

Aus der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin
der Medizinischen Fakultät Mannheim
(Direktor: Prof. Dr. med. Manfred Thiel)

Evaluation verschiedener positiver endexpiratorischer Druckniveaus bei
Kindern zur optimierten Beatmung mittels Larynxmaske während
kleinerer operativer Eingriffe

Inauguraldissertation
zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades
der
Medizinischen Fakultät Mannheim
der Ruprecht-Karls-Universität
zu
Heidelberg

vorgelegt von
Elisabeth Barbara Schätzle

aus
Freiburg im Breisgau
2017

Dekan: Prof. Dr. med. Sergij Goerd
Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Tim Viergutz

Ich widme diese Arbeit Prof. Dr. jur. Dr. h.c. mult. Alexander Hollerbach, meinem Großvater, der bis heute unermüdlich wissenschaftlich arbeitet, bis ins hohe Lebensalter alle Herausforderungen meistert und ein großes Vorbild für mich ist.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	1
1 EINLEITUNG	2
1.1 Einführung	2
1.2 Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP).....	2
1.3 Geschichte der Larynxmaske	3
1.4 Ziele und Fragestellung	4
2 MATERIAL UND METHODEN.....	5
2.1 Allgemeiner Studienaufbau	5
2.1.1 Einschlusskriterien.....	5
2.1.2 Ausschlusskriterien.....	5
2.1.3 Abbruchkriterien.....	6
2.1.4 Die ASA-Klassifikation	6
2.2 Die Larynxmaske Supreme™	6
2.2.1 Nebenwirkungen, Komplikationen und Kontraindikationen.....	9
2.3 Durchführung der Untersuchung.....	10
2.3.1 Prämedikation.....	10
2.3.2 Im Einleitungsraum und Materialvorbereitungen	10
2.3.3 Narkoseeinleitung.....	10
2.3.4 Platzierung der Larynxmaske Supreme™	11
2.3.5 Messung des Airway leak pressure	11
2.3.6 Einstellung des Narkosegerätes	11
2.3.7 Minimale alveoläre Konzentration – MAC.....	12
2.3.8 Einführen der Magensonde und Beginn der Datenerfassung intraoperativ.....	12
2.3.9 Messung der verschiedenen PEEP-Niveaus	12
2.3.10 Narkosebeendigung.....	14
2.3.11 Ablauf der Datenerfassung postoperativ.....	14

2.4	Statistik	14
3	ERGEBNISSE	16
3.1	Demographische Parameter	16
3.2	Vitalparameter.....	16
3.3	Beatmungsparameter	17
3.3.1	Dynamische Compliance	18
3.3.2	Endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration	18
3.3.3	Peak pressure	19
3.3.4	Airway leak pressure	19
3.3.5	Atemzugvolumen.....	19
3.4	Magensonde	20
3.4.1	Aspirat und Luft.....	20
3.5	Postoperative Phase	21
3.6	Unerwünschte Ereignisse	21
3.7	Körpergewichtsgruppen	22
3.7.1	Beatmungsparameter	23
3.7.2	Magensonde.....	23
3.8	Körpergewichtsgruppe (2).....	23
3.8.1	Beatmungsparameter	24
3.8.2	Magensonde.....	26
3.8.3	Postoperative Phase.....	27
3.9	Körpergewichtsgruppe (2,5).....	27
3.9.1	Beatmungsparameter	28
3.9.2	Magensonde.....	29
3.9.3	Postoperative Phase.....	30
4	DISKUSSION	31
4.1	Ergebnisbezogene Diskussion.....	31
4.1.1	Demographische Parameter.....	31
4.1.2	Ventilatorassoziierte Vorteile eines positiven endexpiratorischen Drucks	31
4.1.3	Hämodynamische Auswirkungen eines positiven endexpiratorischen Drucks	35
4.1.4	Die gastrale Luftinsufflation und das mögliche Aspirationsrisiko	36

4.1.5	Postoperative Phase.....	38
4.1.6	Unerwünschte Ereignisse	39
4.2	Grenzen und Limitationen	39
4.3	Schlussfolgerung und Ausblick	40
5	ZUSAMMENFASSUNG.....	42
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	44
7	TABELLARISCHER ANHANG.....	49
7.1	Datenerfassungsbogen.....	49
7.2	About	50
7.3	Ein Leitfaden zum National audit project (NAP4).....	53
7.4	Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter	61
7.5	Kinder richtig beatmen	69
7.6	LMA Supreme™ Second Seal	90
7.7	Gebrauchsanweisung – LMA Supreme™	102
7.8	Abbildungsverzeichnis	105
7.9	Tabellenverzeichnis	105
8	LEBENS LAUF	106
9	DANKSAGUNG	107

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

PEEP	positive end-expiratory Pressure = positiver endexpiratorischer Druck	
kg	Kilogramm	
KG	Körpergewicht	
ml	Milliliter	
cmH ₂ O	Zentimeter Wassersäule	
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule	
mbar	Millibar	
min	Minute	
T0	Beginn der Messreihe	Messreihe Beginn
T1	P5_B Beginn des PEEP-Niveaus von 5 mbar	PEEP 5 Beginn
T2	P5_E Ende des PEEP-Niveaus von 5 mbar	PEEP 5 Ende
T3	P3_B Beginn des PEEP-Niveaus von 3 mbar	PEEP 3 Beginn
T4	P3_E Ende des PEEP-Niveaus von 3 mbar	PEEP 3 Ende
T5	ZP_B Beginn des PEEP-Niveaus von 0 mbar	PEEP 0 Beginn
T6	ZP_E Ende des PEEP-Niveaus von 0 mbar	PEEP 0 Ende
T7	Ende der Messreihe	Messreihe Ende
HF	Herzfrequenz	
sRR	systolischer Blutdruck	
dRR	diastolischer Blutdruck	
SpO ₂	Sauerstoffsättigung	
AF	Atemfrequenz	
AZV	Atemzugvolumen	
PP	Peak pressure = Spitzendruck der Beatmung	
ALP	Airway leak pressure = Atemwegsleckagedruck	
DC	Dynamische Compliance	
EtCO ₂	endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration	
FiO ₂	inspiratorische Sauerstofffraktion	
LM	Luftmenge	
HS	Halsschmerzen	
PONV	postoperative nausea and vomiting = postoperative Übelkeit und Erbrechen	
AWR	Aufwachraum	
MAC	minimal alveolar concentration = minimale alveoläre Konzentration	
BIC	bayesian information criterion = bayesianisches Informationskriterium	
ASA	American Society of Anesthesiologists	
ARDS	acute respiratory distress syndrome = akutes Atemnotsyndrom	

1 EINLEITUNG

1.1 Einführung

Der oft zitierte Satz: „Kinder sind keine kleinen Erwachsenen“ zeigt, dass insbesondere in der Kinderanästhesie auf spezielle und altersspezifische Besonderheiten eingegangen werden muss, um eine bestmögliche anästhesiologische Betreuung der jungen Patienten zu ermöglichen.

Unter Narkose erlöschen nach kurzer Zeit die Atem- und Schutzreflexe. Die adäquate Oxygenierung des Patienten steht hier im Vordergrund. Als eine Beatmungsmöglichkeit bietet sich die Larynxmaske als supraglottische Atemwegshilfe an. Dies zeigt der zunehmende Gebrauch und die weite Verbreitung in der täglichen Praxis der modernen Anästhesie und Notfallmedizin seit der Einführung vor über 25 Jahren^{1, 2}. Auch in schwierigen Situationen kann die Larynxmaske zur Sicherstellung der Ventilation verwendet werden³, beispielsweise nach primär erfolgloser Intubation⁴ (siehe 7.4). Bei der vorliegenden Untersuchung wurde die Larynxmaske Supreme™ verwendet, eine Larynxmaske der zweiten Generation, mit der Möglichkeit der gleichzeitigen Anlage einer Magensonde. Seit einiger Zeit wird dieses supraglottische Atemwegshilfe mit dem positiven endexpiratorischen Druck (englisch positive end-expiratory pressure) kombiniert.

1.2 Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP)

Der positive endexpiratorische Druck (PEEP) beschreibt ein mechanisches Verfahren, welches einen positiven Druck in der Lunge nach jeder Expiration aufrechterhält⁵. 1938 wurde das Verfahren eines positiven endexpiratorischen Drucks unter Beatmung zur Therapie eines akuten Lungenödems bei Herzinsuffizienz erstmals angewandt⁶. In der Luftfahrt wurde der PEEP in den frühen 1940er Jahren aufgegriffen, um den alveolären Sauerstoffpartialdruck bei niedrigem Umgebungsdruck zu steigern. Dies ermöglichte das Fliegen in größeren Flughöhen⁶. In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts gewann die Anwendung eines PEEP insbesondere bei der Behandlung von Patienten mit „Acute respiratory distress syndrome“ deutlich an Aufmerksamkeit⁶. Heutzutage profitieren diese Patienten vor allem im Rahmen der lungenprotektiven Beatmung von einem PEEP in Kombination aus niedrigem Tidalvolumen und wiederholenden Recruitmentmanövern⁷. Bereits 1974 wurde ein PEEP in jeglichen Situationen empfohlen, wenn mehr als 60% inspiratorische Sauerstoffkonzentration zur Beatmung benötigt wurde⁸.

Intraoperativ wurde die positive Auswirkung eines PEEP auf die funktionelle Residualkapazität Anfang der 1970er Jahre deutlich⁹. Denn die Anwendung der Allgemeinanästhesie reduziert die funktionelle Residualkapazität auch bei Kindern und es entstehen intrapulmonale Shunts^{10, 11} (siehe 7.4). Dieses Shuntvolumen kann während der kontrollierten Beatmung bei Lungengesunden mittels PEEP vermindert, aber auch die Lungencompliance verbessert und höhere arterielle Sauerstoffpartialdrücke erreicht werden⁵. Durch einen PEEP wird die funktionelle Residualkapazität wieder erhöht⁵. Um beim intubierten erwachsenen Patienten dies auszugleichen, wird zumindest ein PEEP-Niveau von 5 bis 8 mbar empfohlen¹². Relativ gesehen haben Kinder bereits eine geringere funktionelle Residualkapazität

im Vergleich zu Erwachsenen¹¹. Bei Kindern ist eine optimierte funktionelle Residualkapazität somit besonders wichtig, weil sie zudem schwächere elastische Retraktionskräfte und ein geringeres Relaxationsvolumen haben, wodurch die Kinder verstärkt für Atelektasen anfällig sind¹³. Bei Kindern unter Allgemeinanästhesie mit einer druckkontrollierten Beatmung und der Verwendung der Larynxmaske ProSeal™ verbessert schon ein PEEP-Niveau von 4,9 mbar den Gasaustausch¹⁴.

Die Alveolen beginnen bei dem kritischen Verschlussvolumen zu kollabieren. Wenn dies am Ende der Expiration während der kontrollierten Beatmung unterschritten wird, können sich Atelektasen bilden¹⁵. Auf diese Weise entsteht eine inhomogene Belüftung der Lunge¹¹. Zusätzlich nachteilig wirkt sich die abnehmende funktionelle Residualkapazität bei gleichbleibendem kritischen Verschlussvolumen unter Allgemeinanästhesie aus¹⁵. Die Alveolen werden durch den PEEP offen gehalten, womit auch eine Lungenprotektion bewirkt wird¹², indem die ständige Wiederrekrutierung der Alveolen vermieden wird¹⁵. Zudem werden Volumen- oder Barotraumatata durch eine gleichmäßigere Verteilung des Atemzugvolumens und des Atemwegdrucks verhindert¹⁶, welche zu einem gehäuften Auftreten von interstitiellen Ödemen führen können¹². Trotzdem kann es zur Überblähung der Alveolen kommen, wodurch das funktionelle Totraumvolumen gesteigert, die Abatmung von Kohlenstoffdioxid beeinträchtigt und die Durchblutung gesenkt werden^{12, 13}. Es wird vermutet, dass mittels der besseren Belüftung auch das Pneumonierisiko gesenkt wird¹².

Ein PEEP, bereits konsequent durch die Einleitungsphase einer Narkose hinweg gegeben, verhindert die Ausbildung von Atelektasen und verbessert die Oxygenierung^{10, 17} (siehe 7.5). Durch die verbesserte Oxygenierung des Blutes ist eine Reduktion der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration möglich¹². Denn unter hoher inspiratorischer Sauerstoffkonzentration bilden sich nach einem Recruitmentmanöver nach 5 Minuten erneut Atelektasen aus¹⁸. Außerdem können insbesondere Neugeborene zusätzliche Schäden wie Retinopathien oder zerebrale Lähmungen aufgrund vermehrten und langanhaltenden Sauerstoffangebots erleiden¹⁸.

Heutzutage wird ein PEEP bei fast jedem Patienten unter Beatmung angewendet¹⁶. Allerdings ist dessen Einstellung meist willkürlich beziehungsweise abhängig von der Erfahrung des behandelnden Arztes¹⁶. Die wichtigsten Parameter dafür scheinen die Oxygenierung und die Lungenmechanik zu sein¹². Praktisch sollte der PEEP in kleinen Schritten so weit erhöht werden bis die inspiratorische Sauerstoffkonzentration unter 50% liegt¹⁹.

1.3 Geschichte der Larynxmaske

Die Larynxmaske wurde 1981 von Doktor Archie Brain aus Großbritannien mit dem Ziel entwickelt, eine Atemwegshilfe zu produzieren, die praktikabler als die Beatmungsmaske und weniger invasiv als ein Endotrachealtubus ist². Nach weiteren Entwicklungen von über 60 verschiedenen Mustern und klinischen Testungen wurde Ende 1987 die erste Larynxmaske des Typs Classic™ technisch hergestellt²⁰ (siehe 7.2). 1988 wurde die Larynxmaske dann in die klinische Praxis eingeführt²¹ und fand in kurzer Zeit zunehmende Verbreitung²⁰ (siehe 7.2). Nach den ersten Jahren war noch eine höhere Rate an Reflux von Mageninhalt während intermittierender positiver Druckbeatmung als bei einem Endotrachealtubus festzustellen²². Bereits

Mitte der 1990er Jahren wurde der Larynxmaske ein wichtiger Platz in der klinischen Anästhesie zugeschrieben und damals schon in die Leitlinien für das Management des schwierigen Atemweges aufgenommen²³.

Mittlerweile ist die Larynxmaske weit verbreitet und hat eine wichtige Stellung in der routinemäßig durchgeführten Anästhesie². Sie stellt eine feste Alternative zum Endotrachealtubus für Patienten unter Allgemeinanästhesie oder in tiefer Bewusstlosigkeit dar²⁴. Auch in der allgemeinen Kinderanästhesie ist die Larynxmaske schon längere Zeit eine häufig verwendete und etablierte supraglottische Atemwegshilfe¹⁴.

Heutzutage ist die Weiterentwicklung bis zur zweiten Generation, zu der auch die Larynxmaske Supreme™ zählt, fortgeschritten. Die Firma benennt die Vorteile schlagwortartig mit einfacher Anwendung, sehr leichter Platzierung, praktisches Einmalprodukt, minimal invasiv, sichere Trennung von Atemwegen und Gastrointestinaltrakt, einfacher Zugang zum Magen, Vermeidung von Luftinsufflation in den Magen und sichere Lagekontrollen von außen²⁰ (siehe 7.2). Sämtliche Größen, insbesondere auch für Kinder, sind jedoch erst seit Frühjahr 2013 erhältlich.

1.4 Ziele und Fragestellung

Die Larynxmaske stellt eine gute Möglichkeit zur Atemwegssicherung bei Kindern während kleinerer operativer Eingriffe dar. Hinsichtlich der optimalen Beatmung bei Verwendung der Larynxmaske, insbesondere der möglichen Verwendung eines positiv endexpiratorischen Drucks existieren jedoch bislang kaum Empfehlungen. Denn entgegen der Atemwegssicherung mittels Endotrachealtubus besteht bei Verwendung der Larynxmaske möglicherweise die Gefahr der gastraln Luftinsufflation mit möglichen weiteren Auswirkungen.

Zu dieser Dissertation sollen deshalb folgende Fragen geklärt werden:

1. Welche ventilatorassoziierten Vorteile entstehen durch die Anwendung eines PEEP gemessen anhand von Ventilations- und Oxygenierungsparameter?
2. Kann dadurch die Beatmung von Kindern unter Allgemeinanästhesie verbessert werden?
3. Bewirkt eine druckkontrollierte Beatmung in Kombination mit einem PEEP die gastrale Luftinsufflation?
4. Wenn ja, gibt es einen Zusammenhang zwischen der Höhe des PEEP und der Menge der gastraln Luftinsufflation?
5. Wenn es zur gastraln Luftinsufflation kommt, erhöht sich dann das Risiko einer Aspiration?

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Allgemeiner Studienaufbau

Die Datenerfassung der vorliegenden prospektiven klinischen Untersuchung umfasste den Zeitraum von Februar 2012 bis August 2014 und eine Stichprobe an Kindern im Alter zwischen 1 Jahr und 11 Jahren. Es wurden Daten zur Evaluation verschiedener PEEP-Niveaus bei Kindern zur optimierten Beatmung mittels Larynxmaske während kleinerer operativer Eingriffe erhoben. Die medizinische Ethikkommission II der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg gab dem Antrag für die oben genannte Untersuchung mit dem Aktenzeichen 2010-264N-MA statt.

An dieser Untersuchung nahmen Patienten der Klinik für Kinderchirurgie des Universitätsklinikums Mannheim teil. Die Aufklärung über die Teilnahme an der Untersuchung erfolgte schriftlich und mündlich nach der allgemeinen anästhesiologischen Aufklärung durch einen ärztlichen Mitarbeiter des Universitätsklinikums Mannheim mit ausreichendem zeitlichem Abstand vor dem operativen Eingriff. Die Probanden beziehungsweise deren Erziehungsberechtigten hatten genügend Zeit, die Teilnahme zu überdenken, und ausreichende Möglichkeiten der Nachfrage wurden gewährt. Des Weiteren konnte das Einverständnis zu jeder Zeit zurückgezogen werden. Die Probanden erhielten keine Aufwandsentschädigung.

Um möglichst viele nicht erfassbare Störfaktoren in der Durchführung zu verhindern, erfolgte diese durch eine kleine Gruppe anästhesiologischer Fachärzte der Klinik für Anästhesie und Operative Intensivmedizin des Universitätsklinikums Mannheim mit einer entsprechenden Expertise im Bereich der Kinderanästhesie sowie im Umgang mit supraglottischen Atemwegshilfen. Die Untersuchung lief zu jedem Zeitpunkt nach einem standardisierten Protokoll ab (siehe 7.1). Sonstige Anmerkungen zum individuellen Untersuchungs- und Operationsverlauf konnten ebenfalls notiert werden. Während der gesamten Durchführung konnte zu jeder Zeit die Untersuchung aufgrund von Komplikationen unter- oder abgebrochen werden.

2.1.1 Einschlusskriterien

Es wurden Kinder im Alter zwischen 1 bis 12 Jahren in die Untersuchung aufgenommen. Einbezogen wurden Patienten, die sich einem kleinen elektiven Eingriff wie zum Beispiel eine Leistenhernienoperation oder eine Zirkumzision unterzogen haben und zu einer supraglottischen Beatmungsform mittels Larynxmaske geeignet waren. Alle Patienten mussten der ASA-Klassifikation I bis III zugeordnet werden können.

2.1.2 Ausschlusskriterien

An der Untersuchung nahmen Probanden nicht teil, wenn die Teilnehmer beziehungsweise ihre Erziehungsberechtigten ihr Einverständnis verweigerten oder diese nach Auffassung des aufklärenden Arztes über nicht ausreichende

Sprachkenntnisse verfügten um die Bedeutung und Tragweite der Studie im Ganzen zu verstehen. Ausgeschlossen wurden Probanden ab der ASA-Klassifikation IV, mit einem erhöhten Risikopotenzial für eine schwierige Beatmung oder die nicht für die Anwendung einer Larynxmaske geeignet waren.

2.1.3 Abbruchkriterien

Zum Abbruch der Untersuchung kam es, wenn die Larynxmaske Supreme™ nicht beim ersten Versuch korrekt zu platzieren war oder sich im Verlauf eine Undichtigkeit zeigte. Konnte die Magensonde nicht für eine adäquate Funktion platziert werden, wurde ebenfalls die Durchführung der Messung beendet. Um die Sicherung der Atemwege über die Dauer der Operation zu gewährleisten, wurde ein weiterer Versuch mit der Larynxmaske Supreme™ durchgeführt, bevor auf eine andere Atemwegshilfe wie der Larynxmaske ProSeal™ oder dem Endotrachealtubus zurückgegriffen wurde. Ebenso konnte auch bei anderen Komplikationen, die die Atemwegssicherung oder die adäquate Beatmung nicht mehr gewährleisteten, jederzeit abgebrochen werden.

2.1.4 Die ASA-Klassifikation

Die ASA-Klassifikation wurde von der American Society of Anesthesiologists entwickelt und wird von dieser als „ASA Physical Status Classification“²⁵ empfohlen. Sie dient der Einteilung der Patienten zur Einschätzung des Gesundheitszustands präoperativ und somit zur Einschätzung des perioperativen Risikopotenzials. Dabei werden die Patienten in sechs Klassen unterteilt.

Folgende Liste zeigt in Kurzform die Kriterien der jeweiligen Klassen auf²⁵.

ASA-Klassifikation I	gesunder Patient
ASA-Klassifikation II	Patient mit leichter systemischer Erkrankung
ASA-Klassifikation III	Patient mit schwerer systemischer Erkrankung
ASA-Klassifikation IV	Patient mit lebensbedrohlicher systemischer Erkrankung
ASA-Klassifikation V	moribunder Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überleben wird
ASA-Klassifikation VI	hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden

In der hier durchgeführten Studie wurden trotz des Einschlusskriteriums ASA-Klassifikation I bis III nur Kinder mit hauptsächlich der ASA-Klassifikation I und in geringem Umfang ASA-Klassifikation II aufgenommen.

2.2 Die Larynxmaske Supreme™

Die Larynxmaske Supreme™ ist eine supraglottische Atemwegshilfe der zweiten Generation, welche als Einmalprodukt aus medizinischem Polyvinylchlorid entwickelt wurde^{26, 27} (siehe 7.6). Die Maskengrößen für Kinder werden mit den Ziffern (1), (1,5), (2), (2,5) und (3) bezeichnet und sind gewichtsadaptiert. Zudem sind das maximale Cuffvolumen und die maximale Größe der Magensonde vom Hersteller

vorgegeben²⁷ (siehe 7.6). Die weiteren Maskengrößen (4) und (5) sind für Erwachsene über 50 kg.

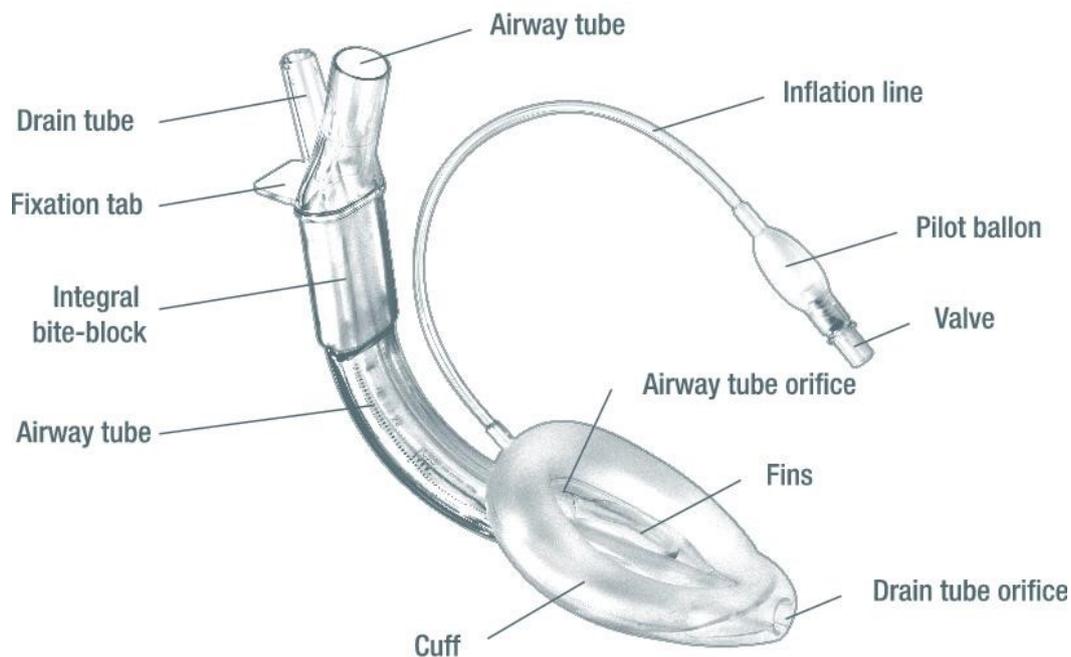
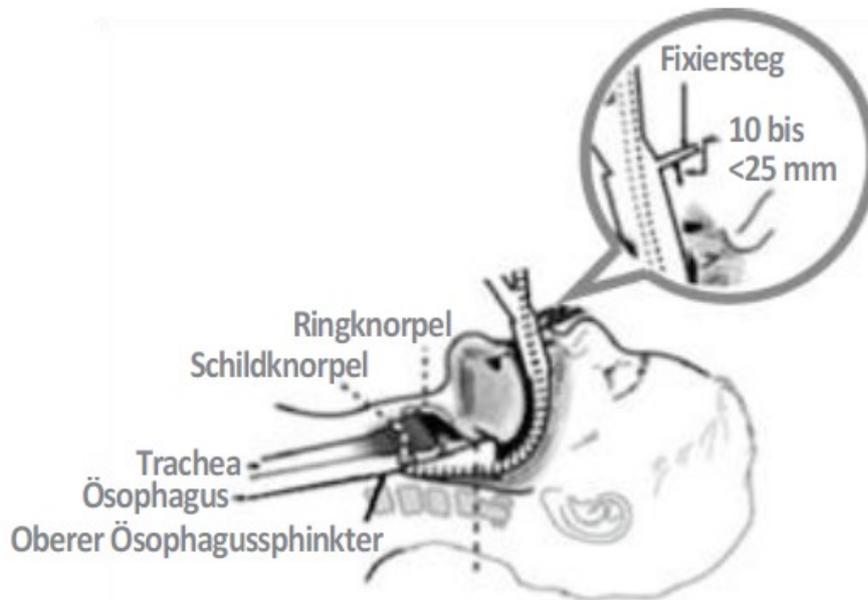


Abbildung 1: Die Larynxmaske Supreme™
 (Bereitstellung und Genehmigung der Firma Teleflex Medical GmbH)

Airway tube	= Beatmungstubus
Inflation line	= Befüllungsschlauch
Pilot balloon	= Pilotballon
Valve	= Ventil
Airway tube orifice	= Mündung des Beatmungstubus
Fins	= Lamellen
Drain tube orifice	= Mündung des Drainagekanals
Cuff	= Cuff
Integral bite-block	= integrierter Beißschutz
Fixation tab	= Fixiersteg
Drain tube	= Drainagekanal

Die Spitze der Larynxmaske Supreme™ kommt direkt vor dem oberen Ösophagus sphinkter zu liegen²⁶. Der Atemwegstubus ist abgeflacht und stabil²⁶. Er hat eine anatomisch angepasste Biegung und einen elliptischen Durchmesser²⁶ mit eingebautem Beißschutz, der eine Atemwegsobstruktion oder eine Beschädigung des Tubus verhindert²⁸ (siehe 7.7). Zusätzlich verhindern zwei seitliche Rillen im Tubus das Abknicken bei möglichen Biegungen während der Applikation²⁸ (siehe 7.7). Bei Patienten mit vermindertem Zahnreihenabstand erleichtert der elliptische Querschnitt das Einführen ohne den Widerstand der Beatmung zu steigern²⁶ (siehe 7.7). Die einfachere Einföhrung, die einfachere Handhabung im Vergleich zum Endotrachealtubus wird häufig benannt^{29, 30}. Auch an einem Modell für Neugeborene konnte mit einer Larynxmaske Supreme™ der Größe (1) diesen Vorteil und weitere wie beispielsweise einen höheren maximalen Beatmungsdruck sowie eine kürzere Zeit bis zur effektiven Ventilation im Vergleich zu anderen Modellen der Larynxmaske gezeigt werden³¹.

