul style="list-style-type: none"> •Kein Absaugen oder CPAP
EZ-Blocker	<ul style="list-style-type: none"> •Alternierendes Blocken möglich •Absaugen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> •Erst ab 7Fr erhältlich

Eine Studie aus Texas hat über 64 Monate retrospektiv die Einlungenbeatmung bei Kindern (Alter 9.3 Jahre, IQR 3-15 Jahre) analysiert. Unten stehende Tabelle zeigt die gebrauchten Varianten für die Einlungenventilation. Während unter einem Jahr vor allem die einseitige Intubation



angewendet wurde, kamen im Alter von 1 bis 12 Jahre vor allem die Bronchusblocker zur Anwendung. Über 12 Jahren war der Doppellumentubus die häufigste Art der Einlungenbeatmung. In dieser Studie wurden auch der Einfluss der Verfahren auf die Lungenphysiologie (Alveolo-arterielle pO₂-Differenz; Compliance; PaO₂/FiO₂-Ratio) untersucht, es fanden sich jedoch keine Unterschiede. Ebenso waren die Einleitungszeiten (als Surrogat Parameter für die Schwierigkeiten der ELV-Tool-Platzierung) in allen Gruppen gleich lang.⁹⁾

Univent Tubus

Der Univent Tubus hat einen kleinen klinischen Stellenwert. Er ist mit einem ID 3.5 und 4.5 erhältlich. Über ein separates Lumen kann der Bronchusblocker eingeführt werden. In diesen pädiatrischen Grössen hat der Bronchusblocker kein Lumen, so dass kein Absaugen oder CPAP der operierten Lunge möglich ist. Ein weiterer Nachteil ist der grosse OD, weshalb dieser Tubus erst ab einem Alter von 6 Jahren einsetzbar ist.

Doppellumentubus

Der Doppellumentubus ist nur endobronchial rund, ansonsten ist der transversale Durchmesser grösser als der antrio-posteriore. Der kleinste erhältliche DLT hat eine Grösse von 26F und ist ab einem Alter von 8 Jahren einsetzbar. Das optimale Vorgehen für die Wahl der Tubusgrösse wäre die CT-Bilder auszumessen. Alternativ können für den 26F DLT die Kriterien von Seefelder zu Rate genommen werden: Von 3 Kriterien (Alter >8 Jahre, Gewicht >30kg, Grösse >130cm) müssen zwei erfüllt sein.¹⁰⁾ Bei älteren Kindern kann approximativ die Tubusgrösse berechnet werden (Grösse in Fr: (Alter x 1.5) + 14).⁵⁾ Bei Jugendlichen über 16 Jahre ist die Wahl des DLT abhängig von Körpergrösse und Geschlecht.

Der Versuch einen Doppellumentubus für Neonaten und Säuglinge zur Marktreife zu bringen, in dem zwei ungecuffte Einlumentuben mit verschiedener Länge aneinandergeliebt wurden, konnte sich nicht durchsetzen.

Der unten stehenden Tabelle können Sie entnehmen, welche Varianten der Lungenseparation bei Kindern und Jugendlichen in Luzern vorzugsweise zur Anwendung kommen.

Alter / Grösse	Tube ID mm (FO mm)	DLT ¹⁾ French (FO mm)	BB Koaxial ²⁾ (FO mm)	BB Parallel ²⁾ (FO mm)	Einseitige Intubation
Frühgeborene	2,5-3,0 ohne Cuff (2.2)	-	-	-	einzigste Option
3 kg - 8 Mon.	3,0 mit Cuff (2.2)	-	-	4 Fr Fogarty (2.2)	ausnahmsweise
8 Monate – 2 Jahre	3,5 mit Cuff (2.2)	-	5 Fr bei Tubus > 4,5 o.Cuff (2.2)	5 Fr Arndt 4 Fr Fogarty (2.2)	ausnahmsweise
2-4 Jahre	4,0 mit Cuff (2.8)	-	5 Fr bei Tubus ≥ 4,5 o. Cuff ³⁾ (2.2)	5 Fr Arndt 4 Fr Fogarty (2.8)	
4-6 Jahre	4,5 mit Cuff (2.8)	-	5 Fr (2.2)		
6-8 Jahre	5,0 mit Cuff (2.8)	-	5 Fr (2.2)		
8-10 Jahre	5,5 mit Cuff (4.0)	26 (2.2)	7 Fr (2.2)		
10-12 Jahre	6,0 mit Cuff (4.0)	28 (2.2)	7 Fr (2.8)		
12-14 Jahre	6,5 mit Cuff (4.0)	32 (2.8)	7 Fr (2.8)		
14-16 Jahre	7,0 mit Cuff (4.0)	35 (2.8)	7 Fr (2.8)		
>16 Jahre Frau <160cm	7,5 mit Cuff (4.0)	35 (2.8)	7 Fr oder EZ-Blocker (4.0)		
>16 Jahre Frau 160-180cm	7,5 mit Cuff (4.0)	37 (2.8)	7 Fr oder EZ-Blocker (4.0)		
>16 Jahre Frau >180cm	7,5 mit Cuff (4.0)	39 (4.0)	7 Fr oder EZ-Blocker (4.0)		
>16 Jahre Mann <160cm	8,0 mit Cuff (4.0)	37 (2.8)	7 Fr oder EZ-Blocker (4.0)		
>16 Jahre Mann 160-180cm	8,0 mit Cuff (4.0)	39 (4.0)	7 Fr oder EZ-Blocker (4.0)		
>16 Jahre Mann >180cm	8,0 mit Cuff (4.0)	41 (4.0)	7 Fr oder EZ-Blocker (4.0)		

BB: Bronchusblocker ; DLT: Doppellumentubus; FO: Fiberoptik / grün hinterlegte Felder: bevorzugte Methode

Literatur

- 1) **Szelloe P.** et al. Lower airway dimensions in pediatric patients – A computed tomography study. *Ped Anesth* 2017; 27:1043-1049
- 2) **Kuo W.** et al. Reference values for central airway dimensions on CT images of children and adolescents. *AJR* 2018; 210:423-430
- 3) **Dave M.** et al. Pediatric airway dimensions—A summary and presentation of existing data. *Pediatric Anesthesia*. 2019;29:782–789
- 4) **Letal M.** et al. Paediatric lung isolation. *BJA Education* 2017; 17:57-62
- 5) **Griscom N.T.** et al. Dimensions of the growing trachea related to age and gender. *AJR* 1986; 146:233-237
- 6) **Mohtar S.** et al. Anesthetic management of thoracoscopic resection of lung lesions in small children. *Pediatr Anesth* 2018; 28: 1035-1042
- 7) **Piccioni F.** et al. Extraluminal EZ-blocker placement for one-lung ventilation in pediatric thoracic surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2015; 29:e71-e73
- 8) **Hale J.E.**, ed. Lung separation in children: Options and impact on gas exchange and lung compliance. *Pediatric Anesthesia* 2019; Epub ahead of print
- 9) **Seefeldler C.** Use of the 26-French double-lumen tube for lung isolation in children. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia* 2014; 28:e19-21
- 10) **Pawar D.** et al. One lung ventilation in infants and children experience with Marraro double lumen tube. *Pediatr Anesth* 2005; 15:204-208