Am proximalen Ende des Beißschutzes befindet sich der sogenannte Fixiersteg, der zur Fixation des Tubus verwendet werden soll und auch als visuelles Kriterium zur Bestätigung der passenden Maskengröße herangezogen werden kann²⁶. Der Fixiersteg sollte 1 bis 2,5 cm von den Oberlippen entfernt sein²⁸ (siehe 7.7). Falls der Abstand geringer ist, so ist die Maske zu klein, falls der Abstand größer ist, so ist sie zu groß²⁶.



²⁸(siehe 7.7)

Abbildung 2: Größenbestimmung für die Larynxmaske Supreme™

Die Larynxmaske Supreme™ weist eine doppelte Abdichtung, oropharyngeal und ösophageal, auf²⁷ (siehe 7.6). Dadurch entsteht eine funktionale Trennung der Atemwege und des Verdauungstraktes²⁸ (siehe 7.7), wodurch die gastrale Luftinsufflation minimiert und das Aspirationsrisiko reduziert werden^{27, 32} (siehe 7.6). Mit der oropharyngealen Abdichtung wird die maschinelle Luftinsufflation in die Lungen ermöglicht. Dies ist laut Hersteller mit einem Druck von bis zu 37 cmH₂O möglich²⁷ (siehe 7.6). Bei Verbesserung der pharyngealen Abdichtung werden höhere Atemwegsdrücke ermöglicht, die das Hilfsmittel sowohl für eine größere Bandbreite an Patienten als auch für operative Eingriffe geeignet macht (Cook, T. M., Woodall, N., Frerk, C., Ein Leitfaden zum National audit project (NAP4), 2011, <http://www.lma.de/files/nap4brochure.pdf>, 17.12.2012, siehe 7.3). Beispielsweise können auch leichte bis moderat adipöse Patienten mit der Larynxmaske Supreme™ versorgt werden²⁷ (siehe 7.6).

Für eine adäquate Abdichtung der Atemwege bei Erwachsenen und Kindern empfiehlt der Hersteller einen Cuffdruck von 60 cmH₂O³³. Im vorliegenden Untersuchungsdesign hat man sich an die Herstellerangaben gehalten, indem mittels Cuffdruckmesser ein Cuffdruck von 60 cmH₂O eingestellt wurde. Ein Cuffmonitoring kam nicht zum Einsatz.

Der Drainagekanal verläuft durch die Mitte des Atemwegstubus auf der Hinterseite bis zum distalen Ende des Cuffs²⁶. Durch die Zugangsmöglichkeit in den Magen kann mithilfe einer Magensonde dieser einfach entleert und die funktionelle

Residualkapazität bei Kindern gesteigert werden^{10, 34}. Wenn unter Verwendung einer Larynxmaske kein Muskelrelaxans benötigt wird, verhindert dies zusätzlich die Abnahme der funktionellen Residualkapazität und somit die Abnahme der Gasaustauschfläche³⁵. Die Magendrainage stellt auch ein Überwachungsgerät dar, indem Undichtigkeiten durch einen geringen Abdichtungsdruck der Atemwege und hörbar entweichendes Gas angezeigt werden²⁶.

In ihrer Gesamtheit verspricht die Larynxmaske Supreme™ eine erfolgreiche druckkontrollierte Beatmungsmöglichkeit³⁶, die heute bereits regelmäßig in der Kinderanästhesie zu finden ist.

2.2.1 Nebenwirkungen, Komplikationen und Kontraindikationen

Bei Larynxmasken finden sich allgemein bis zu 3% Ventilationsstörungen, davon 0,8% Laryngospasmen, eine der wichtigsten Komplikationen in der Kinderanästhesie³⁷. Getriggert wird dies durch Infektionen der oberen Atemwege, welche Kinder bis zu 40% in den letzten zwei Wochen vor einem operativen Eingriff haben³⁸. In Kombination mit einer medikamentösen Behandlung steigt das Risiko für einen Laryngospasmus, die Sauerstoffsättigung und einen intraoperativen sowie im Aufwachraum vorhandenen Husten signifikant an³⁸.

Eine weitere wichtige Komplikation ist die pulmonale Aspiration. Die Larynxmaske bietet keinen hundertprozentigen Aspirationsschutz, weil sie Hypopharynx, Larynx und die Trachea nicht sicher abdichtet³⁹. Gesteigert wird die Aspirationsrate durch die zu frühe Entfernung der Larynxmaske vor Rückkehr der Schutzreflexe^{19, 37} und durch eine Magendehnung bei gastral Luftinsufflation¹. Die dadurch entstehende Hypoxie spielt bei der perioperativen Morbidität und Mortalität eine große Rolle⁴ (siehe 7.4). Die Häufigkeit einer Aspiration von Mageninhalt beträgt bei korrekter Platzierung etwa 2 pro 10.000 Narkosen^{19, 37}. Die daraus resultierende Aspirationspneumonie endet glücklicherweise nur in sehr seltenen Fällen letal³⁷.

Traumatische Schäden entstehen entweder durch das Einführen oder durch den Cuffdruck der Larynxmaske³⁷. Studien mit Erwachsenen haben Zusammenhänge zwischen höheren Cuffdrücken und steigenden Fallzahlen an Halsschmerzen, Heiserkeit und Nervenlähmungen gezeigt⁴⁰. Auch bei Kindern gibt es die Korrelation zwischen dem Cuffdruck und der Inzidenz der Halsschmerzen⁴⁰. Das Risiko, eine schwere Komplikation zu erleiden, liegt bei 1 pro 60.000 Fälle. Dazu gehören auch jegliche Nervenschäden³⁷.

Insgesamt beschreiben Jagannathan et al. bei 100 operierten Kindern mit der Larynxmaske Supreme™ eine Komplikationsrate von 6%, welche vergleichbar mit anderen Larynxmasken ist³⁰.

Nicht verwendet werden darf die Larynxmaske Supreme™ bei Patienten, die ein erhöhtes Aspirationsrisiko aufweisen oder deren Hals bestrahlt wurde und dadurch keine sichere Abdichtung mehr gewährleistet werden kann. Eine eingeschränkte Mundöffnung oder andere anatomische Gegebenheiten verhindern das erfolgreiche Einführen⁴¹. Des Weiteren ist die Larynxmaske nicht für Operationen in der Kopf- und Halsgegend geeignet, wenn der Chirurg keinen ausreichenden Zugang zum Operationsgebiet hat^{28, 41} (siehe 7.7). Ansprechbare Patienten mit intaktem Würgereflex sowie Patienten, die ätzende Substanzen eingenommen haben, sind

ebenfalls für eine Larynxmaske Supreme™ nicht geeignet²⁸ (siehe 7.7). Außerdem bestehen Kontraindikationen für die Larynxmaske, wenn der Leckagedruck dem Beatmungsspitzenndruck unterliegt⁴¹.

2.3 Durchführung der Untersuchung

2.3.1 Prämedikation

Vor der Operation erhielt jedes Kind spätestens 30 Minuten vor der Narkoseeinleitung 0,5 mg / kg Körpergewicht Midazolam per os als Prämedikation.

2.3.2 Im Einleitungsraum und Materialvorbereitungen

Mit der Identifikation des Probanden im anästhesiologischen Einleitungsraum wurden der Operationsgrund und die Operationsart sowie das Vorhandensein der Einwilligungserklärung für die Teilnahme an der Studie überprüft. Die Größenauswahl der Larynxmaske Supreme™ sowie der Magensonde und das Füllvolumen des Cuffs erfolgten anhand von gewichtsadaptierten Tabellen des Herstellers.

Tabelle 1: Auswahlkriterien für die Larynxmaske Supreme™

Masken- größe	Gewicht des Patienten	Maximale Magensonden- größe	Empfohlenes maximales Füllvolumen	Optimaler Cuff- Innendruck
1	< 5 kg	6 Fr	5 ml	60 cmH ₂ O
1.5	5 bis 10 kg	6 Fr	8 ml	
2	10 bis 20 kg	10 Fr	12 ml	
2.5	20 bis 30 kg	10 Fr	20 ml	
3	30 bis 50 kg	14 Fr	30 ml	
4	50 bis 70 kg	14 Fr	45 ml	
5	70 bis 100 kg	14 Fr	45 ml	

²⁸(siehe 7.7)

Die Larynxmaske Supreme™ wurde vor dem Einführen den vom Hersteller angegebenen Funktionstests unterzogen. Der Proband erhielt im Einleitungsraum einen intravenösen Zugang, der mit handelsüblicher Vollelektrolytlösung befahren wurde. Alle notwendigen demographischen Daten wurden auf dem Datenerfassungsbogen notiert.

2.3.3 Narkoseeinleitung

Als Narkoseverfahren wurde eine balancierte oder total intravenöse Anästhesie angewendet. Der Proband wurde an ein Narkosegerät des Typus Dräger Primus® mit Überwachungsbildschirm angeschlossen, der die Herzfrequenz, die Sauerstoffsättigung und die automatische Blutdruckmessung sowie ein 3-Kanal-Elektrokardiogramm anzeigt. Vor Beginn der Narkoseeinleitung wurde der Proband mittels engaufliegender Sauerstoffmaske mit einer inspiratorischen Sauerstofffraktion von 80% und 4 l Frischgasflow pro Minute präoxygeniert. Nach 3 Minuten wurden

dem Proband 2-4 µg pro Kilogramm Körpergewicht Fentanyl und 4-6 mg pro kg Körpergewicht Propofol verabreicht. Eine ausreichende Narkosetiefe wurde anhand der Testung des Lidreflexes sichergestellt¹⁹. Daraufhin konnte die Larynxmaske Supreme™ platziert werden. Ein Muskelrelaxans war zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung notwendig.

2.3.4 Platzierung der Larynxmaske Supreme™

Zum Einführen der Larynxmaske Supreme™ wurde zuvor Xylocain Gel 2%ig, das vom Hersteller als Gleitmittel empfohlen ist, auf der hinteren Seite der Larynxmaske aufgetragen. Nachdem der Anwender den Kopf in die Neutralposition gebracht hatte, wurde die Larynxmaske mit der Spitze voran und anfänglich mit der Öffnung nach kaudal eingeführt. Das Vorschieben wurde erst beendet, wenn ein Widerstand zu spüren war. Das Einführen der Larynxmaske Supreme™ erfolgte nach den Anweisungen des Herstellers²⁸ (siehe 7.7). Anschließend wurde der Cuff mit Hilfe eines Cuffdruckmessers auf 60 cmH₂O nach Herstellerangaben befüllt. Falls der Druck über dieser Empfehlung lag, konnte über ein Druckablassventil überschüssige Luft ausgeleitet werden. Zur sofortigen Lagekontrolle wurde, wie laut Hersteller empfohlen, 1 bis 2 ml wasserlösliche Flüssigkeit in das proximale Ende des Drainagekanals gegeben. Nach korrektem Platzieren der Larynxmaske war eine leichte Auf- und Abbewegung der Flüssigkeit bei Druck und Entlastung der suprasternalen Kerbe zu sehen. Somit lag das distale Ende korrekt, welches in dieser Position den Ösophagus sphinkter dicht umschloss²⁸. Kam es zu einer Undichtigkeit der Larynxmaske, konnte dies an einem akustischen Geräusch aus dem Mund und Blasen werfendes Gleitgel am proximalen Ende des Drainagekanals festgestellt werden⁴². Die adäquate Ventilation wurde anhand beidseitiger sichtbarer Atemexkursionen, beidseitiger Auskultation der Atemgeräusche und einer Kapnographie festgestellt. Nach Überprüfung oben genannter Parameter wurde die Larynxmaske fixiert und der Proband zur weiteren Beatmung an das Gerät des Typus Dräger Primus® angeschlossen.

2.3.5 Messung des Airway leak pressure

Der Airway leak pressure ist der Beatmungsdruck, bei dem die Larynxmaske beginnt undicht zu werden. Dies wird in Form eines akustischen Geräusches wahrgenommen. In dieser Untersuchung wurde die Messung des Airway leak pressure in folgender Technik gemessen. Nach dem Anschließen des Narkosegerätes wurde eine druckkontrollierte Beatmung mit einem Ausgangswert von 18 cmH₂O gestartet. Dieser Wert wurde in Einerschritten (1 cmH₂O) bis auf maximal 25 cmH₂O erhöht. Sobald eine Undichtigkeit auftrat, wurde dieser Wert einmalig dokumentiert. Wurde bereits eine Undichtigkeit bei dem Ausgangswert von 18 cmH₂O festgestellt, so konnte keine adäquate Beatmung mit ausreichendem Schutz der Atemwege sichergestellt werden und es kam zum Abbruch der Datenerfassung.

2.3.6 Einstellung des Narkosegerätes

Alle Parameter wurden an dem gleichen Narkosegerät des Typus Dräger Primus® durch den beteiligten Anästhesisten erfasst und auf dem Datenerfassungsbogen

dokumentiert. Es erfolgte eine druckkontrollierte Beatmung mit dem Ziel eines Tidalvolumens von 6 bis 8 ml pro Kilogramm Körpergewicht und einem PEEP-Niveau von 3 mbar. Die inspiratorische Sauerstofffraktion wurde von 80% auf 50% reduziert. Das Ziel waren eine Sauerstoffsättigung von über 95% und eine endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration von 33 bis 39 mmHg. Die Narkose wurde durch Sevofluran mit einer minimalen alveolären Konzentration von 0,8 als balancierte Anästhesie oder durch Propofol als total intravenöse Anästhesie bis zum Ende der Operation aufrechterhalten.

2.3.7 Minimale alveoläre Konzentration – MAC

Die minimale alveoläre Konzentration gibt die narkotische Potenz eines Inhalationsanästhetikums⁴³ oder die dosisabhängige Wirkungsstärke an⁴⁴. Dabei wird davon ausgegangen, dass im Gleichgewichtszustand der alveoläre Partialdruck eines Narkosegases identisch ist mit der Konzentration im Gehirn³⁷. In der Regel wird der MAC-Wert angegeben, bei dem 50% der Patienten mit gleicher Dosis keine Schmerzreaktion auf einen definierten Schmerzreiz zeigen. Der Bedarf an dem Inhalationsanästhetikum wird von anderen Narkosemedikamenten⁴³, der Körpertemperatur und dem Alter beeinflusst. Kinder und Patienten mit Fieber benötigen eine höhere Dosis. Im Gegensatz dazu wird die MAC nicht von der Narkosedauer, dem Geschlecht, der Größe und des Körpergewichts des Patienten beeinflusst⁴⁴. In der vorliegenden Studie kam als Inhalationsanästhetikum ausschließlich Sevofluran zum Einsatz. Sevofluran weist unter Sauerstoff einen MAC-Wert von 2 in Volumenprozent auf³⁷. Das Gas wurde unter Narkose so gesteuert, dass der berechnete MAC-Wert zum Alter bei 0,8 war.

2.3.8 Einführen der Magensonde und Beginn der Datenerfassung intraoperativ

Jeder Proband erhielt zudem eine passende Magensonde durch den Drainagekanal unmittelbar nach der Lagekontrolle der Larynxmaske Supreme™. Die Magensonde war ebenfalls mit Xylocain Gel 2% als Gleitmittel benetzt. Nach der Applikation der Magensonde wurde mit Hilfe einer Spritze falls vorhanden Mageninhalt beziehungsweise insufflierte Luft abgezogen und deren Mengen einzeln notiert. Damit begann die Datenerfassung mit dem Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ und einem PEEP-Niveau von 3 mbar. Darüber hinaus wurden die aktuellen Vital- und Beatmungsparameter, wie auf dem Protokoll angegeben (siehe 7.1), dokumentiert.

2.3.9 Messung der verschiedenen PEEP-Niveaus

Das Aspirieren über die Magensonde erfolgte im weiteren Verlauf der Durchführung jeweils am Ende eines eingestellten PEEP-Niveaus. Dazu gehörten die definierten Messzeitpunkte T2 („PEEP 5 Ende“), T4 („PEEP 3 Ende“), T6 („PEEP 0 Ende“) und zusätzlich T7 („Messreihe Ende“). Ab dem Beginn der maschinellen Beatmung bis zum Messzeitpunkt T1 („PEEP 5 Beginn“) herrschte ein PEEP-Niveau von 3 mbar vor. Der Messzeitpunkt T1 („PEEP 5 Beginn“) folgte unmittelbar auf T0 („Messreihe Beginn“) und war definiert als Beginn mit dem PEEP-Niveau von 5 mbar. Nach 5 Minuten wurde der Messzeitpunkt T2 („PEEP 5 Ende“) und das Ende des PEEP-Niveaus von 5 mbar erreicht. Daraufhin folgte der Messzeitpunkt T3 („PEEP 3 Beginn“) als Beginn mit einem PEEP-Niveau von 3 mbar. Ebenfalls nach 5 Minuten

wurde das Ende des PEEP-Niveaus von 3 mbar als Messzeitpunkt T4 („PEEP 3 Ende“) erreicht. Das zuletzt getestete PEEP-Niveau an 0 mbar erfolgte mit dem Beginn des Messzeitpunktes T5 („PEEP 0 Beginn“). Nach 5 Minuten wurden die Werte unter dem Messzeitpunkt T6 („PEEP 0 Ende“) als Ende des PEEP-Niveaus 0 mbar dokumentiert. Direkt danach erfolgte ein Rekrutierungsmanöver und der PEEP wurde auf ein Niveau von 3 mbar wieder angehoben. Damit beendete der Untersucher die Durchführung der Datenerfassung zum Messzeitpunkt T7 („Messreihe Ende“), der als Ende der Messreihe definiert war, und setzte die Narkose über die Operationszeit nach den heutigen Standards in der Kinderanästhesie fort.

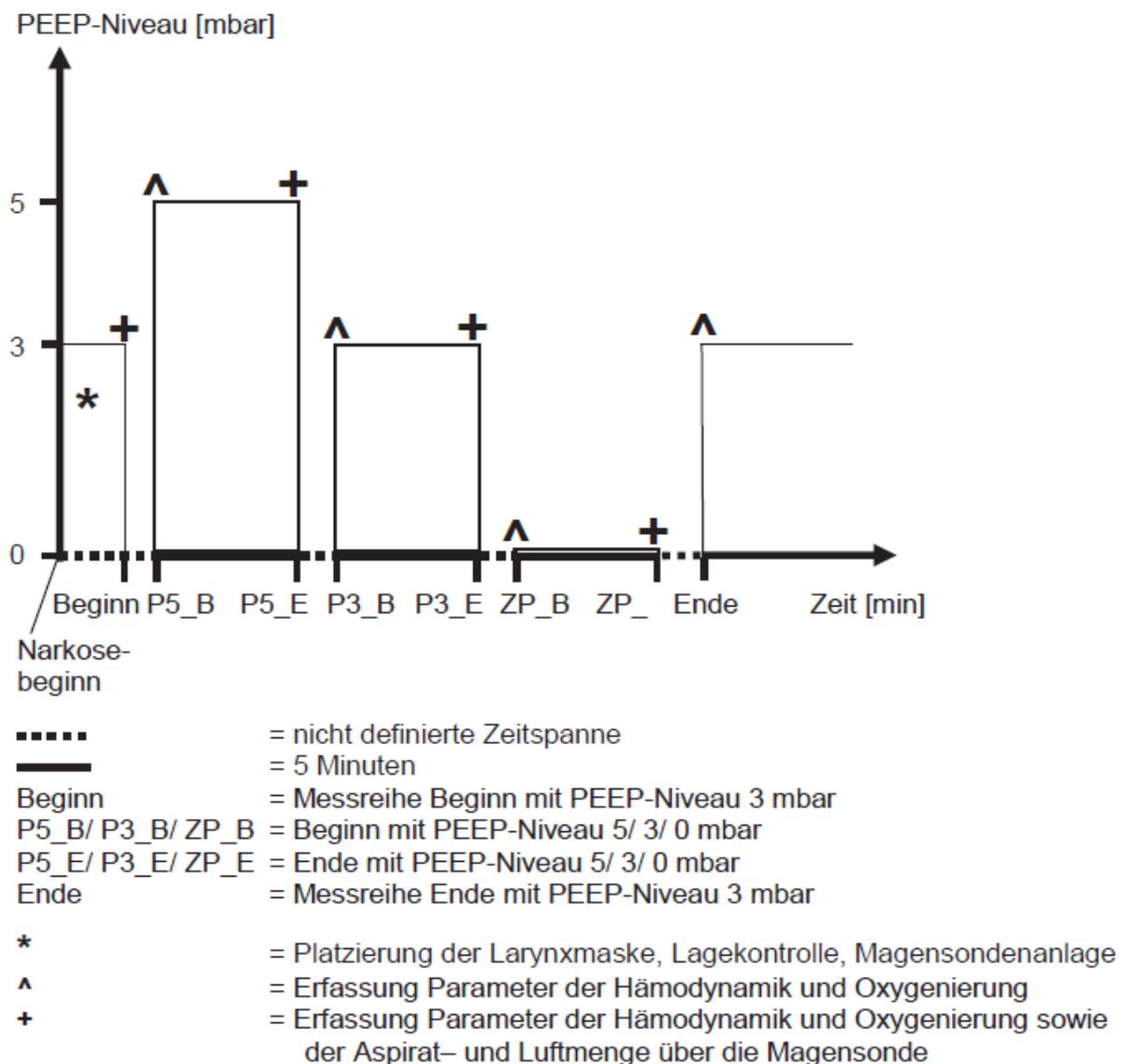


Abbildung 3: Zeitstrahl über den Ablauf der Datenerfassung

2.3.10 Narkosebeendigung

Am Ende der Operation wurde die Larynxmaske bei wachem Probanden mit suffizienter Atmung und ausreichend vorhandenen Schutzreflexen fachgerecht entfernt und der Proband dem Team im Aufwachraum übergeben. Nach Entfernung der Larynxmaske Supreme™ wurde diese nach Blut oder anderen Auffälligkeiten untersucht und bei Bedarf unter „Sonstige Anmerkungen“ dokumentiert.

2.3.11 Ablauf der Datenerfassung postoperativ

Vor Verlegung des Probanden aus dem Aufwachraum wurde vom Untersucher eine postoperative Verlaufsbeobachtung durchgeführt. Diese beinhaltete die Fragen nach Halsschmerzen und nach postoperativer Übelkeit und Erbrechen. Die Fragen konnten jeweils mit ja oder nein beantwortet werden, wobei dies bei Kleinkindern nach dem klinischen Zustand eruiert wurde. Außerdem wurde die Verweildauer im Aufwachraum dokumentiert und gegebenenfalls sonstige Anmerkungen auf dem Datenerfassungsbogen notiert.

2.4 Statistik

Die Datenerfassung erfolgte mittels eines standardisierten Befundbogens. Die erhobenen Probandendaten wurden in einer Excel-Tabelle digitalisiert und archiviert. Zur statistischen Auswertung wurden diese Daten an das Statistikprogramm SAS (Release 9.3) importiert und analysiert. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0,05$ festgelegt. Ergebnisse mit einem Wert von 0,05 bis 0,01 wurden als schwach signifikant bezeichnet.

Für alle quantitativen Merkmale erfolgte die Berechnung der Mittelwerte, des Medians, der Standardabweichung, des Minimums und des Maximums. Daten, die pro Beobachtungseinheit mehrfach erfasst wurden, wurden mittels Varianzanalysen mit Messwiederholungen ausgewertet. Dafür wurde die SAS-Prozedur PROC MIXED mit dem fixen Faktor „Messzeitpunkt“ und dem zufälligen Faktor „Patienten-ID“ verwendet. Es wurden vier definierte Messzeitpunkte zugrunde gelegt. T0 („Messreihe Beginn“), T2 („PEEP 5 Ende“) als Ende des PEEP-Niveaus von 5 mbar, T4 („PEEP 3 Ende“) als Ende des PEEP-Niveaus von 3 mbar und T6 („PEEP 0 Ende“) als Ende des PEEP-Niveaus von 0 mbar. Mittels Scheffé-Test erfolgten paarweise Vergleiche der Mittelwerte der genannten Messzeitpunkte.

Außerdem wurde mit PROC MIXED eine multiple Analyse mit drei fixen Faktoren (dem Alter in Monaten, dem Körpergewicht in kg und dem Messzeitpunkt) durchgeführt. Damit war es möglich, eine Regressionsgleichung zu erstellen, um aufgrund der signifikanten Einflussgrößen einen Wert für die relevante Zielgröße zu schätzen.

In Abhängigkeit des Körpergewichts wurden 6 Hauptgruppen definiert, die nach der verwendeten Größe der Larynxmaske Supreme™ benannt waren. Somit waren die Hauptgruppen mit den Namen (1,5) bei 5 bis 10 kg, (2) bei 10 bis 20 kg, (2,5) bei 20 bis 30 kg, (3) bei 30 bis 50 kg und (4) bei 50 bis 70 kg Körpergewicht.

Tabelle 2: Einteilung der Körpergewichtsgruppen

Name der Körpergewichtsgruppe	Körpergewicht [kg]
(1)	< 5
(1,5)	5 bis 10
(2)	10 bis 20
(2,5)	20 bis 30
(3)	30 bis 50
(4)	50 bis 70

Die Hauptgruppen wurden als unterschiedliche Körpergewichtsgruppen angesehen. Nach dieser Einteilung wurde auch dieses nominalskalierte Merkmal als fester Faktor zusammen mit dem Messzeitpunkt und dem Alter mit PROC MIXED evaluiert. Dabei quantifizierte das bayesianische Informationskriterium (BIC) die Güte des Modells. Anschließend erfolgten separate Auswertungen für die Körpergewichtsgruppen (2) und (2,5).

Mit dem „EndNote X 7“ Programm erfolgte die Quellen- und Zitatangabe nach dem Zitierstil „Journal of the American Society of Nephrology ThesisWeb“. Die Literaturrecherche erfolgte über die Onlinedatenbanken „PubMed“ und „Medpilot“ beziehungsweise „Livivo“. Der Bücherbestand der Bibliothek der medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg wurde genutzt sowie die Onlinesuche nach beispielsweise elektronisch verfügbaren Büchern über das Portal „HEIDI-Katalog“.

3 ERGEBNISSE

Von den erhobenen Daten zu den 7 Messzeitpunkten wurden nicht alle in die Auswertung aufgenommen. Zum Vergleich wurden vier Gruppen mit einem Messzeitpunkt als Hauptmerkmal definiert. Dies waren die Messzeitpunkte T0 mit einem PEEP-Niveau von 3 mbar („Messreihe Beginn“), T2 mit 5 mbar („PEEP 5 Ende“), T4 mit 3 mbar („PEEP 3 Ende“) und T6 mit 0 mbar („PEEP 0 Ende“). In den Abschnitten 3.1 bis 3.6 sind die Ergebnisse mit dem Körpergewicht als stetigem Merkmal, während in dem Abschnitt 3.7 die Ergebnisse anhand Körpergewichtsgruppen dargestellt werden. Innerhalb der Körpergewichtsgruppen (2) mit allen Probanden mit einem Körpergewicht von 10 bis 20 kg und (2,5) mit einem Körpergewicht von 20 bis 30 kg werden die Ergebnisse ebenfalls mit dem Körpergewicht als stetigem Merkmal jeweils in den Abschnitten 3.8 und 3.9 dargestellt.

3.1 Demographische Parameter

In die Untersuchung wurden 67 Probanden aufgenommen. Davon waren es 12 Mädchen und 55 Jungen. Im Durchschnitt belief sich das Alter auf 4,65 Jahre, das 4 Jahren und knapp 8 Monaten entsprach. Der jüngste Proband war 13 Monate alt und der älteste Proband 10 Jahre und 10 Monate. Im Durchschnitt lag ein Körpergewicht von 19,53 kg vor. Der leichteste Proband wog 9,00 kg und der schwerste Proband 59,00 kg. Entsprechend der vom Hersteller empfohlenen gewichtsadaptierten Größen kamen Larynxmasken SupremeTM der Größe (1,5), (2), (2,5), (3) und (4) zum Einsatz.

3.2 Vitalparameter

Die Vitalparameter beinhalteten die Erfassung der Herzfrequenz, des systolischen und diastolischen Blutdrucks sowie der Sauerstoffsättigung zu den jeweils in die Auswertung eingehenden Messzeitpunkten. Abbildung 4 zeigt den Verlauf der Vitalparameter.

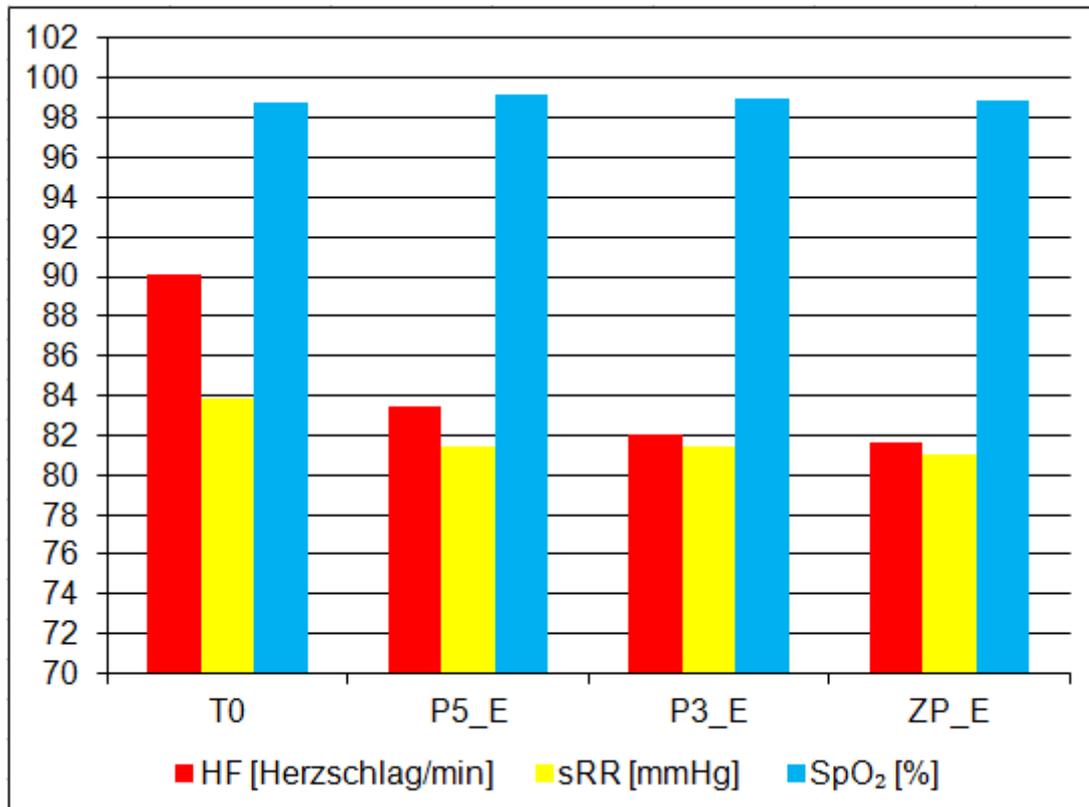


Abbildung 4: Verlauf der Vitalparameter Herzfrequenz (HF), systolischer Blutdruck (sRR) und Sauerstoffsättigung (SpO₂) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E; P3_E; ZP_E)

3.3 Beatmungsparameter

Die erfassten Beatmungsparameter beinhalteten die Atemfrequenz, das Atemzugvolumen, den Peak Pressure, die dynamische Compliance, die endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration und die inspiratorische Sauerstofffraktion zu jedem Messzeitpunkt sowie den Airway leak pressure zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die erfassten Daten. Die inspiratorische Sauerstofffraktion war ein festgesetzter Wert.

Tabelle 3: Verlauf der Beatmungsparameter Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Peak Pressure, dynamische Compliance, expiratorische Kohlenstoffdioxid-Konzentration und inspiratorische Sauerstoffkonzentration als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E). Der Mittelwert steht vor der Klammer. In der Klammer ist die Standardabweichung mit einem Semikolon vor dem Minimal- und Maximalwert, die durch einen Bindestrich verbunden sind, aufgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$. Signifikante Werte sind mit „s“ und nicht signifikante Werte mit „ns“ unter „p-Wert“ beschrieben.

	T0	P5_E	P3_E	ZP_E	p-Wert
dynamische Compliance [ml/mbar]	17,06 (7,06; 7,0-39,6)	18,40 (7,54; 8,5- 41,7)	16,82 (6,95; 7,6- 40,4)	14,39 (5,52; 5,7- 34,2)	< 0,0001 (s)
EtCO₂ [mmHg]	38,4 (4,6; 28-51)	37,1 (4,7; 29-49)	38,2 (4,3; 30-48)	41,3 (5,1; 31-51)	< 0,0001 (s)
Peak Pressure [cmH₂O]	12,9 (1,7; 8-17)	14,9 (1,6; 12-19)	13,0 (1,6; 10-17)	10,6 (1,5; 7-15)	< 0,0001 (s)
Atemzugvolumen [ml]	162,8 (61,5; 75-411)	170,4 (66,2; 80- 422)	160,2 (60,8; 72- 386)	138,8 (50,2; 54- 313)	< 0,0001 (s)
Atemfrequenz [Atemzüge/min]	21,0 (3,7; 15-32)	20,9 (3,8; 15-32)	20,9 (3,8; 14-32)	21,0 (3,8; 14-32)	0,8706 (ns)
FiO₂	0,607 (0,131; 0,40-0,97)	0,511 (0,063; 0,38-0,76)	0,491 (0,061; 0,38-0,76)	0,488 (0,038; 0,38-0,76)	< 0,0001 (s)

3.3.1 Dynamische Compliance

Hervorzuheben sind die Werte der dynamischen Compliance, weil sich signifikante Werte im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zwischen dem PEEP-Niveau 0 mbar zu den PEEP-Niveaus 5 mbar und 3 mbar sowie zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ zeigten. Zudem konnten ein signifikanter Unterschied zwischen dem PEEP-Niveau 3 mbar und 5 mbar und eine Signifikanz zwischen „PEEP 5 Ende“ zu „Messreihe Beginn“ erfasst werden. Im Vergleich der einzelnen PEEP-Niveaus konnte somit eine signifikante Abnahme der dynamischen Compliance vom PEEP-Niveau 5 mbar bis 0 mbar beobachtet werden. Der maximale Wert zum Messzeitpunkt „PEEP 5 Ende“ lag im Durchschnitt bei 18,40 ml pro mbar. Zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“ befand sich der minimale Wert im Durchschnitt bei 14,39 ml pro mbar. Als potenzielle Einflussfaktoren erwiesen sich der Messzeitpunkt, das Alter und das Körpergewicht signifikant. Nach der Aufstellung einer Regressionsgleichung ergab sich, dass je schwerer und je älter ein Kind war, desto größer die dynamische Compliance war.

3.3.2 Endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration

Gegensätzlich zur dynamischen Compliance war eine Zunahme der endtidalen Kohlenstoffdioxid-Konzentration bei abnehmendem PEEP-Niveau zu beobachten. Im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zeigten sich signifikante Werte zwischen dem PEEP-Niveau 0 mbar jeweils zu den anderen PEEP-Niveaus 5 mbar und 3 mbar sowie zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“. Eine schwache Signifikanz ergab sich zwischen „PEEP 5 Ende“ zu „Messreihe Beginn“. Keinen signifikanten Unterschied wies der Wert zwischen dem PEEP-Niveau 5 mbar und 3 mbar auf. Als potenzielle Einflussfaktoren ergaben sich für das Alter und den Messzeitpunkt

signifikante Werte. Dabei fanden sich mit zunehmendem Alter des Kindes abnehmende endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentrationen.

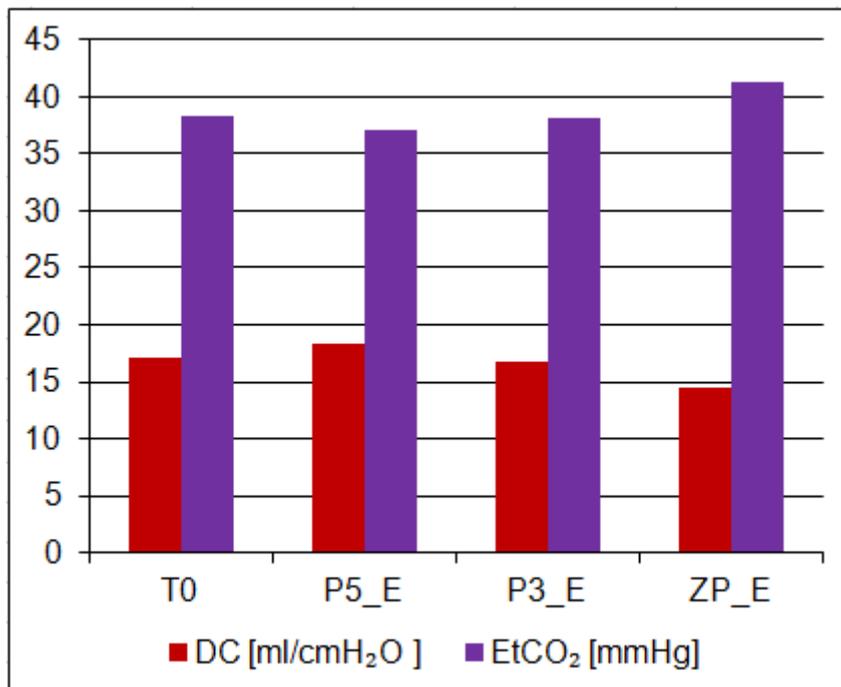


Abbildung 5: Verlauf der dynamischen Compliance (DC) und der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Konzentration (EtCO₂) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.3.3 Peak pressure

Beim Peak pressure zeigten sich signifikante Werte im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zwischen den einzelnen PEEP-Niveaus zueinander. Außerdem war das PEEP-Niveau 5 mbar und 0 mbar, nicht jedoch das PEEP-Niveau 3 mbar, signifikant zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“. Als potenzieller Einflussfaktor konnte nur der Messzeitpunkt mit einem signifikanten Wert berechnet werden. Das Alter und das Körpergewicht hatten keinen Einfluss auf den Peak pressure.

3.3.4 Airway leak pressure

Der Airway leak pressure wurde einmalig zu Beginn der Datenerfassung zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ gemessen. Der Durchschnitt lag bei 22,50 cmH₂O. Der minimale Wert betrug 18 cmH₂O. Der maximale Wert war auf 25 cmH₂O im Voraus festgelegt worden. Darüber hinaus wurde der Airway leak pressure in der vorliegenden Untersuchung nicht getestet.

3.3.5 Atemzugvolumen

Wie bei der dynamischen Compliance ist bei dem Atemzugvolumen eine signifikante Abnahme mit Reduktion des PEEP-Niveaus zu beobachten. Signifikant waren jeweils die Vergleiche zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“. Des Weiteren zeigte sich ein signifikanter Wert zwischen „PEEP 5 Ende“ und „PEEP 3 Ende“. Zwischen

„Messreihe Beginn“ in Bezug zu „PEEP 5 Ende“ wurde eine schwache Signifikanz deutlich. Nicht signifikant war dieser Vergleich in Bezug zu „PEEP 3 Ende“.

Als potenzielle Einflussfaktoren ergaben sich für den Messzeitpunkt, das Körpergewicht und das Alter einen signifikanten Wert. Eine erstellte Regressionsgleichung ermöglichte die Schlussfolgerung: Je schwerer und je älter ein Kind war, desto höher war auch das Atemzugvolumen.

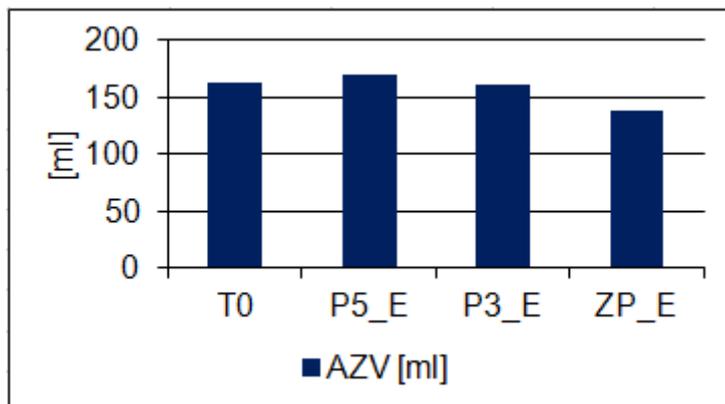


Abbildung 6: Verlauf des Atemzugvolumens als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.4 Magensonde

Über die Magensonde konnte zu jeder Zeit vorhandene Luft oder Sekret abgesaugt werden. Dies wurde zu den definierten Messzeitpunkten „Messreihe Beginn“, „PEEP 5 Ende“, „PEEP 3 Ende“ und „PEEP 0 Ende“ durchgeführt.

3.4.1 Aspirat und Luft

Aspirat beziehungsweise Sekret von flüssiger Konsistenz wurde nur zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ erfasst. Im Durchschnitt zeigte sich hierbei ein Aspirat von 0,32 ml. Allerdings war auch ein Maximum von 15 ml zu verzeichnen. Bei der Luftmenge waren die maximalen Werte 20 ml. Im Durchschnitt ergab sich der höchste Wert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ mit 5,688 ml. Signifikante Werte wurden zwischen den jeweiligen PEEP-Niveaus 5, 3 und 0 mbar zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ bei der Luftmenge erkannt. Im Rahmen der multiplen Regression wurde gezeigt, dass sowohl das Körpergewicht als auch das Alter keinen signifikanten Einfluss auf die Luftmenge im Magen nahmen. Dagegen erwies sich der Messzeitpunkt als potenzieller Einflussfaktor.

Tabelle 4: Verlauf der Luftmenge im Magen als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E). Der Mittelwert steht vor der Klammer. In der Klammer ist die Standardabweichung mit einem Semikolon vor dem Minimal- und Maximalwert, die durch einen Bindestrich verbunden sind, aufgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$. Signifikante Werte sind mit „s“ und nicht signifikante Werte mit „ns“ unter „p-Wert“ beschrieben.

	T0	P5_E	P3_E	ZP_E	p-Wert
Luftmenge [ml]	5,688 (4,976; 0-20)	2,810 (3,852; 0-20)	1,839 (2,987; 0-20)	1,587 (2,339; 0-11)	< 0,0001 (s)

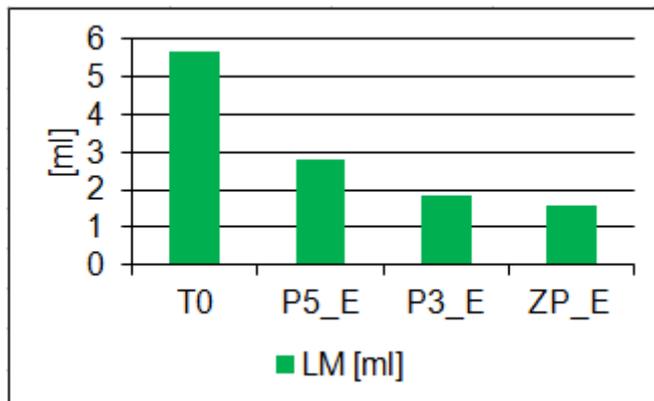


Abbildung 7: Verlauf der Luftmenge (LM) im Magen als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.5 Postoperative Phase

Unter „sonstigen Anmerkungen“ wurden keine Auffälligkeiten an der Larynxmaske wie beispielsweise Blut dokumentiert. Bei einem Probanden wurde vermerkt, dass dieser sehr aufgeregt war, weil er präoperativ kein Midazolam erhalten hatte. Ein anderer Proband hatte einen kleinen respiratorischen Infekt in den oberen Atemwegen. Ansonsten traten keine relevanten postoperativen Komplikationen auf.

In zwei Fällen wurden Halsschmerzen angegeben. Bei drei Probanden wurde postoperative Übelkeit und Erbrechen vermerkt. Im Aufwachraum ergab sich eine durchschnittliche Verweildauer von 57,24 Minuten. Am kürzesten blieb ein Proband für 40 min und am längsten einer für 110 min im Aufwachraum.

3.6 Unerwünschte Ereignisse

Bei vier Teilnehmern war aus unterschiedlichen Gründen ein Abbruch notwendig. Eine Larynxmaske Supreme™ erwies sich bereits mit dem Beginn der ersten Messung bei einem PEEP-Niveau von 5 mbar als undicht. Daraufhin wurde die Messung abgebrochen und man hat sich für ein anderes Larynxmodell der Firma Ambu AuraOnce™ entschieden. Die Operation konnte ohne weitere Komplikationen durchgeführt werden. Bei zwei weiteren Probanden hatte der Anästhesist Probleme mit dem Verschieben und Platzieren der Magensonde. Dies war schlussendlich nicht möglich und es kam zum Abbruch der Datenerfassung. Die Operation wurde trotzdem unter Beatmung über die Larynxmaske Supreme™ durchgeführt. Auch diese erfolgten ohne weitere Komplikationen. Bei dem vierten Probanden erwies sich die Larynxmaske Supreme™ zum Messzeitpunkt „Messreihe Ende“ als undicht. Es

erfolgte die Entfernung der Larynxmaske Supreme™ und ein Endotrachealtubus wurde zur Atemwegssicherung für den operativen Eingriff verwendet. In allen Fällen konnte der Anästhesist keine Ursache für die genannten Komplikationen nennen. Kein Proband wies derartig schwere Komplikationen auf, wodurch die Operation nicht mehr möglich gewesen wäre.

3.7 Körpergewichtsgruppen

In Abhängigkeit des Körpergewichts wurden 6 Hauptgruppen, wie unter 2.4 beschrieben, definiert. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Probanden an der vorliegenden Untersuchung. Wegen der fehlenden Probanden mit einem Körpergewicht von unter 5 kg, konnte keine Hauptgruppe für die Larynxmaske Supreme™ Größe (1) gebildet werden.

In der Gruppe (1,5) befanden sich 5 Probanden, in Gruppe (2) waren 38 Probanden, in Gruppe (2,5) waren 17 Probanden, in Gruppe (3) waren 5 Probanden und in Gruppe (4) war ein Proband. Zu einem Probanden blieb die Information über das Körpergewicht aus, daher konnte keine sichere Zuteilung zu einer Gruppe erfolgen (siehe Abbildung 8). Nach der Güte des Modells, angegeben durch das bayesianische Informationskriterium (BIC), machte die Ergebnisse deutlich, dass bis auf die multiple Regression der inspiratorischen Sauerstofffraktion bei allen anderen Verlaufsparemtern die Nominalskalierung einen geringeren und damit einen besseren BIC-Wert zeigte. In der weiteren Ausführung werden die Körpergewichtsklassen als nominalskaliert betrachtet.

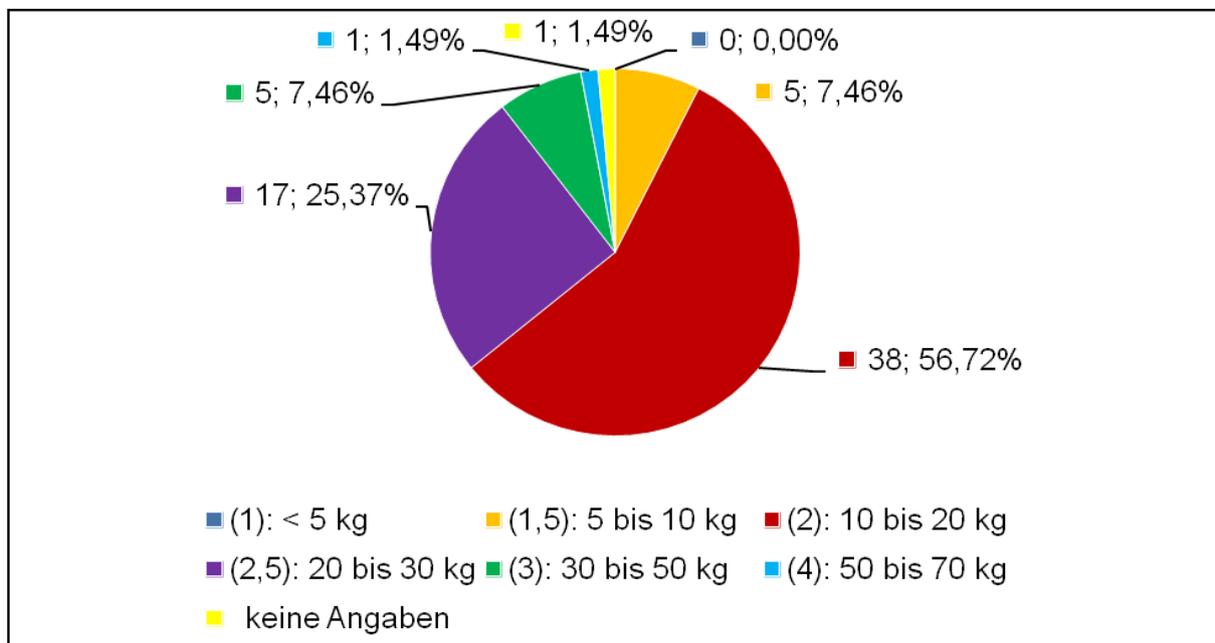


Abbildung 8: Einteilung der Körpergewichtsgruppen mit Gruppennamen und Kilogrammintervall nach absoluter Häufigkeit und Prozentzahl, getrennt durch ein Semikolon

3.7.1 Beatmungsparameter

Im paarweisen Vergleich des Parameters der Atemfrequenz mittels Scheffé-Test ergab sich ein signifikanter Wert zwischen den Gruppen (1,5) und (3) mit 0,0077 sowie den Gruppen (2) und (3) mit 0,0376.

Signifikante Werte zeigten sich bei dem Atemzugvolumen. Hierbei war der paarweise Vergleich zwischen allen Gruppen jeweils in Bezug zur Gruppe (4) signifikant sowie zwischen den Gruppen (2) und (3). Zwischen den Gruppen (1,5) und (2,5) jeweils in Bezug zur Gruppe (3) ergab sich eine schwache Signifikanz.

Bei dem Peak pressure traten die Körpergewichtsgruppen nicht als Einflussfaktoren hervor, ebenso nicht bei der endtidalen Kohlenstoffdioxid-Konzentration und der inspiratorischen Sauerstofffraktion. Dagegen wurde ein signifikanter Wert mit 0,0034 bei der dynamischen Compliance erfasst. Im weiteren paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zeigten sich signifikante Werte zwischen den Gruppen (2) und (2,5) sowie ein schwach signifikanter Wert der Gruppe (1,5) jeweils in Bezug zur Gruppe (4).

3.7.2 Magensonde

Bei der Luftmenge zeigten sich keine signifikanten Werte in der Analyse zwischen den Körpergewichtsgruppen.

3.8 Körpergewichtsgruppe (2)

Die Körpergewichtsgruppe (2) war die größte Gruppe mit 38 Probanden. Diese waren laut Definition zwischen 10 und 20 kg schwer. Tatsächlich war der leichteste Proband 11,10 kg und der schwerste Proband 20 kg schwer. Der Durchschnitt erzielte einen Wert von 15,80 kg. Das Alter variierte dabei zwischen 15 Monaten bis 6 Jahren und 9 Monaten. Im Durchschnitt waren die Probanden 3 Jahre und 8,4 Monate alt. In dieser Körpergewichtsgruppe befanden sich 30 Jungen und 8 Mädchen. Hinzu kamen drei der vier oben aufgeführten Abbrüche in dieser Körpergewichtsgruppe.

3.8.1 Beatmungsparameter

Tabelle 5: Verlauf der Beatmungsparameter der Körpergewichtsgruppe (2) Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Peak Pressure, dynamische Compliance, expiratorische Kohlenstoffdioxid-Konzentration und inspiratorische Sauerstoffkonzentration als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E). Der Mittelwert steht vor der Klammer. In der Klammer ist die Standardabweichung mit einem Semikolon vor dem Minimal- und Maximalwert, die durch einen Bindestrich verbunden sind, aufgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$. Signifikante Werte sind mit „s“ und nicht signifikante Werte mit „ns“ unter „p-Wert“ beschrieben.

	T0	P5_E	P3_E	ZP_E	p-Wert
dynamische Compliance [ml/mbar]	14,35 (3,9; 8,0-23,5)	15,46 (3,82; 8,5-24,0)	14,17 (3,6; 8,6-22,3)	12,27 (3,1; 6,9-19,3)	< 0,0001 (s)
EtCO₂ [mmHg]	38,7 (4,0; 31-46)	38,2 (4,6; 31-49)	39,1 (3,9; 33-48)	42,5 (4,5; 35-51)	< 0,0001 (s)
Peak Pressure [cmH₂O]	12,8 (1,6; 8-17)	14,8 (1,5; 12-19)	12,9 (1,5; 10-17)	10,7 (1,5; 8-15)	< 0,0001 (s)
Atemzugvolumen [ml]	139,5 (35; 90-214)	143,8 (32,7; 94-213)	135,2 (26,9; 75-195)	117,6 (22,4; 72-160)	< 0,0001 (s)
Atemfrequenz [Atemzüge/min]	21,1 (3,4; 16-30)	21,3 (3,3; 16-30)	21,4 (3,2; 16-30)	21,4 (3,2; 16-30)	0,2109 (ns)
FiO₂	0,631 (0,133; 0,40-0,97)	0,509 (0,047; 0,40-0,62)	0,490 (0,040; 0,40-0,59)	0,491 (0,048; 0,40-0,66)	< 0,0001 (s)

3.8.1.1 Dynamische Compliance

Ebenso wie in der Gesamtdatenanalyse zeigte sich in der Körpergewichtsgruppe (2) die dynamische Compliance mit einer signifikanten Abnahme unter Reduktion des PEEP-Niveaus. Im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zeigten sich alle bis auf „PEEP 3 Ende“ zu „Messreihe Beginn“ signifikant. In der Körpergewichtsgruppe (2) wurde der maximale Wert zum Messzeitpunkt „PEEP 5 Ende“ im Durchschnitt von 15,46 ml pro mbar erfasst. Der niedrigste Wert ergab sich im Durchschnitt von 12,27 ml pro mbar zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“. Als potenzielle Einflussfaktoren erwiesen sich der Messzeitpunkt, das Alter und das Körpergewicht. Nach der Aufstellung einer Regressionsgleichung ergab sich, dass je schwerer und je älter ein Kind war, desto größer die dynamische Compliance war.

3.8.1.2 Endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration

Die endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration nahm - wiederum im Gegensatz zur dynamischen Compliance - anhand seiner Durchschnittswerte bei abnehmendem PEEP-Niveau zu. Der höchste Wert ergab sich zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“ im Durchschnitt von 42,5 mmHg. Mit einem Durchschnitt von 38,2 mmHg wurde der niedrigste Wert zum Messzeitpunkt „PEEP 5 Beginn“ und „PEEP 5 Ende“ erfasst. Im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zeigten sich signifikante Werte zwischen dem PEEP-Niveau 0 mbar jeweils zu den anderen PEEP-Niveaus 5 mbar und 3 mbar sowie zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“. Keinen signifikanten Unterschied wiesen die Werte zwischen dem PEEP-Niveau 5 mbar und 3 mbar auf. Als potenzieller Einflussfaktor ergab sich für den Messzeitpunkt ein signifikanter Wert.

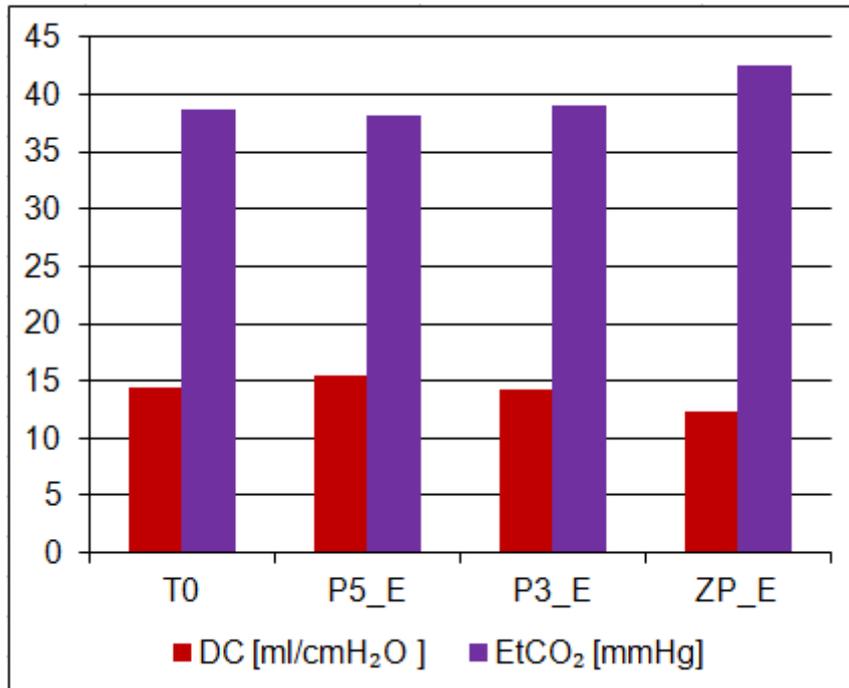


Abbildung 9: Verlauf der dynamischen Compliance (DC) und der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Konzentration (EtCO₂) der Körpergewichtsgruppe (2) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.8.1.3 Peak pressure

Beim Peak pressure zeigten sich signifikante Werte im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zwischen den einzelnen PEEP-Niveaus zueinander. Außerdem war das PEEP-Niveau 5 mbar und 0 mbar, nicht jedoch das PEEP-Niveau 3 mbar, signifikant zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“. Als potenzieller Einflussfaktor konnten der Messzeitpunkt und das Körpergewicht mit einem signifikanten Wert berechnet werden. Dadurch ergab wiederum eine Regressionsgleichung die Schlussfolgerung: Je schwerer ein Kind war, desto geringer war der Peak Pressure beziehungsweise der Spitzendruck.

3.8.1.4 Airway leak pressure

Der Airway leak pressure zeigte in dieser Körpergewichtsgruppe zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ einen Durchschnitt von 22,34 cmH₂O. Der minimale Wert belief sich auf 18 cmH₂O und der maximale Wert war auf 25 cmH₂O im Voraus festgelegt worden.

3.8.1.5 Atemzugvolumen

Mit der Abnahme des PEEP-Niveaus zeigte sich auch bei dem Atemzugvolumen in der Körpergewichtsgruppe (2) eine abnehmende Tendenz. Jedoch waren im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test nur jeweils „PEEP 5 Ende“ und „PEEP 3 Ende“ sowie der Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ in Bezug zu „PEEP 0 Ende“ signifikant in ihrem Unterschied. Zwischen „PEEP 5 Ende“ und „PEEP 3 Ende“ selbst

war die Volumenabnahme nicht signifikant. Als potenzielle Einflussfaktoren ergaben sich für den Messzeitpunkt und das Körpergewicht signifikante Werte. Eine erstellte Regressionsgleichung ermöglichte die Schlussfolgerung: Je schwerer ein Kind war, desto höher war das Atemzugvolumen.

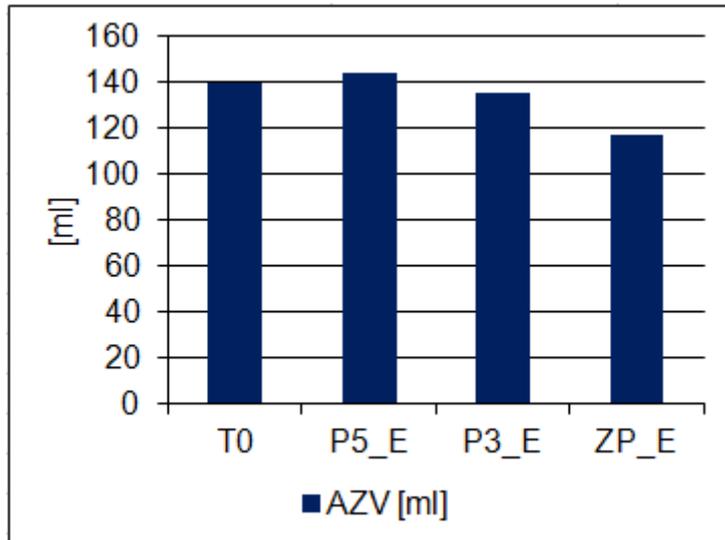


Abbildung 10: Verlauf des Atemzugvolumens der Körpergewichtsgruppe (2) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.8.2 Magensonde

Die Magensonde ließ zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ eine durchschnittliche Aspiratmenge von 0,59 ml hervorbringen. Allerdings wurden hier die einzigen zwei Probanden der Gesamtteilnehmer mit Aspirat erfasst. Einer davon mit einer Menge von 15 ml und der andere mit 5 ml. In dieser Körpergewichtsgruppe (2) wurde ein Proband mit einer Luftmenge von 20 ml zu den Messzeitpunkten „PEEP 5 Ende“ und „PEEP 3 Ende“ erfasst. Zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ war der maximale Wert in dieser Gruppe 18 ml. Insgesamt ergaben sich trotzdem zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ die höchsten Werte und dementsprechend war der Durchschnitt mit 5,914 ml am größten. Der geringste durchschnittliche Wert war am Ende der Datenerhebung zum Messzeitpunkt „Messreihe Ende“ mit 1,188 ml (siehe Tabelle 6). Signifikante Werte wurden zwischen den jeweiligen PEEP-Niveaus 5, 3 und 0 mbar in Bezug zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ bei der Luftmenge erkannt. Im Rahmen der multiplen Regression wurde gezeigt, dass sowohl das Körpergewicht als auch das Alter keinen signifikanten Einfluss auf die Luftmenge im Magen nimmt. Dagegen erwies sich der Messzeitpunkt als potenzieller Einflussfaktor.

Tabelle 6: Verlauf der Luftmenge im Magen der Körpergewichtsgruppe (2) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E). Der Mittelwert steht vor der Klammer. In der Klammer ist die Standardabweichung mit einem Semikolon vor dem Minimal- und Maximalwert, die durch einen Bindestrich verbunden sind, aufgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$. Signifikante Werte sind mit „s“ und nicht signifikante Werte mit „ns“ unter „p-Wert“ beschrieben.

	T0	P5_E	P3_E	ZP_E	p-Wert
Luftmenge [ml]	5,914 (3,958; 0-18)	3,118 (3,968; 0-20)	1,939 (3,674; 0-20)	1,824 (2,405; 0-10)	< 0,0001 (s)

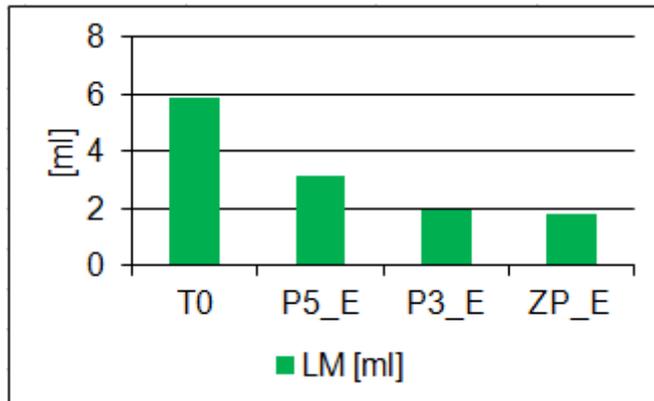


Abbildung 11: Verlauf der Luftmenge (LM) im Magen der Körpergewichtsgruppe (2) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.8.3 Postoperative Phase

Wie bereits beschrieben wurde bei keinem Probanden Blut an der Larynxmaske Supreme™ gefunden. In der Körpergewichtsgruppe (2) befand sich ein Proband, der an einem leichten respiratorischem Infekt der oberen Atemwege litt.

Im Aufwachraum verweilten die Probanden im Durchschnitt 57,20 min. Am kürzesten wurde dort ein Proband für 40 min und am längsten einer für 74 min betreut. Nur in einem Fall wurde postoperative Übelkeit und Erbrechen notiert. Es gab keinen Probanden mit Halsschmerzen postoperativ.

3.9 Körpergewichtsgruppe (2,5)

Die Körpergewichtsgruppe (2,5) war die zweitgrößte Gruppe mit 17 Probanden. Diese waren laut Definition zwischen 20 und 30 kg schwer. Tatsächlich war der leichteste Proband 20,20 kg und der schwerste Proband 30 kg schwer. Der Durchschnitt erzielte einen Wert von 23,84 kg. Das Alter variierte dabei zwischen 4 Jahren und 1 Monat bis 8 Jahren und 5 Monaten. Im Durchschnitt waren die Probanden 6 Jahre und 3,48 Monate alt. In dieser Körpergewichtsgruppe befanden sich 16 Jungen und 1 Mädchen. Keine der abgebrochenen Messreihen zählte zu dieser Körpergewichtsgruppe.

3.9.1 Beatmungsparameter

Tabelle 7: Verlauf der Beatmungsparameter der Körpergewichtsgruppe (2,5) Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Peak Pressure, dynamische Compliance, expiratorische Kohlenstoffdioxid-Konzentration und inspiratorische Sauerstoffkonzentration als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E). Der Mittelwert steht vor der Klammer. In der Klammer ist die Standardabweichung mit einem Semikolon vor dem Minimal- und Maximalwert, die durch einen Bindestrich verbunden sind, aufgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$. Signifikante Werte sind mit „s“ und nicht signifikante Werte mit „ns“ unter „p-Wert“ beschrieben.

	T0	P5_E	P3_E	ZP_E	p-Wert
dynamische Compliance [ml/mbar]	20,06 (5,32; 13,9-29,0)	21,20 (5,52; 14,5-32,0)	19,24 (4,97; 11,8-29,1)	16,73 (4,13; 10,6-26,2)	< 0,0001 (s)
EtCO₂ [mmHg]	38,3 (4,4; 32-47)	35,9 (4,3; 29-43)	37,3 (4,6; 30-45)	39,3 (5,2; 31-50)	0,0002 (s)
Peak Pressure [cmH₂O]	13,0 (2,0; 9-17)	14,9 (1,4; 12-18)	13,0 (1,3; 11-16)	10,6 (1,2; 9-13)	< 0,0001 (s)
Atemzugvolumen [ml]	186,9 (44,9; 113-257)	194,7 (51,9; 110-283)	186,7 (45,8; 115-265)	167,7 (32,7; 110-220)	< 0,0001 (s)
Atemfrequenz [Atemzüge/min]	20,6 (2,5; 16-26)	20,3 (2,9; 16-26)	20,3 (2,9; 16-26)	20,4 (3,0; 16-26)	0,4010 (ns)
FiO₂	0,594 (0,145; 0,40-0,90)	0,515 (0,091; 0,38-0,76)	0,497 (0,091; 0,38-0,76)	0,493 (0,092; 0,38-0,76)	< 0,0001 (s)

3.9.1.1 Dynamische Compliance

Auch in der Körpergewichtsgruppe (2,5) zeigte sich die signifikante Abnahme bei Reduktion des PEEP-Niveaus. Dabei war der paarweise Vergleich mittels Scheffé-Test zwischen dem PEEP-Niveau 0 mbar in Bezug zum Messzeitpunkt „PEEP 5 Ende“, „PEEP 3 Ende“ und „Messreihe Beginn“ signifikant, ebenso zwischen dem PEEP-Niveau 3 mbar in Bezug zu 5 mbar. Als potenzieller Einflussfaktor erwies sich der Messzeitpunkt.

3.9.1.2 Endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration

Die endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration deutete anhand seiner Durchschnittswerte im Vergleich der einzelnen PEEP-Niveaus eine zunehmende Tendenz bei abnehmendem PEEP-Niveau im Gegensatz zur dynamischen Compliance an. Der höchste Wert ergab sich zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“ im Durchschnitt von 39,3 mmHg. Mit einem Durchschnitt von 35,9 mmHg wurde der niedrigste Wert zum Messzeitpunkt „PEEP 5 Ende“ erfasst. Im paarweisen Vergleich mittels Scheffé-Test zeigten sich signifikante Werte zwischen dem PEEP-Niveau 5 mbar jeweils in Bezug zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“ und „Messreihe Beginn“. Schwach signifikant erwies sich das PEEP-Niveau 3 mbar zu 0 mbar. Keinen signifikanten Unterschied wiesen die Werte zwischen dem PEEP-Niveau 5 mbar und 3 mbar auf. Als potenzieller Einflussfaktor ergab sich für den Messzeitpunkt ein signifikanter Wert.

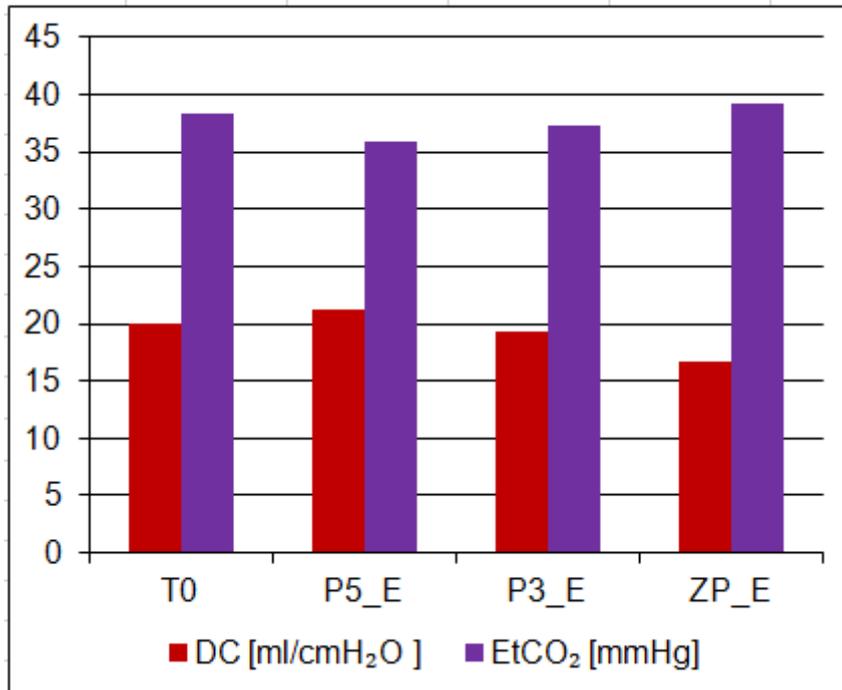


Abbildung 12: Verlauf der dynamischen Compliance (DC) und der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Konzentration (EtCO₂) der Körpergewichtsgruppe (2,5) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.9.2 Magensonde

Die Magensonde beförderte bei keinem der Probanden in dieser Körpergewichtsgruppe zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ ein Aspirat hervor. Bei der Luftmenge wurde in dieser Körpergewichtsgruppe (2,5) zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ der höchste Durchschnitt mit 6,588 ml erfasst. Der geringste durchschnittliche Wert war am Ende der Datenerhebung zum Messzeitpunkt „Messreihe Ende“ mit 0,813 ml. Signifikante Werte wurden zwischen den PEEP-Niveaus einzelner PEEP-Niveaus in Bezug zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ bei der Luftmenge erkannt. Im Rahmen der multiplen Regression wurde gezeigt, dass sowohl das Körpergewicht als auch das Alter keinen signifikanten Einfluss auf die Luftmenge im Magen nimmt. Dagegen erwies sich der Messzeitpunkt als potenzieller Einflussfaktor.

Tabelle 8: Verlauf der Luftmenge im Magen der Körpergewichtsgruppe (2,5) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E). Der Mittelwert steht vor der Klammer. In der Klammer ist die Standardabweichung mit einem Semikolon vor dem Minimal- und Maximalwert, die durch einen Bindestrich verbunden sind, aufgeführt. Das Signifikanzniveau liegt bei $p = 0,05$. Signifikante Werte sind mit „s“ und nicht signifikante Werte mit „ns“ unter „p-Wert“ beschrieben.

	T0	P5_E	P3_E	ZP_E	p-Wert
Luftmenge [ml]	6,588 (6,992; 0-20)	1,765 (3,011; 0-10)	1,235 (1,348; 0-5)	1,118 (1,364; 0-5)	0,0003 (s)

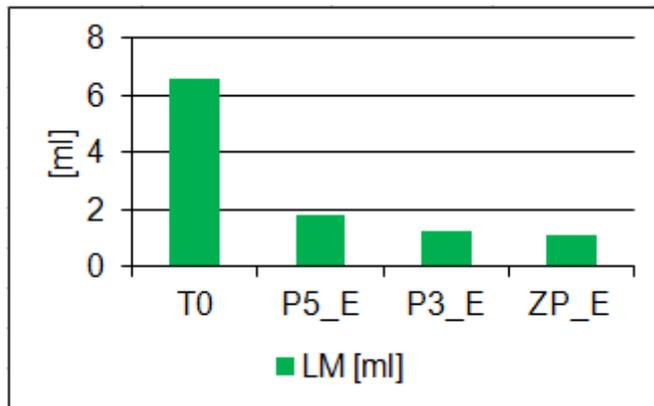


Abbildung 13: Verlauf der Luftmenge (LM) im Magen der Körpergewichtsgruppe (2,5) als Mittelwert zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ (T0) und am Ende der jeweiligen PEEP-Niveaus (P5_E, P3_E, ZP_E)

3.9.3 Postoperative Phase

Wie bereits beschrieben wurde bei keinem Probanden Blut an der Larynxmaske Supreme™ gefunden. In der Körpergewichtsgruppe (2,5) befand sich ein Proband, der kein Midazolam präoperativ erhalten hatte und sehr aufgeregt war.

Im Aufwachraum verweilten die Probanden im Durchschnitt 59,41 min. Am kürzesten wurde dort ein Proband für 45 min und am längsten einer für 110 min betreut. Nur in einem Fall wurde postoperative Übelkeit und Erbrechen notiert. Es gab keinen Probanden mit postoperativen Halsschmerzen.

4 DISKUSSION

Die Larynxmaske Supreme™ mit ihrer Möglichkeit der Magensondenanlage wurde in dieser Untersuchung bei elektiven Eingriffen an Kindern von 1 Jahr bis beinahe 11 Jahren verwendet. Dabei wurden zur Optimierung der Beatmung mit Hilfe der Larynxmaske während kleinerer operativer Eingriffe verschiedene PEEP-Niveaus evaluiert. Zusätzlich wurde zu definierten Messzeitpunkten die Menge an gastral Luftinsufflation erfasst. Diese Punkte waren auch für die hämodynamischen und respiratorischen Parametern zum Zeitpunkt „Messreihe Beginn“, „PEEP 5 Ende“, „PEEP 3 Ende“ und „PEEP 0 Ende“. Dabei wurde auf gleichbleibende Rahmenbedingungen geachtet, wodurch unerwünschte Variablen, wie beispielsweise ein Lerneffekt bei ungeübten Anästhesisten, auf ein Minimum und damit die potenzielle Ergebnisverfälschung reduziert werden. Postoperativ wurden Übelkeit, Erbrechen, Halsschmerzen und die Zeit im Aufwachraum erfasst.

Die Konzeption der Untersuchung verfolgt die Idee, ein in der Praxis verwendetes Atemweghilfsmittel und eine technische Eigenschaft der kontrollierten Beatmung zu verknüpfen. Dabei kamen keine Materialien oder Beatmungsstrategien zur Verwendung, die bisher nicht in der Praxis etabliert waren. Die Kombination Larynxmaske und PEEP bei Kindern ist in der Praxis mittlerweile keine Seltenheit mehr. Der Untersuchungsaufbau hatte die Intention, Wissen zur Optimierung der Verwendung einer Larynxmaske in Kombination mit dem PEEP zu generieren. Die Datenerfassung erfolgte zu Beginn der Narkose und weitestgehend vor dem eigentlichen operativen Eingriff. Die Untersuchung diente unmittelbar dem Interesse des Patienten und der zukünftigen Entwicklung von therapeutischen Verfahren.

4.1 Ergebnisbezogene Diskussion

4.1.1 Demographische Parameter

Alle Probanden waren im Alter zwischen 1 Jahr und 11 Jahren. Die Ergebnisse können daher nicht auf jüngere und vor allem nicht auf ältere Kinder oder gar Erwachsene direkt übertragen werden. Insbesondere die erstellten Regressionsgleichungen behalten nur für Personen mit ähnlichen Eigenschaften wie diejenigen in der Stichprobe ihre Gültigkeit.

4.1.2 Ventilatorassoziierte Vorteile eines positiven endexpiratorischen Drucks

4.1.2.1 Dynamische Compliance

Im Rahmen der kontrollierten Beatmung erbrachte die Veränderung des PEEP bei unserer Untersuchung signifikante Unterschiede der dynamischen Compliance. Diese zeigte sich signifikant größer bei dem PEEP-Niveau von 5 mbar im Vergleich zu 3 oder 0 mbar. Zudem variierte die dynamische Compliance bei unseren Ergebnissen signifikant zwischen den Körpergewichtsgruppen (2) und (2,5), die nach der verwendeten Größe der Larynxmaske Supreme™ benannt wurden, jeweils in Bezug zur Gruppe (4) sowie schwach signifikant zwischen Gruppe (1,5) zu (4). Keine signifikanten Unterschiede ergaben sich zwischen der Körpergewichtsgruppe (2) und

(2,5). Vermutlich wird dies insgesamt durch physiologische Entwicklungszustände verursacht, wodurch auch die Signifikanz des Einflusses des Alters in der Gesamtanalyse begründet wäre. Innerhalb der Körpergewichtsgruppe (2) oder (2,5) ergaben sich ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen PEEP-Niveaus. In der Körpergewichtsgruppe (2) sind diese Signifikanzen stärker ausgeprägt als in der Körpergewichtsgruppe (2,5). Dies zeigt, dass ein Kind umso mehr von einem PEEP zu profitieren scheint, je leichter und somit jünger es ist. Zu bedenken ist jedoch der geringere Stichprobenumfang der Körpergewichtsgruppe (2,5). Zudem liegen keine weiteren Analysen einzelner Körpergewichtsgruppen vor, weswegen diese Aussage nur bedingt getroffen werden kann. Bei den Analysen der nominal skalierten Körpergewichtsgruppen fällt der größte signifikante Unterschied nicht auf die Körpergewichtsgruppen (1,5) und (4), sondern zwischen (2,5) und (4).

Insgesamt ist die Zunahme der dynamischen Compliance mit Steigerung des PEEP eine wichtige Erkenntnis für die kontrollierte Beatmung. Allerdings gehen weitere Steigerungen des PEEP-Niveaus nicht unbegrenzt mit der dynamischen Compliance einher. Ein Maximum wird bei lungengesunden Erwachsenen bei einem PEEP um 14 mbar erreicht⁴⁵. Darüber hinaus nimmt die dynamische Compliance wieder ab⁴⁵. Zhao et al. beschreiben zudem anhand der elektrischen Impedanztomographie bei einem PEEP-Niveau von 14 mbar den niedrigsten globalen Inhomogenitätsindex und somit die homogenste Verteilung der Luft in der Lunge⁴⁵. Die Autoren lassen jedoch offen, ob das optimale PEEP-Niveau bei maximaler dynamischer Compliance oder bei einer dynamischen Compliance von 98% des Maximums liegt. Die PEEP-Niveaus können sich dabei bis 8 mbar unterscheiden⁴⁵. Die Auswahl des PEEP-Niveaus nach dem globalen Inhomogenitätsindex oder nach Analysen der Lungenmechanik haben möglicherweise ein anderes Verhältnis bei Patienten mit schwerer respiratorischer Insuffizienz als bei den erwähnten Lungengesunden⁴⁵.

Eine andere Studie benennt den Grenzwert der dynamischen Compliance bei einem PEEP-Niveau von 13,73 mbar. Unterhalb dieses PEEP-Niveaus begannen die Alveolen nach der Rekrutierung zunehmend zu kollabieren⁴⁶. In der Computertomographie zeigten sich über 5% nicht belüfteter Areale, welche als Beginn des alveolären Kollaps festgelegt wurden, erst ab einem PEEP-Niveau von 11,77 mbar⁴⁶. Eine signifikante Zunahme der nicht belüfteten Areale im Vergleich zu den unter 3 % nach vollständiger Rekrutierung bestätigte sich jedoch erst bei einem PEEP-Niveau von 7,85 mbar⁴⁶. Interessanterweise lag die bestmögliche Oxygenierung, gemessen als arterieller Sauerstoffpartialdruck, bei einem PEEP-Niveau von 21,57 mbar⁴⁶. Erst ab dem PEEP-Niveau von 13,73 mbar trat eine signifikante Abnahme des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks zum Maximalwert auf⁴⁶.

Eine weitere Art zur Bestimmung des optimalen PEEP-Niveaus ist der Anteil der Totraumventilation, berechnet aus Totraumvolumen durch Tidalvolumen⁴⁷. Dieser Anteil weist auf die Effizienz der Beatmung hin⁴⁷. Je kleiner der Anteil der Totraumventilation ist, desto weniger nicht gut durchblutete Lungenareale werden belüftet und desto weniger werden Lungenareale überbläht⁴⁷. Auffällig ist der signifikante Unterschied des besten PEEP-Niveaus nach dem Minimum des Anteils des Totraumvolumens um 5,88 mbar zu dem Maximum der statistischen Compliance zwischen 11,77 und 13,73 mbar⁴⁷.

4.1.2.2 Endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration

Die endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration verhielt sich gegensätzlich zur dynamischen Compliance und war in unserer Untersuchung bei einem PEEP-Niveau von 0 mbar signifikant höher als zu 5 und 3 mbar. Nicht signifikant war der Unterschied zwischen „PEEP 5 Ende“ und „PEEP 3 Ende“ bei diesem Beatmungsparameter. Der geringste Wert zeigte sich bei einem PEEP-Niveau von 5 mbar. Dies ist möglicherweise aufgrund der größeren Gasaustauschfläche durch die höhere dynamische Compliance bedingt, wodurch das Kohlenstoffdioxid in der Lunge besser abgeatmet werden kann. Fraglich ist, ob zum Messzeitpunkt „PEEP 0 Ende“ mit der größten endtidalen Kohlenstoffdioxidkonzentration zusätzlich mehr Kohlenstoffdioxid im Körper entstand und über die Atmung eliminiert werden musste oder nicht. Insgesamt lässt sich schlussfolgern, dass zumindest ein positiver Wert des PEEP geeigneter ist als kein PEEP.

Suarez-Sipmann et al. zeigten, dass die größte Eliminationsrate von Kohlenstoffdioxid über die Lunge zum Zeitpunkt der maximalen dynamischen Compliance von 13,73 mbar erreicht wird⁴⁶. Bei einem weiter steigenden PEEP nimmt die Eliminationsrate, passend zur sinkenden dynamischen Compliance, wieder ab⁴⁶. Bei einem PEEP-Niveau von 0 mbar ist der Anteil des nicht belüfteten Lungengewebes am größten und die dynamische Compliance am geringsten, wodurch sich eine geringere Gasaustauschfläche und ein geringeres Atemzugvolumen ableiten lassen und damit die endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration erhöht sein könnte⁴⁶.

Interessanterweise spielen auch der inspiratorische Druck und damit der Peak pressure bezüglich der endtidalen Kohlenstoffdioxid-Konzentration eine Rolle. Bei einem niedrigeren inspiratorischen Druck von 10 cmH₂O folgt eine höhere endtidale Kohlenstoffdioxid-Konzentration mit durchschnittlich 37 mmHg im Vergleich zu 25 cmH₂O mit 26 mmHg⁴⁸.

4.1.2.3 Peak pressure

Der Peak pressure stellt in der vorliegenden Untersuchung eine feste Größe dar, die sich je nach PEEP-Niveau anpasst. Positiv beeinflusst wird dies durch den steigenden Peak pressure unter druckkontrollierter Beatmung allein mit der Zunahme des PEEP-Niveaus. Dadurch gewinnt der signifikant positive Einfluss eines höheren PEEP, in unserem Fall bis 5 mbar, auf die dynamische Compliance an Bedeutung.

4.1.2.4 Atemzugvolumen

Aus physiologischer Sicht waren signifikante Unterschiede bei dem Atemzugvolumen in absoluten Zahlen bei dem vorliegenden Stichprobenumfang sowie die Beeinflussung durch Körpergewicht und Alter zu erwarten. Interessant ist die signifikante Abnahme des Atemzugvolumens bei einem PEEP-Niveau von 0 mbar. Umgekehrt ist die Steigerung des Atemzugvolumens jedoch durch die Physiologie begrenzt und müsste mit PEEP-Niveaus über 5 mbar getestet werden. Gegen den Einfluss des PEEP-Niveaus spricht die fehlende Signifikanz in den Körpergewichtsgruppen (2) und (2,5) zwischen „PEEP 5 Ende“ und „PEEP 3 Ende“. Vielleicht ist hier aber auch der Unterschied des PEEP-Niveaus nicht ausreichend.

4.1.2.5 Airway leak pressure

Bewirkt ein höherer Peak pressure die zuvor beschriebenen Vorteile, so ist es auch notwendig, dass diese Drücke mit der Atemwegshilfe erreicht werden können. In der vorliegenden Untersuchung wurde dies bei einem Airway leak pressure von mindestens 18 cmH₂O getestet. Möglicherweise wären höhere Drücke mit der Larynxmaske Supreme™ erreicht worden, wenn nicht im Voraus ein maximaler Wert von 25 cmH₂O festgelegt worden wäre. Der Airway leak pressure wird allgemein als ein Hinweis für den Erfolg der Überdruckbeatmung und für den Grad der Atemwegssicherung gewertet^{49, 50}. Der Leckagedruck ist primär von der korrekten Größe und Platzierung abhängig¹. Im Vergleich zur Larynxmaske ProSeal™ weist jedoch die Larynxmaske Supreme™ in einer Studie signifikant geringere Airway leak pressure beziehungsweise „oropharyngeale leak pressure“ auf^{49, 51}. Folglich wurden auch geringere maximale Tidalvolumina mit der Larynxmaske Supreme™ versus Larynxmaske ProSeal™ erreicht⁴⁹. Der geringere „oropharyngeale leak pressure“ wird von manchem Wissenschaftler möglicherweise auf die Bewegung der halbsteifen Biegung des Tubus der Larynxmaske Supreme™ zurückgeführt, welche bei dem elastischen Tubus der Larynxmaske ProSeal™ nicht beobachtet wird⁴⁹. Bei Kindern konnte bereits eine effektivere Dichtigkeit bei der Larynxmaske ProSeal™, die mittels einem höheren Leckagedruck angezeigt wurde, im Vergleich zur Larynxmaske Classic™ bestätigt werden¹⁴. Die Larynxmaske ProSeal™ und Supreme™ zeigen aber eine ähnliche klinische Leistung³⁶. Auch wenn sich der oropharyngeale Leckagedruck unter 20 cmH₂O befindet, wird die Beatmung dadurch nicht beeinträchtigt⁵². Kein signifikanter Unterschied zeigte sich zwischen der Larynxmaske Supreme™ und der Larynxmaske I-gel™⁴⁹.

4.1.2.6 Atemfrequenz und inspiratorische Sauerstofffraktion

Ein weiterer Beatmungsparameter, der maschinell eingestellt und willkürlich verändert wurde, war die Atemfrequenz. Beeinflusst wurde dieser Parameter verständlicherweise durch das Körpergewicht und erbrachte daher die schwache Signifikanz. Die Atemfrequenz wird im Rahmen der druckkontrollierten Beatmung für das Erreichen der optimalen endtidalen Kohlenstoffdioxid-Konzentration verwendet. Bei der inspiratorischen Sauerstofffraktion ergaben sich im Vergleich signifikante Ergebnisse zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“. Dies war auf die Reduktion von 80 auf 50% nach der Narkoseeinleitung zu erwarten gewesen. Die Reduktion ist üblich und notwendig, denn in Bezug auf 30 bis 40% inspiratorische Sauerstofffraktion entstehen bei 100% Sauerstoffanteil schneller Atelektasen⁵³.

4.1.2.7 Lungenprotektive Beatmung

In der Literatur gehört der PEEP seit längerem zu der lungenprotektiven Beatmung. Diese beinhaltet ein geringes Atemzugvolumen von 6 bis 8 ml/kgKG, wie auch in der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde. Im Vergleich zu einem Beatmungsregime mit 12 ml/kgKG fiel die Anzahl der postoperativen Komplikationen und der Krankenhaustage geringer aus⁵⁴. Allerdings liegen diesbezüglich meist Studien im Rahmen der Behandlung eines „Acute Respiratory Distress Syndrom“ und kaum welche mit Kindern vor⁵⁴. Trotzdem sind 6 bis 8 ml/kgKG die empfohlene Größe zur Beatmung von Kindern⁵⁵. Insgesamt verringert ein niedriges Tidalvolumen den inspiratorischen Druck¹¹ und mindert die Überdehnung der Lunge⁵⁴. Dies wird

auch durch eine homogenere Verteilung des Atemzugvolumens und des Atemdrucks erreicht, was folglich Volumen- und Barotraumatata reduzieren kann¹⁶. Möglicherweise werden somit postoperative Komplikationen reduziert¹¹. Außerdem kann mit dieser Technik am ehesten erreicht werden, dass ein eventuell bereits bestehendes Ödem durch den erhöhten Druck wieder in die Blutbahn resorbiert wird⁵⁶. Trotzdem besteht umgekehrt die Gefahr, dass abhängige Bereiche der Lunge überdehnt werden⁴⁵. Zudem benötigen konsolidierte Atelektasen für deren Rekrutierung entsprechend hohe inspiratorische Drücke⁵⁷.

Im Rahmen der lungenprotektiven Beatmung verhindert die Anwendung eines PEEP das Kollabieren der Alveolen. Dadurch werden Scherkräfte minimiert, die bei zyklischem Kollaps und Wiederrekrutierung einwirken¹⁶. Die Vermeidung eines Atemwegskollaps geht mit einem geringeren Umfang von Atelektasen einher⁵. Mit einem PEEP in Höhe von 4,9 mbar bei Kindern ist die Rekrutierung aller verfügbaren Alveolen möglich und das Zurückgehen der Atelektasen wird in abhängigen Lungenarealen begünstigt⁵⁸. Damit ist der Nachweis einer besseren Oxygenierung unter PEEP nachvollziehbar^{14, 17}. Außerdem senkt der PEEP gleichzeitig den gesamten Atemwegswiderstand³⁴. Im Rahmen der Allgemeinanästhesie und der druckkontrollierten Beatmung über einen Endotrachealtubus wird der pulmonale Gasaustausch ohne PEEP aufgrund der Atelektasen und des erhöhten intrapulmonalen Rechts-links-Shunts beeinträchtigt⁵⁹. Die Ausbildung der Atelektasen tritt bei Kindern genauso wie bei Erwachsenen auf¹¹. Gerade für Kinder ist die Möglichkeit, Atelektasen mithilfe eines PEEP zu verhindern, wichtig, da diese zum verstärkten Kollaps der kleinen Atemwege neigen^{35, 59}. Zusätzlich profitieren jüngere Kinder von einem höheren PEEP-Niveau mehr, weil sie eher zur Atelektasenbildung als ältere neigen¹¹.

Bei bisher fehlenden Leitlinien für die Einstellung des PEEP-Niveaus wird nach anästhesiologischer Praxis für Kinder niedrigere PEEP-Niveaus als für Erwachsene verwendet¹¹. Als unterstes Niveau wird für Kinder 1,96 mbar nach Coté und Lerman empfohlen¹¹.

4.1.3 Hämodynamische Auswirkungen eines positiven endexpiratorischen Drucks

Insgesamt erscheint die Beeinflussung eines PEEP-Niveaus zwischen 0 bis 5 mbar auf die Hämodynamik gering zu sein. Denn die Körpergewichtsgruppen (2) und (2,5), die in sich eine größere Homogenität darstellen als die Gesamtdaten, zeigen wenige signifikante Werte. Insbesondere finden sich diese zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ im Vergleich zu den anderen PEEP-Niveaus. Die höheren Werte der Herzfrequenz und des Blutdrucks zu Beginn könnten in Folge der Manipulation im Rachenraum und damit der übermäßigen nervalen Reizung entstanden sein. Die anschließend zunehmend niedrigeren Werte könnten die Folge der kreislaufdepressiven Wirkung der Narkotika sein. Zudem waren zwischen den Messzeitpunkten „Messreihe Beginn“ und „PEEP 3 Ende“ bei gleichem PEEP-Niveau von 3 mbar eher keine signifikante Werte zu erwarten. Wirth et al. hatten in ihrer Untersuchung mit zwei verschiedenen PEEP-Niveaus bei Kindern ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Herzfrequenz und des mittleren Blutdrucks analysiert¹¹.

Die Beeinflussung der physiologischen Entwicklung eines Menschen spiegelt sich auch in der Signifikanz des Körpergewichts in der Gesamtdatenanalyse, nicht jedoch

in den Körpergewichtsgruppen wieder. Nach Larsen et al. ist bei einem höherem PEEP-Niveau eine größere funktionelle Residualkapazität, ein geringerer Rechts-Links-Shunt und ein besseres Durchblutungs-Belüftungs-Verhältnis, die folglich eine bessere Oxygenierung mit sich bringen, zu erwarten¹². Bei der Sauerstoffsättigung war jedoch nur ein signifikant besserer Wert zwischen „Messreihe Beginn“ und „PEEP 5 Ende“ aufgetreten und nicht zwischen „PEEP 5 Ende“ zu „PEEP 3 Ende“ oder „PEEP 0 Ende“. Dies könnte durch die Präoxygenierung mit 80% inspiratorischer Sauerstofffraktion und die Messung des PEEP-Niveaus von 5 mbar an erster Stelle beeinflusst worden sein. Bei fast ausschließlich Probanden mit der ASA-Klassifikation I und ohne Lungenerkrankung waren kaum Signifikanzen der Sauerstoffsättigung mit Ausgangswerten im Durchschnitt von 98 bis 99% zu erwarten. Serafini et al. fanden keine signifikante Beeinträchtigung der Herzfrequenz, des Blutdrucks und der Sauerstoffsättigung durch einen PEEP von 4,9 mbar über 5 Minuten⁵⁸. Vielleicht waren jedoch die geringen Unterschiede zwischen den Höhen der einzelnen PEEP-Niveaus für Signifikanzen nicht ausreichend genug.

Differenzierter betrachtet, werden hämodynamische Auswirkungen eines hohen PEEP-Niveaus abhängig von der „Lungen-Compliance“ beobachtet, indem über die Erhöhung des mittleren Atemwegdrucks eine Steigerung des intrathorakalen Drucks bewirkt wird¹⁶. Dieser senkt die Vorlast beider Ventrikel und steigert die Nachlast des rechten Ventrikels, das bei bekannter Rechtsherzinsuffizienz oder bei starker Hypovolämie zur akuten hämodynamischen Dekompensation führen kann. Umgekehrt kann ebenfalls ein zu geringes PEEP-Niveau durch die akut erhöhte Vorlast und gestiegene Nachlast am linken Ventrikel zu dessen Dekompensation führen¹⁶.

4.1.4 Die gastrale Luftinsufflation und das mögliche Aspirationsrisiko

Eine der wichtigsten Fragen der vorliegenden Dissertationsarbeit war, ob das Anheben des PEEP-Niveaus zu einer erhöhten Rate an gastraler Luftinsufflation führt. In den Analysen ergab sich, dass die jeweiligen Luft- und Aspiratmengen, über die Magensonde gewonnen, bei den jeweiligen PEEP-Niveaus in der Gesamtdatenanalyse nicht signifikant zueinander waren. Das gleiche Ergebnis wurde in den Körpergewichtsgruppen (2) und (2,5) nochmals bestätigt.

In der vorliegenden Untersuchung wurde der inspiratorische Druck während der Gesichtsmaskenbeatmung nicht im Voraus festgelegt und auch nicht erfasst. Erst nach Positionierung der Larynxmaske Supreme™ wurde der Peak pressure bis maximal 17 cmH₂O zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ bei einem PEEP-Niveau von 3 mbar gemessen. Unter einem PEEP-Niveau von 5 mbar steigerte sich der Peak pressure folglich bis maximal 19 cmH₂O. Unter Gesichtsmaskenbeatmung nimmt die Inzidenz der gastralen Luftinsufflation bei steigendem inspiratorischem Druck zu⁶⁰. Deswegen kam es vermutlich zu positiven Luftmengen insbesondere zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ nach Gesichtsmaskenbeatmung zur weiteren Präoxygenierung vor Positionierung der Larynxmaske Supreme™. Aufgrund der fehlenden Signifikanz bei der erfassten Luftmenge im Magen zwischen den PEEP-Niveaus fand trotz höherem PEEP-Niveau von 5 mbar mit folglich höherem Peak pressure keine vermehrte gastrale Luftinsufflation in unserer Untersuchung statt.

Die gastrale Luftinsufflation tritt laut Literatur bei jüngeren Probanden früher auf als bei älteren⁶⁰. Bei Kindern unter einem Jahr wird von einer Grenze des

inspiratorischen Drucks von unter 15 cmH₂O und in einigen Fällen sogar unter 10 cmH₂O gesprochen⁶⁰. Bei Kindern über einem Jahr war die Grenze über 15 cmH₂O und bei Erwachsenen 20 cmH₂O⁶⁰. Diese Tatsache lässt sich auf den unteren Ösophagussphinkter zurückführen, welcher vor allem im ersten Lebensjahr zu seiner vollen Funktionsfähigkeit ausreift⁶⁰. Somit erscheint der inspiratorische Druck, ab dem es zur gastraln Luftinsufflation kommt, altersabhängig zu sein⁶⁰. Lagarde et al. beschreiben bei einem inspiratorischen Druck über 15 cmH₂O zu über 58% gastrale Luftinsufflation bei Kindern⁶⁰. Allerdings wird bei diesem Versuchsaufbau die gastrale Luftinsufflation durch Auskultation des Magens erkannt, was die Frage zumindest bei Kindern offen lässt, ob dies den frühesten Zeitpunkt des Erkennens möglich macht und wie hoch die Rate der falsch positiven und negativen Befunde waren⁶⁰. Bei Erwachsenen wird nach visueller Erfassung der gastraln Luft mittels Ultraschall über dem Antrum eine inspiratorische Druckgrenze von 15 cmH₂O unter druckkontrollierter Gesichtsmaskenbeatmung empfohlen⁶¹. Trotzdem kommt es bei 19% zur gastraln Luftinsufflation. Dies kann durch die Narkotika verursacht werden, weil sie den oberen Ösophagussphinkter unter 15 cmH₂O bei bis zu 50% der Probanden senken⁶¹. Auf der anderen Seite steigt bei diesem und bei geringerem inspiratorischen Druck die Inzidenz der insuffizienten Beatmung⁶¹. Bouvet et al. ziehen den Schluss, dass vermutlich ein inspiratorischer Druck von 15 cmH₂O der beste Kompromiss zwischen suffizienter Beatmung und gastraln Luftinsufflation ist⁴⁸. In der genannten Studie wird allerdings kein PEEP verwendet und das geringere Auftreten an gastraln Luftinsufflation wird ebenfalls auf die Phase der Narkoseeinleitung bezogen⁴⁸. Die Wahrscheinlichkeit einer gastraln Luftinsufflation wird durch die Anwendung der druckkontrollierten Beatmung bewirkt, denn dabei werden bei gleichem Tidalvolumen niedrigere inspiratorische Drücke zur volumenkontrollierten Beatmung erzielt⁶⁰. Der inspiratorische Druck von 15 cmH₂O wird als Standardgrenze bei Kindern empfohlen, weil darüber hinaus keine weitere Steigerung des Tidalvolumens erreicht wird und vermehrt gastrale Luftinsufflation auftritt⁶⁰.

Im Vergleich der Larynxmasken kam es unter der Larynxmaske Supreme™ in weniger Fällen zur gastraln Luftinsufflation als unter der Larynxmaske Unique™, aber ähnlich der Larynxmaske Pro-Seal™³³. Allerdings wurde auch dies durch Auskultation des Abdomens erfasst³³. Entscheidend scheint die korrekte Platzierung der Atemwegshilfe zu sein, damit eine optimale Abdichtung erreicht und mögliche axiale Rotationen vermieden werden können³³.

Als weiterführende Frage ist bei vorliegender gastraln Luftinsufflation das Aspirationsrisiko interessant. Ab einem Mageninhalt von 0,8 ml/kgKG geht dieser in ein kritisches Volumen für Lungenaspiration auf Basis von Tierstudien über⁶¹. Welches gastrale Volumen jedoch das Aspirationsrisiko erhöht, ist schwer zu definieren⁶¹. Zumindest sind die Kriterien notfallmäßige Operation und männliches Geschlecht mit einem höheren Aspirationsrisiko verbunden. Dagegen sinkt das Aspirationsrisiko bei Patienten unter 14 Jahren, wobei die Ursache dieser Tatsache nicht klar erscheint⁶². Die pulmonalen Aspirationen finden hauptsächlich während der Einleitung, der Laryngoskopie und der Intubation statt, wobei die passive Regurgitation dreimal häufiger als aktives Erbrechen ist⁴. Um einer Aspiration entgegen zu wirken sollte die Larynxmaske möglichst bei nichtnüchternen Patienten und bei reduzierter Thoraxcompliance nicht verwendet werden²⁴.

Grundsätzlich bietet die Larynxmaske aufgrund ihrer Lage über dem Kehlkopfeingang keinen vollständigen Aspirationschutz⁶³. Obwohl diese Eigenschaft nur dem Endotrachealtubus zugeschrieben und der nach wie vor in vielen Bereichen als Goldstandard angesehen wird, fand eine Metaanalyse bereits 1995 heraus, dass die Häufigkeit einer Aspiration zwischen Larynxmaske und Endotrachealtubus zumindest bei ambulant operierten Patienten vergleichbar ist^{23, 63, 64}. Auch später konnte gezeigt werden, dass mit einer Larynxmaske das Aspirationsrisiko im Vergleich zur Verwendung eines Endotrachealtubus nicht erhöht ist⁶². Unerwartet war dieses Ergebnis nicht, weil der Hauptgrund einer Aspiration die Notfalloperation ist⁶². Des Weiteren ist zu bemerken, dass eine pulmonale Aspiration bei Larynxmasken fast nur mit Produkten der ersten Generation erfolgte (Cook, T. M., Woodall, N., Frerk, C., Ein Leitfaden zum National audit project (NAP4), 2011, <http://www.lma.de/files/nap4brochure.pdf>, 17.12.2012, siehe 7.3). Trotzdem weist der „European Resuscitation Council“ auf den fehlenden Aspirationschutz der supraglottischen Atemwegshilfen von Sekret, Blut und Mageninhalt in den Leitlinien von 2015 hin, sodass eine engmaschige Überwachung notwendig ist⁶⁵. Im Rahmen einer kardiopulmonalen Reanimation werden jedoch die supraglottischen Atemwegshilfen als akzeptable Alternative zur endotrachealen Intubation bei fehlendem Fachpersonal vorgeschlagen⁶⁶. Nach dem Platzieren einer supraglottischen Atemwegshilfe kann die Thoraxkompression ohne Unterbrechung durch die Beatmung fortgesetzt werden⁶⁶.

Der direkte Magenzugang bei den Larynxmasken der zweiten Generation ist besonders vorteilhaft, wenn eine Oxygenierungsstörung aufgrund eines überblähten Magens mit hoch stehendem Zwerchfell besteht. Das komprimiert die linke Lunge, was wiederum einfach behoben werden kann³. Außerdem wird dabei das mögliche Regurgitations- und Aspirationsrisiko gesenkt, indem der gastrale Druck sowie der Mageninhalt vermindert werden⁶⁷.

Schlussendlich ergibt sich aus den Ergebnissen unserer Untersuchung, dass nach Absaugen der Magensonde die Menge des potenziellen Aspirats und der gastralen Luft sowie dadurch das Regurgitations- und Aspirationsrisiko vermindert werden können. Die exakte Reduktion des Aspirationsrisikos lässt sich aus den vorliegenden Daten jedoch nicht ableiten.

4.1.5 Postoperative Phase

Bezüglich der Häufigkeit an postoperativen Komplikationen traten Halsschmerzen mit 3,17% und postoperative Übelkeit und Erbrechen mit 4,76% auf. In der Literatur mit der Larynxmaske Supreme™ variiert die Häufigkeit an postoperativen Halsschmerzen um die 4 bis 10%⁶⁸⁻⁷⁰. Andere Ergebnisse können vermutlich wegen der eher geringen Inzidenz alleine mit einem größeren Stichprobenumfang erwartet werden. Der Cuffdruck erscheint in Zusammenhang mit der Häufigkeit an postoperativen Halsschmerzen zu stehen. Keine Halsschmerzen traten bei einem Cuffdruck unter 40 cmH₂O auf⁴⁰. Eine andere Studie zeigte, dass bei einem Cuffdruck von 80 cmH₂O bei sowohl Erwachsenen als auch bei Kindern keine erhöhte Rate an postoperativen Beschwerden im Pharynx und Larynx im Vergleich zu 40 cmH₂O und 60 cmH₂O auftraten⁷¹. Für die Praxis wird die Überwachung des Cuffdrucks mittels Manometer empfohlen⁷¹. Diese Thematik wäre für weitere Studien interessant. Postoperative Übelkeit und Erbrechen wurden in anderen Studien mit jeweils 10% beobachtet^{68, 69}. Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zur

Larynxmaske ProSeal™⁶⁸. In der vorliegenden Untersuchung wurde in keinem Fall Blut an der Larynxmaske nach der Entfernung beschrieben. In einer anderen Arbeit wies die Larynxmaske Supreme™ signifikant seltener Blut auf als die Larynxmaske ProSeal™ mit 7,5% statt 25%⁶⁸. Kim et al. beschreiben in 6% der Fälle Blut an der Larynxmaske Supreme™⁶⁹.

4.1.6 Unerwünschte Ereignisse

Bei vier Teilnehmern traten unerwünschte Ereignisse auf, die zum Abbruch der Messung führten, was in Summe 5,97% aller Probanden betrug.

In zwei Fällen zeichnete sich während der Messungen eine nicht behebbare Undichtigkeit der Larynxmaske Supreme™ ab, so dass zum einen auf die Larynxmaske Ambu AuraOnce™ und zum anderen auf den Endotrachealtubus gewechselt wurde. Kim et al. beschreiben schwere Undichtigkeiten der Atemwege in 8% der Fälle unter der Verwendung der Larynxmaske Supreme™, wo von alle entweder mit einem höheren Cuffdruck oder durch weiteres Verschieben der Atemwegshilfe abgedichtet werden konnten⁶⁹. Somit war eine Manipulation der Atemwege für eine adäquate Beatmung bei 2% der Fälle notwendig⁶⁹. In der vorliegenden Arbeit waren es 2,99%.

Bei zwei Probanden konnte die Magensonde nicht ausreichend vorgeschoben und demnach auch nicht korrekt platziert werden. Bei Hosten et al. tauchte dieses Problem nicht mit der Larynxmaske Supreme™ auf, jedoch mit der Larynxmaske ProSeal™ bei immerhin knapp 17%⁷². Ebenso verzeichneten Jagannathan et al. keine Schwierigkeiten oder Unmöglichkeit der Magensondenanlage bei 25 Kindern⁷³. In einer anderen Studie von Hosten et al. wurden jedoch in 3,45% zwei Versuche zur Platzierung der Magensonde bei der Larynxmaske Supreme™ benötigt³⁶. Des Weiteren beschreiben Cook et al., dass in 2% der Fälle kein Verschieben der Magensonde möglich war, was sich annähernd mit unserem Ergebnis deckte³².

Unklar bleibt in allen vier Fällen die tatsächliche Ursache für das Auftreten der unerwünschten Ereignisse.

4.2 Grenzen und Limitationen

Im Rahmen der vorliegenden Dissertationsarbeit ergeben sich einige Grenzen und Limitationen. Um das Risiko von Komplikationen zu minimieren wurden nur Kinder mit unkomplizierten Atemwegen untersucht. Außerdem wurde aufgrund der Stichprobenszusammensetzung keine Larynxmaske Supreme™ der Größe (1), also Probanden unter 5 kgKG, verwendet, was wiederum nicht das volle Spektrum der Kinderanästhesie widerspiegelt. Somit tritt in zweifacher Hinsicht der Selektionsbias vermutlich hervor. Des Weiteren wurde die Arbeit nicht nach einem Modell der verblindeten Studie durchgeführt, weil keine Experimental- und Kontrollgruppe gebildet wurden. Aufgrund der Messungen unter Narkose und vielleicht des eingeschränkten Bewusstseins von Kindern an einer Studie teilzunehmen lässt sich der Hawthorne-Effekt wohl ausschließen. Umgekehrt kann das Wissen der durchführenden Mitarbeiter eine Verzerrung der Ergebnisse ergeben haben.

Ein weiterer Punkt ist die Anwendungsdauer, in der ein PEEP-Niveau angesetzt wurde. Eventuell können deutlichere Ergebnisse erreicht werden, wenn sowohl die einzelnen PEEP-Niveaus länger als auch insgesamt mehr Probanden mit besserer Altersverteilung getestet werden. Zudem stellte die Datenerfassung teilweise während des operativen Eingriffs ein Störfaktor und damit eine weitere Grenze dar. In nicht ausreichender Form konnte die Messung der Oxygenierung während den einzelnen PEEP-Niveaus gemessen werden. Die Sauerstoffsättigung mag einen annähernden Aufschluss darüber geben, jedoch ist zur genaueren Erfassung eine fortlaufende Blutgasanalyse sinnvoll. Denn für die Auswahl des optimalen PEEP gehört die Oxygenierung zu einem der wichtigsten Parameter¹².

4.3 Schlussfolgerung und Ausblick

Für die Schlussfolgerung und den Ausblick werden nochmals die anfangs gestellten Fragen aufgegriffen.

1. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigten mehr ventilatorassoziierte Vorteile für einen höheren PEEP, wie hier von 5 mbar, als Nachteile. Dies war meist signifikant vor allem zu einem PEEP-Niveau von 0 mbar mit einem größeren Atemzugvolumen, einer größeren dynamischen Compliance und einer geringeren endtidalen Kohlenstoffdioxid-Konzentration. Hämodynamische Auswirkungen waren zwischen den jeweiligen PEEP-Niveaus nicht signifikant und damit nicht als Vorteil zu werten. Durch suffiziente Abdichtungen, gemessen am Airway leak pressure, war bis auf die genannten 2 Fälle eine adäquate Beatmung möglich und damit eine ausreichende Dichtigkeit gegeben.
2. Durch die Anwendung eines PEEP-Niveaus von 5 mbar ist aktuell aus unserer Sicht unter Verwendung der Larynxmaske Supreme™ eine verbesserte Beatmung von Kindern unter Allgemeinanästhesie zu erreichen und damit empfehlenswert. Welches PEEP-Niveau schlussendlich am optimalsten für Kinder ist, wäre ein Ansatz für weiterführende Studien mit Austestung höherer PEEP-Niveaus als 5 mbar.
3. Die vorliegende Dissertationsarbeit zeigt, dass keine signifikante Menge an Luft unter der druckkontrollierten Beatmung mit der Larynxmaske Supreme™ und einem PEEP-Niveau bis zu 5 mbar in den Magen insuffliert wird.
4. Einen Zusammenhang zwischen Höhe des PEEP-Niveaus und der Menge an gastral Luftinsufflation kann somit nicht hergestellt werden.
5. Bei fehlender gastral Luftinsufflation durch die Anwendung eines PEEP wird das Regurgitations- und Aspirationsrisiko bei nüchternen Patienten aufgrund möglicher Magenüberblähung nicht erhöht. Vorausgesetzt ist sowohl die korrekte Anwendung der Larynxmaske als auch der maschinellen Beatmung mit Beatmungsspitzenrücken, angepasst an das Alter und das Körpergewicht des Patienten. Allerdings ist zu beachten, dass vor allem nach der Narkoseeinleitung mit Gesichtsmaskenbeatmung zum Messzeitpunkt „Messreihe Beginn“ Luft und in zwei Fällen Aspirat gewonnen wurde. Fraglich ist somit, ob ein routinemäßiges Absaugen der Luft aus dem Magen die Inzidenz an Aspirationen unter Verwendung der Larynxmaske Supreme™ und gegebenenfalls auch anderer supraglottischer Atemwegshilfen signifikant senkt. Dies wäre eine Hypothese für zukünftige Studien mit größerem Stichprobenumfang.

Zusätzlich ist die Datenlage bezüglich Larynxmaske Supreme™ ab der ASA-Klassifikation III sehr dünn. Daher sollte nicht nur bei Kindern, sondern auch bei Erwachsenen die Forschung in diese Richtung und darüber hinaus fortgeführt werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Larynxmaske stellt das Verfahren der Wahl zur Atemwegssicherung bei Kindern während kleinerer operativer Eingriffe dar. Das Modell der Larynxmaske Supreme™ bietet die Möglichkeit einer Magensondenanlage zum einfachen Ablassen des Mageninhalts. Diese Funktion ist auch für das Absaugen der möglichen gastraln Luftinsufflation unter der druckkontrollierten Beatmung geeignet. Doch kommt es im Rahmen der Beatmung und mit der Anwendung des positiven endexpiratorischen Drucks (PEEP) tatsächlich dazu? Weiterführend interessant ist, ob dabei das Aspirationsrisiko erhöht wird. Welcher PEEP am geeignetsten ist, soll über die Erfassung der Ventilations- und Oxygenierungsparameter erreicht werden. Welche ventilatorassoziierten Vorteile entstehen dadurch?

An Kindern im Alter von 1 bis 11 Jahren wurden unterschiedliche PEEP-Niveaus von 5, 3 und 0 mbar jeweils für 5 Minuten getestet. Dabei wurden hämodynamische und respiratorische Parameter erfasst. Hinzu kam am Anfang der Messreihe und am jeweiligen Ende eines PEEP-Niveaus das Absaugen der Luft aus dem Magen. Dabei handelte es sich um die Luftmenge, welche durch die druckkontrollierte Beatmung mit PEEP unter Verwendung der Larynxmaske Supreme™ insuffliert wurde. Es erfolgten Vergleiche zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten und Analysen mit Gruppen nach dem Körpergewicht, zugeordnet nach Vorgabe der Larynxmaskengröße.

Die hämodynamischen Veränderungen in der Gesamtdatenanalyse zeigten keine Signifikanz zwischen den einzelnen PEEP-Niveaus. Im Bereich der Beatmungsparameter erwiesen sich mehr signifikante Unterschiede. Insbesondere nahmen das Atemzugvolumen, der Peak pressure und die dynamische Compliance mit dem PEEP-Niveau signifikant zu. Die Konzentration des endtidalen Kohlenstoffdioxids nahm dagegen mit steigendem PEEP-Niveau signifikant ab. Nicht signifikant zwischen den PEEP-Niveaus selbst, aber signifikant in Bezug zur ersten Datenerfassung zu Beginn der Messreihe, war die gastrale Luftmenge. Zudem traten kaum postoperative Komplikationen wie Halsschmerzen, Übelkeit und Erbrechen auf.

Schlussendlich zeigen sich die Larynxmaske Supreme™ und ein PEEP gut kompatibel. Die fehlende Signifikanz bei der gastraln Luftmenge zwischen den PEEP-Niveaus bestätigt, dass keine gastrale Luftinsufflation bei kontrollierter Beatmung mittels der Larynxmaske Supreme™ erfolgte. Der signifikante Unterschied der Luftmenge zwischen dem Beginn der Messreihe und den anderen Messzeitpunkten begründet sich vermutlich auf die Gesichtsmaskenbeatmung ohne festgelegten Beatmungsspitzenruck vor Beginn der Datenerfassung. Anhand dieser Daten ist interessant, ob ein routinemäßiges Absaugen der Luft beziehungsweise restlichen Mageninhalts das Aspirationsrisiko senken würde. Wichtig sind auch die positiven Wirkungen eines höheren PEEP auf die dynamische Compliance und die damit verbundenen ventilatorassoziierten Vorteile.

Wir empfehlen die Anwendung eines PEEP-Niveaus von 5 mbar bei Kindern unter Anwendung der Larynxmaske Supreme™. Weiterführend können Studien mit größerer Fallzahl und Testung eines größeren Umfangs an PEEP-Niveaus sein. Die

Larynxmaske Supreme™ und der PEEP werden weiterhin wichtige Bestandteile in der Anästhesie bei Kindern und Erwachsenen sein.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Schmidbauer, W, Genzwurker, H, Ahlers, O, Proquitte, H, Kerner, T: Cadaver study of oesophageal insufflation with supraglottic airway devices during positive pressure ventilation in an obstructed airway. *Br J Anaesth*, 109: 454-458, 2012.
2. Zhu, XY, Lin, BC, Zhang, QS, Ye, HM, Yu, RJ: A prospective evaluation of the efficacy of the laryngeal mask airway during neonatal resuscitation. *Resuscitation*, 82: 1405-1409, 2011.
3. Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 52, 2011.
4. Schmidt, J, Strauß, J, Becke, K, Giest, J, Schmitz, B: *Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter*. 2007, Wissenschaftlicher Arbeitskreis Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. Online: www.ak-kinderanaesthesie.de/fachmaterial/handlungsempfehlungen/doc_download/41_-handlungsempfehlung-zur-rapid-sequence-induction-im-kindesalter.html, Stand: 17.05.2014.
5. Imberger, G, McIlroy, D, Pace, NL, Wetterslev, J, Brok, J, Moller, AM: Positive end-expiratory pressure (PEEP) during anaesthesia for the prevention of mortality and postoperative pulmonary complications. *The Cochrane database of systematic reviews*: CD007922, 2010.
6. Sugerman, HJ, Rogers, RM, Miller, LD: Positive end-expiratory pressure (PEEP); indications and physiologic considerations. *Chest*, 62: Suppl:86S-94S, 1972.
7. Levin, MA, McCormick, PJ, Lin, HM, Hosseinian, L, Fischer, GW: Low intraoperative tidal volume ventilation with minimal PEEP is associated with increased mortality. *Br J Anaesth*, 2014.
8. Lamb, AS: A severe case of fat embolism successfully treated with positive end-expiratory pressure respiration. *Resuscitation*, 3: 195-198, 1974.
9. Yakaitis, RW, Thomas, JD, Mahaffey, JE: Effects of intraoperative PEEP on postoperative arterial oxygenation. *Anesth Analg*, 54: 427-432, 1975.
10. Fischer, MU: *Kinder richtig beatmen*. 2010. Online: http://www.ak-kinderanaesthesie.de/files/2010_Dresden_FISCHER_Beatmung.pdf, Stand: 07.07.2015.
11. Wirth, S, Artner, L, Bross, T, Lozano-Zahonero, S, Spaeth, J, Schumann, S: Intratidal recruitment/derecruitment persists at low and moderate positive end-expiratory pressure in paediatric patients. *Respiratory physiology & neurobiology*, 2016.
12. Larsen, R, Ziegenfuß, T: *Beatmung : Indikationen - Techniken - Krankheitsbilder*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2013.
13. von Ungern-Sternberg, BS, Regli, A, Schibler, A, Hammer, J, Frei, FJ, Erb, TO: The impact of positive end-expiratory pressure on functional residual capacity and ventilation homogeneity impairment in anesthetized children exposed to high levels of inspired oxygen. *Anesth Analg*, 104: 1364-1368, table of contents, 2007.
14. Goldmann, K, Roettger, C, Wulf, H: Use of the ProSeal laryngeal mask airway for pressure-controlled ventilation with and without positive end-expiratory

- pressure in paediatric patients: a randomized, controlled study. *Br J Anaesth*, 95: 831-834, 2005.
15. Kaisers, U, Busch, T: Perioperatives Management bei Patienten mit Adipositas. *Adipositas*, 4, 2010.
 16. Bruells, CS, Dembinski, R: Positiver endexpiratorischer Druck : Einstellung bei respiratorischer Insuffizienz. *Der Anaesthetist*, 61, 2012.
 17. Rusca, M, Proietti, S, Schnyder, P, Frascarolo, P, Hedenstierna, G, Spahn, DR, Magnusson, L: Prevention of atelectasis formation during induction of general anesthesia. *Anesthesia and analgesia*, 97, 2003.
 18. Fischer, LG: FiO₂ bei Narkoseeinleitung, Eingriff und postoperativ. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie - AINS*, 42: 522-528, 2007.
 19. Larsen, R: *Anästhesie : mit 290 Tabellen*, München, Elsevier, Urban & Fischer, 2013.
 20. Incorporated, T: *About*. 2014. Online: <http://www.lmaco.com/about>, Stand: 22.06.2015.
 21. Sierpina, DI, Chaudhary, H, Walner, DL, Villines, D, Schneider, K, Lowenthal, M, Aronov, Y: Laryngeal mask airway versus endotracheal tube in pediatric adenotonsillectomy. *Laryngoscope*, 122: 429-435, 2012.
 22. Valentine, J, Stakes, AF, Bellamy, MC: Reflux during positive pressure ventilation through the laryngeal mask. *Br J Anaesth*, 73: 543-544, 1994.
 23. Brimacombe, JR, Berry, A: The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: a meta-analysis of published literature. *J Clin Anesth*, 7: 297-305, 1995.
 24. Osborn, IP, Cohen, J, Soper, RJ, Roth, LA: Laryngeal mask airway--a novel method of airway protection during ERCP: comparison with endotracheal intubation. *Gastrointestinal endoscopy*, 56: 122-128, 2002.
 25. Adams, H-A, Kochs, E: (Eds.) *Anästhesiologie*, Stuttgart [u.a.], Thieme, 2009.
 26. Verghese, C, Ramaswamy, B: LMA-Supreme--a new single-use LMA with gastric access: a report on its clinical efficacy. *Br J Anaesth*, 101: 405-410, 2008.
 27. Limited, TLMC: *LMA Supreme Second Seal*. 2012. Online: http://www.lma.de/files/lma-supreme-12pg-eng_lores_brochure.pdf, Stand: 17.12.2012.
 28. Incorporated, T: *Gebrauchsanweisung - LMA Supreme™*. 2013. Online: <http://www.lmana.com/viewifu.php?ifu=23>, Stand: 24.04.2015.
 29. Goldmann, K: Kinderanästhesie - Supraglottische Atemwege bei Säuglingen und Kleinkindern. *AINS - Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie*, 48: 246-250, 2013.
 30. Jagannathan, N, Sohn, LE, Chang, E, Sawardekar, A: A cohort evaluation of the laryngeal mask airway-Supreme in children. *Paediatr Anaesth*, 22: 759-764, 2012.
 31. Trevisanuto, D, Parotto, M, Doglioni, N, Ori, C, Zanardo, V, Micaglio, M: The Supreme Laryngeal Mask Airway (LMA): a new neonatal supraglottic device: comparison with Classic and ProSeal LMA in a manikin. *Resuscitation*, 83: 97-100, 2012.
 32. Cook, TM, Gatward, JJ, Handel, J, Hardy, R, Thompson, C, Srivastava, R, Clarke, PA: Evaluation of the LMA Supreme in 100 non-paralysed patients. *Anaesthesia*, 64: 555-562, 2009.
 33. Jagannathan, N, Sohn, L, Sommers, K, Belvis, D, Shah, RD, Sawardekar, A, Eidem, J, Dagraca, J, Mukherji, I: A randomized comparison of the laryngeal

- mask airway supreme and laryngeal mask airway unique in infants and children: does cuff pressure influence leak pressure? *Paediatr Anaesth*, 2013.
34. von Ungern-Sternberg, BS, Hammer, J, Schibler, A, Frei, FJ, Erb, TO: Decrease of functional residual capacity and ventilation homogeneity after neuromuscular blockade in anesthetized young infants and preschool children. *Anesthesiology*, 105, 2006.
35. von Ungern-Sternberg, BS, Regli, A, Frei, FJ, Hammer, J, Jordi Ritz, E-M, Erb, TO: Decrease in functional residual capacity and ventilation homogeneity after neuromuscular blockade in anesthetized preschool children in the lateral position. *Paediatric anaesthesia*, 17, 2007.
36. Hosten, T, Gurkan, Y, Kus, A, Ozdamar, D, Aksu, C, Solak, M, Toker, K: Comparison of ProSeal LMA with Supreme LMA in paediatric patients. *Acta Anaesthesiol Scand*, 57: 996-1001, 2013.
37. Rossaint, R, Werner, C, Zwissler, B: *Die Anästhesiologie : Allgemeine und spezielle Anästhesiologie, Schmerztherapie und Intensivmedizin*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2012.
38. von Ungern-Sternberg, BS, Boda, K, Schwab, C, Sims, C, Johnson, C, Habre, W: Laryngeal mask airway is associated with an increased incidence of adverse respiratory events in children with recent upper respiratory tract infections. *Anesthesiology*, 107, 2007.
39. Bosch, J, de Nooij, J, de Visser, M, Cannegieter, SC, Terpstra, NJ, Heringhaus, C, Burggraaf, J: Prehospital use in emergency patients of a laryngeal mask airway by ambulance paramedics is a safe and effective alternative for endotracheal intubation. *Emergency medicine journal : EMJ*, 2013.
40. Wong, JG, Heaney, M, Chambers, NA, Erb, TO, von Ungern-Sternberg, BS: Impact of laryngeal mask airway cuff pressures on the incidence of sore throat in children. *Paediatr Anaesth*, 19: 464-469, 2009.
41. Goldmann, K: Kinderanästhesie - Klinische Grundlagen des supraglottischen Atemwegsmanagements. *AINS - Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie*, 48: 252-257, 2013.
42. Sinha, A, Sharma, B, Sood, J: ProSeal as an alternative to endotracheal intubation in pediatric laparoscopy. *Paediatr Anaesth*, 17: 327-332, 2007.
43. Striebel, HW: *Anästhesie - Intensivmedizin - Notfallmedizin : für Studium und Ausbildung ; mit ... 78 Tabellen*, Stuttgart, Schattauer, 2013.
44. Roewer, N, Thiele, H: *Taschenatlas Anästhesie*, Stuttgart ; New York, Thieme, 2013.
45. Zhao, Z, Steinmann, D, Frerichs, I, Guttman, J, Moller, K: PEEP titration guided by ventilation homogeneity: a feasibility study using electrical impedance tomography. *Critical care (London, England)*, 14: R8, 2010.
46. Suarez-Sipmann, F, Bohm, SH, Tusman, G, Pesch, T, Thamm, O, Reissmann, H, Reske, A, Magnusson, A, Hedenstierna, G: Use of dynamic compliance for open lung positive end-expiratory pressure titration in an experimental study. *Critical care medicine*, 35: 214-221, 2007.
47. El-Baradey, GF, El-Shamaa, NS: Compliance versus dead space for optimum positive end expiratory pressure determination in acute respiratory distress syndrome. *Indian journal of critical care medicine : peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, 18: 508-512, 2014.
48. Bouvet, L, Albert, ML, Augris, C, Boselli, E, Ecochard, R, Rabilloud, M, Chassard, D, Allaouchiche, B: Real-time detection of gastric insufflation related to facemask pressure-controlled ventilation using ultrasonography of the antrum

- and epigastric auscultation in nonparalyzed patients: a prospective, randomized, double-blind study. *Anesthesiology*, 120: 326-334, 2014.
49. Belena, JM, Nunez, M, Anta, D, Carnero, M, Gracia, JL, Ayala, JL, Alvarez, R, Yuste, J: Comparison of Laryngeal Mask Airway Supreme and Laryngeal Mask Airway ProSeal with respect to oropharyngeal leak pressure during laparoscopic cholecystectomy: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol*, 30: 119-123, 2013.
 50. Zhang, L, Seet, E, Mehta, V, Subramanyam, R, Ankichetty, SP, Wong, DT, Chung, F: Oropharyngeal leak pressure with the laryngeal mask airway Supreme at different intracuff pressures: a randomized controlled trial. *Can J Anaesth*, 58: 624-629, 2011.
 51. Eschertzhuber, S, Brimacombe, J, Hohlieder, M, Keller, C: The laryngeal mask airway Supreme--a single use laryngeal mask airway with an oesophageal vent. A randomised, cross-over study with the laryngeal mask airway ProSeal in paralysed, anaesthetised patients. *Anaesthesia*, 64: 79-83, 2009.
 52. Teoh, WH, Lee, KM, Suhitharan, T, Yahaya, Z, Teo, MM, Sia, AT: Comparison of the LMA Supreme vs the i-gel in paralysed patients undergoing gynaecological laparoscopic surgery with controlled ventilation. *Anaesthesia*, 65: 1173-1179, 2010.
 53. Reich, A: Besonderheiten bei der Beatmung von Kindern. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS*, 42, 2007.
 54. Feldman, JM: Optimal ventilation of the anesthetized pediatric patient. *Anesth Analg*, 120: 165-175, 2015.
 55. Schimpf, J, Craß, D, Sollmann, V: *Kompendium Kinderanästhesie*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
 56. Kretz, F-J, Gleiter, CH, Hindley, U, Krebsbach, W, Remppis, S, Schäffer, J: (Eds.) *Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2008.
 57. Oczenski, W: *Atmen - Atemhilfen : Atemphysiologie und Beatmungstechnik*, Stuttgart, Thieme, 2008.
 58. Serafini, G, Cornara, G, Cavalloro, F, Mori, A, Dore, R, Marraro, G, Braschi, A: Pulmonary atelectasis during paediatric anaesthesia: CT scan evaluation and effect of positive endexpiratory pressure (PEEP). *Paediatric anaesthesia*, 9, 1999.
 59. Goldmann, K, Gerlach, M, Borntäger, C: ProSeal®-Kehlkopfmaske in normalgewichtigen und adipösen Patienten : Oxygenierung unter druckkontrollierter Beatmung mit verschiedenen endexpiratorischen Drücken. *Der Anaesthetist*, 60, 2011.
 60. Lagarde, S, Semjen, F, Nouette-Gaulain, K, Masson, F, Bordes, M, Meymat, Y, Cros, AM: Facemask pressure-controlled ventilation in children: what is the pressure limit? *Anesth Analg*, 110: 1676-1679, 2010.
 61. Isono, S, Eikermann, M, Odaka, T: Facemask ventilation during induction of anesthesia: how "gentle" is "gentle" enough? *Anesthesiology*, 120: 263-265, 2014.
 62. Bernardini, A, Natalini, G: Risk of pulmonary aspiration with laryngeal mask airway and tracheal tube: analysis on 65 712 procedures with positive pressure ventilation. *Anaesthesia*, 64: 1289-1294, 2009.
 63. Echternach, M, Mencke, T, Richter, B, Reber, A: Laryngeale Veränderungen nach endotrachealer Intubation und Anwendung der Larynxmaske. *HNO*, 59: 485-498, 2011.

64. Koscielny, S, Gottschall, R: Die Perforation des Hypopharynx als seltene, lebensbedrohliche Komplikation der endotrachealen Intubation. *Der Anaesthetist*, 55: 45-52, 2006.
65. Maconochie, IK, Bingham, R, Eich, C, Lopez-Herce, J, Rodriguez-Nunez, A, Rajka, T, Van de Voorde, P, Zideman, DA, Biarent, D: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation*, 95: 223-248, 2015.
66. Monsieurs, KG, Nolan, JP, Bossaert, LL, Greif, R, Maconochie, IK, Nikolaou, NI, Perkins, GD, Soar, J, Truhlar, A, Wyllie, J, Zideman, DA: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation*, 95: 1-80, 2015.
67. Aus dem Wiss. Arbeitskreis Notfallmedizin der DGAI und der Kommission Atemwegsmanagement der DGAI. Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement - Für Notärzte und Rettungsdienstpersonal. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 53, 2012.
68. Aydogmus, MT, Eksioğlu, B, Oba, S, Unsal, O, Turk, HS, Sinikoglu, SN, Tug, A: Comparison of laryngeal mask airway supreme and laryngeal mask airway proseal for laryngopharyngeal trauma and postoperative morbidity in children. *Brazilian journal of anesthesiology (Elsevier)*, 63: 445-449, 2013.
69. Kim, H, Lee, JY, Lee, SY, Park, SY, Lee, SC, Chung, CJ: A comparison of i-gel and LMA Supreme in anesthetized and paralyzed children. *Korean journal of anesthesiology*, 67: 317-322, 2014.
70. Kus, A, Gok, CN, Hosten, T, Gurkan, Y, Solak, M, Toker, K: The LMA-Supreme versus the I-gel in simulated difficult airway in children: a randomised study. *Eur J Anaesthesiol*, 31: 280-284, 2014.
71. Choi, KW, Lee, JR, Oh, JT, Kim, DW, Kim, MS: The randomized crossover comparison of airway sealing with the laryngeal mask airway Supreme() at three different intracuff pressures in children. *Paediatr Anaesth*, 24: 1080-1087, 2014.
72. Hosten, T, Gurkan, Y, Ozdamar, D, Tekin, M, Toker, K, Solak, M: A new supraglottic airway device: LMA-supreme, comparison with LMA-Proseal. *Acta Anaesthesiol Scand*, 53: 852-857, 2009.
73. Jagannathan, N, Sohn, LE, Sawardekar, A, Chang, E, Langen, KE, Anderson, K: A randomised trial comparing the laryngeal mask airway Supreme with the laryngeal mask airway Unique in children. *Anaesthesia*, 67: 139-144, 2012.

7 TABELLARISCHER ANHANG

7.1 Datenerfassungsbogen

Datenerfassungsbogen LM-PEEP-Studie bei Kindern

Datum :

Demographische Daten :

Initialen	Alter	Geschlecht	Gewicht	Vorerkrankungen	OP

Hämodynamik :

	Zeit punkt T0	Zeit punkt TPEEP 5/1	Zeit punkt TPEEP 5/2	Zeit punkt TPEEP 3/1	Zeit punkt TPEEP 3/2	Zeit punkt ZEEP1	Zeit punkt ZEEP2	Zeit punkt T1
Herzfrequenz								
Blutdruck syst /diast								
SpO ₂								

Beatmung :

	Zeit punkt T0	Zeit punkt TPEEP 5/1	Zeit punkt TPEEP 5/2	Zeit punkt TPEEP 3/1	Zeit punkt TPEEP 3/2	Zeit punkt ZEEP1	Zeit punkt ZEEP2	Zeit punkt T1
Atemfrequenz								
AZV								
Peak Pressure								
Airway leak pressure								
Dyn. Compliance								
EtCO ₂								
FiO ₂								

Magensonde :

	Zeit punkt T0	Zeit punkt TPEEP 5/1	Zeit punkt TPEEP 5/2	Zeit punkt TPEEP 3/1	Zeit punkt TPEEP 3/2	Zeit punkt ZEEP1	Zeit punkt ZEEP2	Zeit punkt T1
Luftmenge ml								

Postoperative Verlaufsbeobachtung :

Halsschmerzen ja nein PONV ja nein

Sonstige Anmerkungen :

7.2 About

About

The first laryngeal mask airway, the LMA Classic™, was invented and designed by Dr. Archie Brain in the East End of London in 1981. While a practicing anesthesiologist, Dr. Brain identified the need for better safety, reliability, and ease of insertion of airway management devices.

The first laryngeal mask airway, the LMA Classic™, was invented and designed by Dr. Archie Brain in the East End of London in 1981. While a practicing anesthesiologist, Dr. Brain identified the need for better safety, reliability, and ease of insertion of airway management devices.

The need for a better artificial airway

The most important role of an anesthesiologist is control of the patient's airway. Loss of a patient airway can lead to life-threatening hypoxia within two to three minutes. In looking at the anatomy and physiology of the upper airway in relation to existing airway devices, it was apparent to Dr. Brain that the way in which the respiratory system was connected with existing artificial airways was less than ideal.

The drawback to the facemask connection is that there is no easy way to make a reliable seal. The reliable seal depends on the hands of the operator and his stamina during an extended case in keeping that seal intact.

Also, during anaesthesia upper airway collapse associated with the loss of muscle tone is a distinct possibility. The operator must simultaneously elevate the jaw while pressing backwards against the face. Usually insertion of a Guedel airway is required to bypass obstruction of the airway by the tongue.

To achieve a good seal with an endotracheal tube, pressure is applied to the epithelial surface. Important and highly specified functions are thus somewhat compromised by the penetration of the vocal cords: effective coughing and swallowing are rendered impossible. The upper airway structure is distorted and an unwanted reflex response is provoked.

According to Dr. Brain, and other leading anesthesiologists, an artificial airway should have the following fundamental characteristics:

1. It should overcome airway obstruction rapidly and easily.
2. It should be atraumatic, even when used by the unskilled.

Clearly, neither the facemask nor the endotracheal tube can meet these simple yet vital criteria.

Early development work on the laryngeal mask airway

Dr. Brain carried out early work on the laryngeal mask airway in 1981 while he was a lecturer at the London Hospital of Anaesthetics. Part of Dr. Brain's clinical commitment included giving dental anesthetics to outpatients. The method of choice

at this institution for simple extractions was to administer a volatile aesthetic gas through a McGill circuit attached to a Goldman dental mask. A Goldman dental mask is a nasal mask made with a detachable, black rubber cuff.

Dr. Brain's interest in the human airway led him to make plaster of Paris casts of a cadaver pharynx, in order to explore the actual and potential space in the glottic area.

Dr. Brain noticed the similarity between the general size and shape of the detached Goldman mask cuff and the available size and space in the pharynx as defined by his plaster of Paris moulds. The next step, which resulted in Dr. Brain's first prototype of the laryngeal mask airway, was to incorporate a 10 mm plastic tube into the floor of the mask in such a way that the tube emerged behind the wider posterior end of the mask.

As a result of a first, successful experience in a male patient with his initial prototype in 1981, Dr. Brain proceeded to assemble three more prototypes in order to set up his first pilot study. This pilot study was carried out at the London Hospital after obtaining ethical committee approval. The results convinced Dr. Brain that considerable further work was justified. In this first study, Dr. Brain obtained a clear airway in all 23 patients he studied, and positive pressure ventilation was successful in 100% of the 16 female patients in whom it was used to facilitate laparoscopy. Although the mask appeared to work better in females than male patients, this came as no surprise to Dr. Brain, since at this stage only one size could be manufactured for use in this initial study. Through his study with cadavers, Dr. Brain knew that the physiology of male and female patients varied a great deal, and he surmised that either obstructions or leaks were occurring with certain patients.

Dr. Brain concluded that the smaller size would be more suitable for female patients than for male. Indeed, both obstructions and leaks occurred more frequently with the male patients in this first study. It took some time for Dr. Brain to find the correct size larynx to use in developing a larger laryngeal mask airway for the male patient.

Commercial work on the laryngeal mask airway

By the end of 1985 it was clear that no further progress could be made without obtaining a more appropriate mask design than was currently being used. Over 70 laryngeal masks had been made from a Goldman cuff. However, manufacture of the Goldman dental mask had been discontinued. At this time, commercial interest was aroused and the Dunlop Rubber Co. made some silicone mask prototypes. Dr. Brain noted that in the course of cutting apertures in the silicone mask to attach the tube, it was easy to incorporate a central or a double bar in the lumen - an imitation of a previous design in which a bar had been welded across the aperture of a Goldman mask.

The purpose of these aperture bars was to prevent a large epiglottis from falling into the aperture, blocking it and occluding the airway. The aperture bars needed to be flexible enough so an endotracheal tube could pass through them and push them aside and yet they needed to be firm enough to withstand the pressure of an epiglottis.

Using the Dunlop mask immediately improved the smoothness of insertion and as experience was gained, it became clear that there was another advantage – the cuff could be deflated to form a wafer-thin leading edge making collision with the epiglottis less likely. Gradually, the use of the introducer tool was discontinued as Dr. Brain realized that the insertion technique was more critical to success than insertion equipment.

The Dunlop cuff was greatly superior to previous prototypes with regard to insertion, but it could not be easily inflated to an adequate size for adults. This encouraged the use in children for the first time and it proved possible to obtain a clear airway without trauma in children above 24 kg.

The desire to make different sizes would involve making molds. Dr. Brain completed over 60 different designs and tested them clinically. By September of 1986 extensive testing of latex and silicone variance had shown that Dr. Brain had made much progress in the design and development of the laryngeal mask.

Commercial introduction of the LMA Classic™

Work and experimentation with the laryngeal mask continued through 1986 and into 1987. New developments and prototypes were being refined and trials were ongoing during this period of time. By December of 1987 the first commercially made laryngeal mask, the LMA Classic™, was ready for trial, and the initial results exceeded expectations. The silicone cuff was slightly larger than the improved Dunlop cuff, but was more elastic, making it softer and providing a more extensive contact with the laryngeal perimeter.

By January of 1988 it was possible to finalise the design and order three other sizes, the dimensions of which were based on prototypes made in either latex or silicone by Dr. Brain. The first hospital to purchase the LMA Classic™ was the Royal East Sussex Hospital, Hastings, where it has been in use from mid-1988. Twelve months later more than 500 other U.K. hospitals were using the device. Currently, the LMA™ airway product range is available throughout the world and has been used in over 300 million surgeries.

In the United States, the FDA cleared the LMA Classic™ for marketing in February 1991. By that time many forward-thinking anesthesiologists had become aware of the device and its use in Europe and around the world. Before it was cleared for marketing by the FDA, several U.S. pioneering anesthesiologists acquired the LMA Classic™ either through their contacts in the U.K. or through colleagues in Canada. In 1992, The Laryngeal Mask Company concluded arrangements for the commercial sale of the LMA Classic™ in the United States.

Autor: Teleflex incorporated

Titel: About

Jahr: 2014

Online: <http://www.lmaco.com/about>

Stand: 24.06.2015

7.3 Ein Leitfaden zum National audit project (NAP4)

The image shows the front cover of a report. The background is dark blue with a repeating pattern of the text 'REPORT NAP4 REF' in a lighter blue, rotated 90 degrees. In the top right corner, there is a white box containing the LMA logo and the slogan 'Better by Design'. The main title is in large white font, followed by a subtitle in smaller white font. Below the subtitle, there is a paragraph in white text. At the bottom, there is a small white box containing a disclaimer.

LMA™
Better by Design

Ein Leitfaden zum National Audit Project (NAP4)

für schwere Komplikationen
bei der Sicherung der
Atemwege in Großbritannien

Bericht und Ergebnisse: März 2011
Redaktion: Dr. Tim Cook, Dr. Nick Woodall
und Dr. Chris Frerk

Fokus: Supraglottische Atemweghilfen
(SADs) der zweiten Generation

Veröffentlicht im März 2011

Ausschlussklärung: Die Aufnahme der NAP4-Empfehlungen und von LMA-Produkten in diesen Leitfaden, sollte nicht als Befürwortung von LMA-Produkten durch das Royal College of Anaesthetists oder die Difficult Airway Society angesehen werden. Dieser Leitfaden ist die **eigene Interpretation** von LMA, wie einige der NAP4-Empfehlungen, teilweise oder vollständig unter Verwendung von LMA™ Atemwegsprodukten oder Dienstleistungen, implementiert werden können. Dies ist nur ein Leitfaden.

Was ist das NAP4?

Zusammenfassender Bericht

Es ist zwar allgemein akzeptiert, dass die Sicherung der Atemwege manchmal problematisch sein kann und dass Komplikationen auftreten, über deren Art und Häufigkeit, ist jedoch nichts bekannt.

Das 4. National Audit Project des Royal College of Anaesthetists und der Difficult Airway Society (NAP4) wurde konzipiert, um die folgenden Fragen zu beantworten;

- ▶ Welche Atemwegshilfen, werden wie häufig während einer Narkose verwendet?
- ▶ Wie oft treten schwere Komplikationen, mit der Folge von ernsten Schäden, in Verbindung mit der Sicherung der Atemwege bei Narkosen, auf Intensivstationen und in den Notaufnahmen in Großbritannien auf?
- ▶ Welcher Art sind diese Ereignisse, und was können wir daraus lernen, um ihre Häufigkeit und Folgen zu reduzieren?

Definitions:

SADs der ersten Generation: SADs, auf die die Beschreibung „einfache Atemwegshilfe“ zutrifft. Sie besitzen keine speziellen Funktionen zur Verminderung des Aspirationsrisikos im Fall einer Regurgitation.

SADs der zweiten Generation: SADs, die zum Zweck der Sicherheit weiterentwickelt wurden und Funktionen zur Reduktion des Aspirationsrisikos besitzen.

Als Resultat der Ergebnisse wurden eine Reihe von Empfehlungen ausgesprochen. Die relevanten Empfehlungen bezüglich der SADs der zweiten Generation, sind in diesem Leitfaden wiedergegeben, außerdem Kommentare dazu, wie LMA Ihnen dabei behilflich sein kann, diese zu erfüllen.

Um eine vollständige Kopie des NAP4 Berichts zu erhalten, besuchen Sie www.rcoa.ac.uk/NAP4

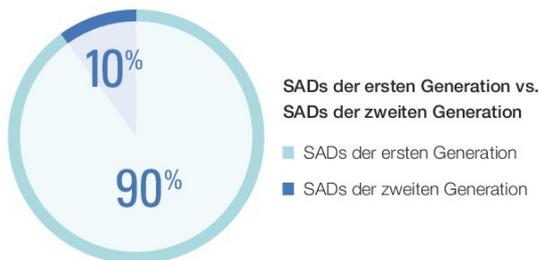
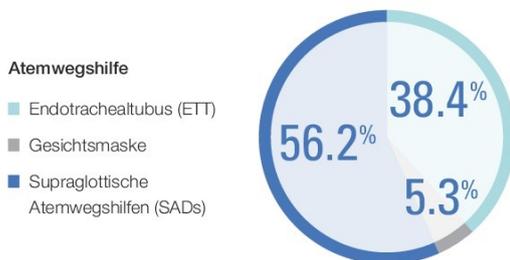
Weitere Einzelheiten, finden Sie im zusammenfassenden Bericht des NAP4 auf Seite 8 bis 10.

NAP4-Projektmethodik

Phase 1

Phase 1 des Projekts hat festgestellt, dass jährlich ca. 3 Millionen Patienten in Großbritannien im NHS narkotisiert werden und hat die Atemwegshilfen beschrieben, die zu deren Behandlung verwendet werden.

Typ der Atemwegshilfen, die bei geschätzt 2,9 Millionen Vollnarkosen verwendet wurden



Phase 2

In Phase 2, sollten alle Fälle schwerer Komplikationen bei der Sicherung der Atemwege in der gleichen Population wie in Phase 1 identifiziert werden, aber auch auf Intensivstationen (ITS) und in Notaufnahmen (NA). Jeder berichtete Fall, wurde von einem Experten-Ausschuss geprüft, um sicherzustellen, dass die richtigen Fälle aufgenommen wurden, um den Erkenntnisgewinn zu maximieren.

Ausschlaggebend für die Aufnahme und die Meldung an das Projekt, waren Komplikationen bei der Sicherung der Atemwege mit der Folge von:

- ▶ Tod
- ▶ Hirnschädigung
- ▶ Notwendigkeit eines operativen Notfall-Atemwegs
- ▶ Unerwartete ITS-Aufnahme oder Verlängerung des ITS-Aufenthalts

Das Projekt hat keine Daten zu Ereignissen erfasst, die außerhalb des Krankenhauses oder auf den Stationen stattfanden.

184 Fälle erfüllten die Einschlusskriterien und wurden in den Bericht aufgenommen

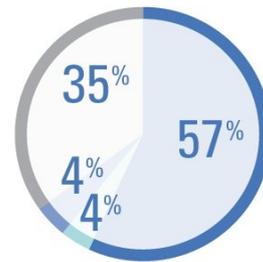
Weitere Einzelheiten finden Sie im zusammenfassenden Bericht auf Seite 8 bis 10, in Kapitel 3, Seite 21 und im Abschnitt Ergebnisse von Kapitel 4, Seite 25 des NAP4-Berichts.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse im Zusammenhang mit SADs

- ▶ Bei der Bewertung der Atemwegshilfen (ETT-GM-SAD) in Bezug auf das Auftreten von schweren Atemwegskomplikationen pro eine Million Patienten, wurden die SADs mit dem niedrigsten Wert assoziiert
- ▶ Die an das NAP4 berichteten Fallzahlen für Tod/Hirnschädigung waren 9,1/Million für ETT, 6,5/Million für GM und 5,0/Million für SAD
- ▶ 72 % der unerwünschten Atemwegsereignisse traten während der Narkose auf
- ▶ Bei 54 % der Ereignisse mit Folge von Tod oder Hirnschädigung, beurteilte der Ausschuss die Sicherung der Atemwege als schlecht
- ▶ Die Aspiration von Mageninhalt, war primäre Ursache für Tod/Hirnschädigung während der Narkose
- ▶ In allen Fällen, außer einem, trat die Aspiration via SAD mit einem Produkt der ersten Generation auf

Während des Auftretens der Aspiration verwendete Atemwegshilfe

- Larynxmaske (erste Generation, Marken nicht identifiziert) (13)
- Produkt der zweiten Generation – nicht-aufblasbare Manschette (1)
- Endotrachealtubus (8)
- Keine (1)



Aspiration war die häufigste Todesursache in der Narkosegruppe und für 50 % (8/16) der Todesfälle und 2 Fälle mit Hirnschädigung verantwortlich.

„In vielen Fällen mit und ohne Aspiration wurde die Komplikation wahrscheinlich durch schlechte Beurteilung, die Auswahl einer nicht passenden Atemwegshilfe und möglicherweise schlechte technische Anwendung des Produkts verursacht. Die Beurteilung des Prüfausschusses deutete darauf hin, dass häufig eine qualitativ schlechte Versorgung vorliegt.“

Weitere Einzelheiten finden Sie in Kapitel 5, Seite 31 bis 40, Kapitel 7, Seite 61, Kapitel 11, Seite 86 und Kapitel 23, Seite 187 des NAP4-Berichts.

Vorteile, die Atemwegshilfen der zweiten Generation zugeschrieben werden

Der NAP4-Bericht hat den Atemwegshilfen der zweiten Generation der SADs, eine Reihe von Vorteilen gegenüber den Produkten der ersten Generation zugeschrieben.

SADs der zweiten Generation wurden speziell entwickelt, um die Effektivität und Sicherheit zu verbessern:

- ▶ Eine verbesserte pharyngeale Abdichtung, die eine kontrollierte Beatmung bei höheren Atemwegsdrücken ermöglicht (und somit bei einer größeren Bandbreite an Patienten und klinischen Situationen)
- ▶ Eine verbesserte ösophageale Abdichtung, die die Wahrscheinlichkeit vermindert, dass zurückfließende Flüssigkeiten in den Pharynx gelangen und zur Aspiration führen
- ▶ Ein Drainagekanal welcher, der sich oberhalb des Ösophagus befindet, wenn das SAD korrekt positioniert wird. Dieser kann verwendet werden, um:
 - Das Einführen zu unterstützen
 - Die korrekte Positionierung des Produkts zu bestätigen
 - Einen Zugang zum Magen zu ermöglichen
 - Den Anwender vor einer Regurgitation zu warnen
 - Zu ermöglichen, dass Mageninhalt sicher den Oropharynx umgeht und aus dem Patienten ausgeleitet werden kann
- ▶ Ein integrierter Beißschutz

Weitere Einzelheiten finden Sie im NAP4-Bericht in Kapitel 11, Seite 86 bis 95.

„Die Kombination einer verbesserten Abdichtung und der vorhandene Drainagekanal, verbessern die Effektivität und schaffen eine funktionelle Trennung des Gastrointestinaltrakts vom Respirationstrakt (wie ein artifizieller Larynx). Dies verbessert wahrscheinlich die Sicherheit (obwohl dies sehr schwer zu beweisen ist), und mehrere neue Publikationen empfehlen, dass die Verwendung von supraglottischen Atemwegshilfen (SADs) mit effektiven Drainagekanälen zu einem ‚Versorgungsstandard‘ werden sollten.“

„In Fällen mit moderatem Übergewicht (geringere Compliance für die Beatmung) oder einem marginal erhöhten Aspirationsrisiko (geringes, mittleres Risiko), bei denen entschieden wird, dass eine Intubation nicht erforderlich ist, ist es logischer, ein SAD der zweiten Generation als ein Produkt der ersten Generation zu verwenden.“

Empfehlungen: Supraglottische Atemwegshilfen

Der NAP4-Bericht hat eine Reihe von Empfehlungen bezüglich der Anwendung von SADs gegeben. Dieser Leitfaden demonstriert, wie Produkte und Dienstleistungen von LMA Ihnen dabei helfen können, diese Empfehlungen zu erfüllen.

Empfehlung: Die Larynxmaskennarkose ist eine fundamentale Methode, die alle Anästhesisten beherrschen müssen. Dieses Thema sollte mit der gleichen Aufmerksamkeit für Details geschult werden wie die endotracheale Intubation. Dazu gehören die Auswahl der Patienten, die Indikationen und Kontraindikationen für die Anwendung und die Durchführbarkeit wie Einführen, Bestätigung der korrekten Lage, die Handhabung während der Aufrechterhaltungsphase der Narkose und das Entfernen.

.....

LMA ist bemüht, eine qualitativ hochwertige Ausbildung und Schulung anzubieten, um die Patientenversorgung und die klinischen Ergebnisse zu verbessern. LMA Centres of Excellence-Kurse, werden von einem unabhängigen, internationalen Team geleitet, das aus sehr erfahrenen Ausbildern und Klinikärzten besteht, die den Teilnehmern klinischen Expertenunterricht für die Anwendung von supraglottischen Atemhilfen anbieten. Einzelheiten zu aktuellen Kursen finden Sie unter www.lmaco.com

Das Internetportal für klinische Literatur von LMA, bietet Ärzten Zugang zu über 1.800 klinischen Arbeiten zur Anwendung des LMA-Produktportfolios. Registrieren Sie sich kostenlos unter www.doctorevidence.com/lma

Empfehlung: Falls eine endotracheale Intubation nicht als indiziert angesehen wird, jedoch gewisse (geringfügige) Bedenken wegen eines Regurgitationsrisikos bestehen, ist eine supraglottische Atemwegshilfe der zweiten Generation eine logischere Wahl als ein Produkt der ersten Generation.

.....

LMA Supreme™ ist ein Atemwegsinstrument der zweiten Generation zum Einmalgebrauch mit Magenzugang und einem innovativen Second Seal™, welches einen neuen Standard der Patientenversorgung bietet. Die LMA ProSeal™ ist ein Atemwegsinstrument der zweiten Generation zum Mehrfachgebrauch, welches Ärzten die Sicherheit eines Magenzugangs, hohe Dichtigkeit und Patientenkomfort bietet.

Weitere Informationen über Second Seal™ finden Sie unter www.secondsealconfidence.com

Die neuesten Produktinformationen finden Sie unter www.lmaco.com

Die vollständige Liste der Empfehlungen finden Sie in Appendix 5, Seite 208 bis 216 im NAP4-Bericht.

Empfehlung: Bei Patienten, für die ein geringes Aspirationsrisiko angenommen wird und die zusätzlich andere Faktoren aufweisen, wodurch die Anwendung eines SAD grenzwertig ist (z. B. Position des Patienten, Zugang zu den Atemwegen, Größe des Patienten) sollte erwogen werden, ein SAD der zweiten Generation zu verwenden.

.....

Umfassende Publikationen über LMA Supreme™ und LMA ProSeal™ weisen darauf hin, dass ihre Anwendung bei erweiterten Indikationen, beispielsweise bei Patienten mit leichter bis moderater Adipositas oder in anderen Patientenpositionen wie Seitenlage und Bauchlage, sicher möglich sind.

„Die Effektivität und Sicherheit der LMA ProSeal™ ist zur Zeit am besten untersucht und beschrieben.“
NAP4-Bericht, Kapitel 11, Seite 93.

Das Internetportal für klinische Literatur von LMA bietet Ärzten Zugang zu über 1.800 klinischen Arbeiten zur Unterstützung der Anwendung des LMA-Produktportfolios. Registrieren Sie sich kostenlos unter www.doctorevidence.com/lma

Empfehlung: Eine Obstruktion des Endotrachealtubus und des SAD durch Zubeißen des Patienten sollte durch Einführen eines Beißblocks, eine oropharyngeale Atemwegshilfe oder die Verwendung von SADs mit integriertem Beißblock vermieden werden.

.....

Sowohl die LMA Supreme™, als auch die LMA ProSeal™, wurden mit integrierten Beißblöcken entwickelt.

Empfehlung: Angesichts der obigen Empfehlungen und dem häufigen Auftreten dieser Umstände wird empfohlen, dass alle Krankenhäuser sowohl für den Routinegebrauch als auch für die notfallmäßige Sicherung der Atemwege, SADs der zweiten Generation bereithalten.

.....

LMA™-Atemhilfen stehen in über 100 Ländern, über einen Direktvertrieb in den USA, in Deutschland, Italien, Kanada, Australien und Singapur und über unabhängige Händler auf anderen Märkten, zur Verfügung. Dieses umfassende Vertriebsnetz stellt sicher, dass Produkte der zweiten Generation global direkt verfügbar sind, um gemäß den NAP4-Empfehlungen einen neuen Standard der Patientenversorgung zu liefern.

Finden Sie mehr über SADs der zweiten Generation heraus



Für die neueste klinische Literatur zur LMA Supreme™, registrieren Sie sich kostenlos unter www.doctorevidence.com/lma



Mehr Informationen zu LMA Supreme™ und Second Seal™ finden Sie unter www.secondsealconfidence.com



Die neuesten digitalen Fallberichte, Lehrvideos und Empfehlungen von Ärzten zu den Vorteilen der LMA Supreme™ finden Sie unter www.youtube.com/user/LaryngealMaskAirway



Für aktuelle Neuigkeiten von LMA klicken Sie „Gefällt mir“ auf www.facebook.com/LMAInternational



Produktinformationen und Zugang zu den Gebrauchsanweisungen der Produkte, finden Sie unter www.lmaco.com

Literatur:

4th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society: Major Complications of Airway Management in the United Kingdom. Report and findings: March 2011. Editors: Dr Tim Cook, Dr Nick Woodall and Dr Chris Frerk.

Cook TM, Woodall N, Frerk C. Major complications of airway management in the UK: results of the 4th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1 Anaesthesia. Br J Anaesth 2011; **106**(5): 617-631.

Cook TM, Howes B. Recent developments in efficacy and safety of supraglottic airway devices. Continuing Education in Anaesthesia Critical Care and Pain 2011; **11**: 56-61.

Autorisierte Vertretung in der EU:
LMA Deutschland GmbH
Mildred-Scheel-Straße 1,
53175 Bonn, Germany

Hersteller:
The Laryngeal Mask Company Limited
Le Rocher, Victoria, Mahé, Seychelles

▲ VOR GEBRAUCH ANLEITUNG DURCHLESEN

Vertrieb durch:

LMA Deutschland GmbH
Mildred-Scheel-Straße 1
D-53175 Bonn
Telefon: +49 (0)228 227 48000
Telefax: +49 (0)228 227 48001
Email: info@lmaco.de Internet: www.lma.de



Printed on paper from sustainable sources

LMA International
www.lmaco.com

Germany
www.lma.de

USA
www.lmana.com

Italy
www.lmaco.it

China
www.lmaco.cn

Canada
www.lmavitaid.com

Australia & New Zealand
www.lmapacmed.com

Copyright © 2012 The Laryngeal Mask Company Limited, LMA, LMA Supreme, LMA ProSeal, First Seal, Second Seal, LMA Better by Design are trademarks of the LMA Group of Companies.

Autor: Cook, T. M., Woodall, N., Frerk, C.
 Titel: Ein Leitfaden zum National audit project (NAP4)
 Jahr: 2011
 Online: <http://www.lma.de/files/nap4brochure.pdf>
 Stand: 17.12.2012

7.4 Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter

S86 | ÜBERSICHTEN / REVIEW ARTICLES

Rapid-Sequence-Induction des nicht nüchternen Kindes – warum brauchen wir eine neue Handlungsempfehlung?

M.N. Schreiber

Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Ulm (Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. M. Georgieff)

Eine Rapid-Sequence-Induction (RSI) eines Neugeborenen oder Säuglings nach klassischem Muster ist auch für einen erfahrenen Anästhesisten eine beängstigende Herausforderung. „Was tun bei schwierigen Venenverhältnissen und drängelnden Chirurgen?“ Ist ein Evergreen nach jedem Vortrag zur Narkose bei nicht nüchternen Kindern.

Unter dem Druck der drohenden Aspiration scheint jedes Mittel recht, das Kind rasch und um jeden Preis ruhigzustellen: die überfallartige, gewaltsame Maskeneinleitung mit hohen Sevoflurankonzentrationen (vornehm ausgedrückt: eine Single-breath-Induction) wird genau wie die intraossäre Kanüle immer wieder argumentativ ins Feld geführt, um eine drohende Aspiration zu verhindern.

Aber gibt es den Beweis, dass eine Aspiration mit einer RSI verhindert werden kann, überhaupt? Was bringt die Präoxygenierung im Kindesalter und wie ist diese richtig durchzuführen? Kann bei einem Neugeborenen eine ganze Minute in Apnoe abgewartet werden, bis das Relaxanz seine Wirkung entfaltet hat? Wodurch wird aktives Erbrechen ausgelöst: durch die Injektion eines Hypnotikums oder durch Manipulationen am Zungengrund in flacher Narkose? Ist die Aspiration von Mageninhalt überhaupt eine häufige und gefährliche Komplikation der Narkoseeinleitung von nicht nüchternen Kindern? Ängste (vor allem vor forensischen Folgen, weniger um die Sicherheit des Kindes) und Mythen bestimmen das Bild der klassischen RSI.

Während die Aspiration im Kindesalter eine seltene Komplikation ist, gehören Hypoxämien zu den mit Abstand häufigsten Komplikationen der Kinderanästhesie. Ihre Bedeutung für die perioperative Morbidität und Mortalität ist nicht zu unterschätzen und gut belegt.

Kleine Kinder sind durch eine Hypoxie viel stärker gefährdet als durch eine Aspiration. Auch auf eine – für Erwachsene – kurzdauernde Apnoe (Abwarten der Relaxation!) reagieren sie mit einer tiefen Hypoxie. Ursache sind die etwas kleinere FRC, die beim kranken Kind und in Narkose weiter abnimmt und der deutlich erhöhte Sauerstoffverbrauch. Die geringe Kooperation zu einer suffizienten Präoxygenierung führt zu einer weiteren Verschlechterung der Apnoetoleranz.

Viele Anästhesisten sind darüber hinaus im klinischen Alltag nur selten mit Kindern befasst. Durch die fehlende Routine kommt es während der Einleitung zu Hektik und Nervosität, die nicht selten Ursache schwerer Komplikationen ist.

Vor einigen Jahren haben Markus Weiss (Zürich) und Martin Jöhr (Luzern) die Diskussion angestoßen, die RSI im Kindesalter neu zu definieren. Markus Weiss hat die Idee einer modifizierten RSI nach Berlin gebracht, und wir haben die RSI zum Thema im Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie gemacht.

Der Arbeitskreis hat eine Empfehlung vorgelegt, die in den Augen vieler Anästhesisten einen revolutionären Bruch mit gewohnten Traditionen darstellt: wir können den vollständigen Wirkeintritt eines nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanz abwarten, weil wir die Kinder während dieser Zeit beatmen! Das scheint zunächst ungeheuerlich! Darüber hinaus verzichten wir noch dazu auf den Cricoid-Druck und auf eine Kopftief- oder Kopfhochlagerung. Das Ziel wurde neu definiert: Vermeidung von Hypoxämie hat die höchste Priorität erhalten!

Warum?

Die in der Erwachsenen-anästhesie etablierte Rapid-Sequence-Induction (RSI) kann aus mehreren Gründen nicht auf aspirationsgefährdete Kinder übertragen werden. Die „klassische“ RSI ohne eine Zwischenbeatmung führt bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern fast immer und unvermeidbar zu einer tiefen Hypoxämie. Um diese gefährliche Situation mit dem Risiko von weiteren Sekundärschäden zu vermeiden, muss das Kind daher in der sensiblen Phase zwischen Narkoseinduktion und vollständiger Muskelrelaxierung vorsichtig beatmet werden. Bei älteren Kindern kommt es vor allem durch Schwierigkeiten im Rahmen der Intubation, die durch Gegenwehr des zu wachen Kindes (Arme hochreißen, Zubeißen, Husten, Bocken, Würgen) effektiv verhindert werden kann, zu Hypoxämien. Der Abfall der O₂-Sättigung im arteriellen Blut kann bei kleineren Kindern rasch zu einer Bradykardie und Asystolie führen.

Ziel der RSI im Kindesalter ist damit keineswegs die endotracheale Intubation um jeden Preis bzw. mit maximaler Geschwindigkeit, sondern die sichere Narkoseeinleitung des nicht nüchternen Kindes durch rasche Induktion einer tiefen Anästhesie, die optimale Oxygenierung bis zur suffizienten Muskelrelaxierung und schließlich die atraumatische Atemwegssicherung ohne jegliche Gegenwehr. Zeit spielt dabei keine Rolle.

Eine pulmonale Aspiration von Mageninhalt kann je nach Schwere (initial durch Verlegung von Alveolarbezirken; sekundär durch eine Atelektase oder Pneumonie) zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung führen. Das beeinträchtigte Ventilations-/Perfusionsverhältnis lässt sich durch eine erhöhte FIO₂ und ggf. PEEP fast immer kompensieren und stellt deshalb für das Kind keine direkte Bedrohung dar. Selbst nach schwerer Aspiration lassen sich betroffene Kinder meist ausreichend oxygenieren. Todesfälle nach einer Aspiration sind für Kinder in den vergangenen 25 Jahren nicht beschrieben worden.

► **Was bleibt?**

Nach wie vor wird die Induktion eines nicht nüchternen Kindes intravenös durchgeführt. Eine Maskeneinleitung ist kontraindiziert:

- Während einer kritischen Phase der Anästhesie (mögliches Erbrechen unter Maskeneinleitung) ist der venöse Zugang die einzige Möglichkeit, dem Kind zügig und gezielt zu helfen.
- Die erzwungene Maskeneinleitung des (möglicherweise nach mehreren frustranen Venenpunktionen) stark agitierten Kindes ist darüber hinaus mit einem erhöhten Risiko einer Aspiration oder eines Glottis- bzw. Laryngospasmus verbunden.

Abweichend von den anderen Handlungsempfehlungen zur Kinderanästhesie, haben wir wichtige Aspekte eingehender erläutert und begründet, als das für eine Handlungsempfehlung sonst üblich ist.

An dieser Stelle sei es mir erlaubt, mich im Namen vieler Kliniker bei den Autoren und nicht genannten aktiven Mitstreitern des wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie für die geleistete Arbeit zu bedanken und den Arbeitskreis in seinem Bemühen zu bestärken, die klinisch wertvollen Handlungsempfehlungen weiterzuentwickeln und „Gewohntes“ zu hinterfragen.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Markus N. Schreiber
Klinik für Anesthesiologie
Universitätsklinikum Ulm
Steinhövelstraße 9
89075 Ulm
Deutschland
E-Mail: markus.schreiber@uni-ulm.de



Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter*

Vom Wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI)

J. Schmidt¹, J.M. Strauß², K. Becke³, J. Giest² und B. Schmitz⁴

¹ Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsklinikum Dresden (Direktorin: Prof. Dr. Th. Koch)

² Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Helios Kliniken Berlin-Buch (Chefarzt: Prof. Dr. J.M. Strauß)

³ Abteilung für Anästhesie, Cnopf'sche Kinderklinik/Kliniken Hallerwiese, Nürnberg (Chefarztin: Dr. K. Becke)

⁴ Service Anesthésie, Centre Hospitalier de Luxembourg, Luxembourg (Chef de Service: PD Dr. B. Schmitz)

Vorwort

Die bei Erwachsenen etablierte Rapid-Sequence-Induction (RSI) kann nicht ohne weiteres auf aspirationsgefährdete Kinder übertragen werden. Kleine Kinder sind durch eine Hypoxie viel stärker gefährdet als durch eine Aspiration. Auch auf eine (für Erwachsene kurzdauernde) Apnoe (Abwarten der Relaxation!) reagieren sie mit einer profunden Hypoxie. Viele Anästhesisten sind darüber hinaus im klinischen Alltag nur selten mit Kindern befasst. Durch die fehlende Routine kommt es während der Einleitung zu Hektik und Nervosität, nicht selten mit der Folge schwerer Komplikationen.

Einheitliche Richtlinien zum anästhesiologischen Management aspirationsgefährdeter Kinder liegen bislang nicht vor. Die hiermit vorgelegte Empfehlung zur Rapid-Sequence-Induction (RSI) und zum Vorgehen nach Aspiration von Mageninhalt bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern wurde vom wissenschaftlichen Arbeitskreis Kinderanästhesie der DGAI erarbeitet und richtet sich an alle, die sich mit der perioperativen Versorgung von Kindern befassen. Sie ist das Ergebnis von wissenschaftlichen Untersuchungen, systematischen Literaturrecherchen und der klinischen Erfahrung vieler Kinderanästhesisten. Dieser Empfehlung liegen zwei wichtige (und wissenschaftlich gut belegte) Erkenntnisse zugrunde:

- Die Hypoxie ist bei kleinen Kindern eine viel häufigere und schwerere Komplikation als die Aspiration. Sie ist maßgeblich für die perioperative Morbidität und Mortalität verantwortlich.
- Eine Aspiration ist häufig Folge eines iatrogen ausgelösten Erbrechens im Rahmen der Intubation eines nicht vollständig relaxierten und zu wachen Kindes. Todesfälle nach Aspiration im Kindesalter sind in den letzten beiden Jahrzehnten nicht mehr beschrieben worden.

Sekundärschäden infolge einer Hypoxie sind deutlich häufiger (ca. 20-fach) als nach einer Aspiration [25]. Damit hat diese Handlungsempfehlung die Vermeidung einer Hypoxie während der Narkoseeinleitung und die Intubation eines ausreichend tief relaxierten Kindes zum Ziel. Uns ist bewusst, dass die Evidenz einzelner Maßnahmen nicht immer nachgewiesen ist und sich in Form randomisierter Studien vermutlich niemals belegen lassen wird. Die Empfehlungen sollen in regelmäßigen Zeitabständen überprüft und bei Bedarf aktualisiert werden.

1. Definitionen einer Aspiration

Nicht alles, was gemeinhin als Aspiration bezeichnet wird, ist auch eine. Die Verwendung einer einheitlichen Nomenklatur ist unerlässlich (Tab. 1).

Tab. 1: Definitionen (nach [16]).

Reflux	Passage von Mageninhalt in den Ösophagus
Regurgitation	Passive Passage von Mageninhalt in den Oropharynx
Erbrechen	Passage von Mageninhalt in den Oropharynx mit retrograder Peristaltik und abdominellen Kontraktionen
Aspiration	Eindringen von Material in die Atemwege unterhalb der Stimmbandebene
Stille Aspiration	Asymptomatische Aspiration
Symptomatische Aspiration	Aspiration begleitet durch Atemnot, Ateminsuffizienz, Husten oder Würgen
Aspirationspneumonitis	Nichtinfektiöse, akute Entzündungsreaktion auf das aspirierte Material. Im Röntgen durch eine Infiltration charakterisiert.
Aspirationspneumonie	Bakteriell superinfizierte, parenchymatöse Entzündungsreaktion auf das aspirierte Material. Im Röntgen durch eine Infiltration charakterisiert.

Definition der Rapid-Sequence-Induction

Viele unterschiedliche Modifikationen einer Narkoseeinleitung bei aspirationsgefährdeten Patienten werden unter dem Begriff der Rapid-Sequence-Induction (RSI) zusammengefasst. Synonyme sind u.a. Ileus-Einleitung, Blitz-Intubation, Crush-/ oder Crash-Intubation und andere. Man muss die Rapid-Sequence-Induction im Rahmen der Anästhesie von der Rapid-Sequence-Intubation im Rahmen der pädiatrischen Notfallmedizin unterscheiden, bei der es um die zügige Sicherung des Atemweges in Notfallsituationen geht [2,37].

Im Vordergrund der klassischen RSI bei Erwachsenen steht die strikte Vermeidung einer Zwischenbeatmung nach Narkoseeinleitung unter der Vorstellung, den Magen wäh-

* Rechte vorbehalten

► rend der manuellen Beatmung nicht akzidentell mit Luft zu füllen und damit einer Regurgitation und Aspiration Vorschub zu leisten.

Um die Phase der Apnoe nach Narkoseeinleitung möglichst kurz zu halten und gefährliche Hypoxien/Hypoxämien zu vermeiden, kommen traditionell schnell wirkende Hypnotika, unmittelbar gefolgt von schnell anschlagenden Muskelrelaxantien zum Einsatz. Eine suffiziente Präoxygenierung und Denitrogenisierung mit 100% Sauerstoff für 3-5 Minuten über eine dicht sitzende Maske vor Narkoseeinleitung erhöht die Sauerstoffreserve und mindert damit das Risiko einer Hypoxämie ganz erheblich. Im Kindesalter liegt eine andere Situation vor: Im Gegensatz zu Erwachsenen sind Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder meist nicht von der Notwendigkeit einer Präoxygenierung zu überzeugen, die Effektivität ist deshalb gering. Aber auch nach optimaler Präoxygenierung ist die Apnoetoleranz im Kindesalter wesentlich kürzer als bei Erwachsenen: eine Hypoxie stellt sich infolge der geringeren FRC (FRC = Sauerstoffreserve) und des erhöhten Sauerstoffverbrauchs zwangsläufig schon innerhalb kürzester Zeit ein.

Deshalb steht im Kindesalter nicht die rasche endotracheale Intubation, sondern die sichere Narkoseeinleitung des nicht nüchternen Kindes durch eine rasche Induktion einer tiefen Anästhesie, eine optimale Oxygenierung bis zur suffizienten Muskelrelaxierung und schließlich die atraumatische Atemwegssicherung (ohne jegliche Gegenwehr) im Vordergrund. Time is not the matter!

Hypoxie und Hypoxämie im Kindesalter

Im Kindesalter führen physiologische Besonderheiten zu einem Missverhältnis zwischen Sauerstoffbedarf und Sauerstoffreserve.

Die funktionelle Residualkapazität (FRC) als Speicher für Sauerstoff ist geringer, in Narkose kann die FRC altersabhängig weiter abnehmen. Die hohe Closing Capacity führt während Sedierung und Anästhesie zu einem Kollaps der kleinen Atemwege, damit zu Dysteletasen und Atelektasen, die zu einem weiteren Abfall der Sauerstoffsättigung führen.

Auf der anderen Seite ist der Sauerstoffbedarf des kindlichen Metabolismus hoch: so verbraucht ein Frühgeborenes dreimal (9-10 ml/kg/min) und ein reifes Neugeborenes doppelt so viel Sauerstoff (6 ml/kg/min) wie ein Erwachsener (3 ml/kg/min). Diese Umstände führen in der Summe zu einer extrem kurzen Apnoetoleranz und zu erhöhter Hypoxie-/Hypoxämiegefahr. Untersuchungen am Nottingham-Simulator konnten zeigen, dass ein Neugeborenes ohne Präoxygenierung nach nur 7 (!) Sekunden Apnoe einen kritischen Sauerstoffpartialdruck von < 75 mmHg aufweist [13]. Selbst nach einer 3 Minuten dauernden suffizienten Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff ist die Toleranzzeit bis zu einem $paO_2 < 75$ mmHg im Vergleich zu Erwachsenen sehr kurz [28,36].

Die „klassische“ RSI ohne Zwischenbeatmung führt bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern meist unvermeidbar zu einer Hypoxämie. Um diese gefährliche Situation mit dem Risiko von weiteren Sekundärschäden

zu vermeiden, muss das Kind daher in der sensiblen Phase zwischen Narkoseinduktion und vollständiger Muskelrelaxierung vorsichtig beatmet werden.

Häufigkeit von Aspirationen im Kindesalter

Die Aspiration von Mageninhalt ist eine seltene, dafür aber gefürchtete Komplikation während der Anästhesie. Ihre Häufigkeit wird bei Kindern zwischen 1:1.500 und 1:10.000 angegeben [3,10,17,26,27,32,34].

Die meisten Aspirationen treten während der Einleitung, der Laryngoskopie und der Intubation auf. Die passive Regurgitation ereignet sich dreimal häufiger als aktives Erbrechen [17,24,26].

Über 60% der Kinder bleiben nach sicherer Aspiration asymptomatisch. Klinische Symptome entwickeln sich immer innerhalb von 2 Stunden [16,34] und führen meist zu einer kurzfristigen Respiratortherapie bzw. einem Intensivstationsaufenthalt. Todesfälle nach pulmonaler Aspiration im Kindesalter wurden in den vergangenen 20 Jahren in der wissenschaftlichen Literatur nicht dokumentiert [3,11,35].

Aspirationsrisiko und Indikation für eine RSI

Mit einem erhöhten Aspirationsrisiko muss in folgenden klinischen Situationen gerechnet werden:

- Unzureichende Nahrungskarenz, dringliche OP-Indikation
- Kinder mit Übelkeit und/oder aktivem Erbrechen
- Ileus, Peritonitis, massiver Aszites, akutes Abdomen – erhöhter Intraabdomineller Druck
- Blutungen im HNO-Bereich oder aus dem Gastrointestinaltrakt
- Eingeschränkte Schutzreflexe bei somnolenten oder komatösen Kindern, nach Intoxikationen und bei neurologischen Erkrankungen
- Unfälle aller Art, Polytrauma.

Prophylaxe einer Aspiration

Zur Prophylaxe einer Aspiration bei nüchternen Kindern liegen Empfehlungen der DGAI vor: klare Flüssigkeiten sind bis 2 Stunden vor Narkoseeinleitung erlaubt, Neugeborene und Säuglinge dürfen bis 4 Std. vor Einleitung gestillt werden oder Flaschennahrung erhalten und Klein- und Schulkinder bis 6 Std. vor Einleitung feste Nahrung [8].

Eine medikamentöse Prophylaxe bei aspirationsgefährdeten Kindern vor elektiven Eingriffen kann individuell erwogen werden (z.B. Ranitidin, Omeprazol am Vorabend der Operation). Für eine generelle medikamentöse Prophylaxe unmittelbar vor einer Not-OP gibt es derzeit keine ausreichende wissenschaftliche Evidenz [1]. Die präoperative Gabe von Natrium-Citrat kann bei bereits liegender Magensonde in Betracht gezogen werden [14], eine orale Applikation ist in der Regel wegen des unangenehmen Geschmacks der Substanz nicht möglich und kann sogar Übelkeit und Erbrechen provozieren [12].

► Vorbereitung für die Anästhesie, venöser Zugang

Es ist ganz wichtig, dass für Kind und Eltern eine ruhige Atmosphäre geschaffen wird. Auch bei dringlichen Operationen bleibt Zeit für ein EMLA®-Pflaster und eine sedierende Prämedikation. Bei wachen und ängstlichen Kindern ist die Punktion einer Vene nicht immer einfach. Auf eine Sedierung des Kindes sollte deshalb vor der Venenpunktion nicht verzichtet werden. Wenn mit einer ausreichenden Resorption nach oraler Medikation mit Midazolam nicht gerechnet werden kann oder die erwünschte Wirkung ausgeblieben ist, muss das Kind über einen anderen Weg soweit sediert werden, dass die Schaffung eines venösen Zuganges ohne Gegenwehr und – für alle Beteiligten! – stressfrei ermöglicht wird. Eine „Lachgas-Maske“ ist zu diesem Zweck kontraindiziert. Die sedierende Medikation kann nasal (z.B. 0,2 mg/kg KG Midazolam) oder rektal mit Midazolam (0,5 mg/kg KG) allein oder in Kombination mit S-Ketamin (1–2 mg/kg KG) erfolgen. Eine anschließende Überwachung der Kinder durch qualifiziertes Pflegepersonal ist obligat.

Eine Maskeneinleitung ist bei erhöhtem Aspirationsrisiko absolut kontraindiziert. Das gilt auch für die überfallartige Inhalationseinleitung mit hohen Konzentrationen Sevoflurane („Single-breath-induction“).

Magensonde

Eine allgemein gültige Empfehlung für oder gegen das Legen einer Magensonde bei nicht nüchternen Kindern kann auch aus medikolegaler Sicht nicht gegeben werden. Vielmehr muss eine individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung erfolgen [12].

Patienten mit intestinaler Obstruktion oder Passagestörung (z.B. Pylorusstenose) haben ein zusätzlich erhöhtes Aspirationsrisiko. Mit einer (dicklumigen) Magensonde kann der Magen sicher entleert werden [7]. Die Anlage der Magensonde zur Entleerung und Entlastung des Magens soll bei diesen Patienten am besten schon auf der Station erfolgen. Kommt das Kind dennoch ohne eine Magensonde in den OP, so soll eine situative, individuelle Risiko-Nutzen-Abwägung erfolgen [8]. Sinnvoll erscheint die Neuanlage einer Magensonde zur Entleerung flüssigen Mageninhaltes, wie beim Dünndarmileus oder der hypertrophen Pylorusstenose. Das Absaugen fester (Nahrungs-) Bestandteile aus dem Magen, z.B. bei fehlender Nahrungskarenz und dringlicher OP-Indikation, über eine konventionelle Magen- oder Ernährungs- sonde ist technisch nicht möglich!

Eine liegende Magensonde soll in jedem Fall vor der Narkoseeinleitung entfernt werden. Nach erfolgter Intubation wird bei nicht nüchternen Kindern eine Magensonde gelegt und nach Absaugen des Mageninhaltes abgeleitet, dadurch kann das Risiko der Aspiration während der Narkose und in der Ausleitungsphase vermindert werden. Die Kontraindikationen für die Anlage einer Magensonde sind zu beachten, z.B.:

- Nicht vorhandene Schutzreflexe
- Ösophagusvarizen

- Mittelgesichtsfrakturen, Schädelbasisfraktur
- Erhöhter intrakranieller Druck.

Technische Ausstattung und Voraussetzungen

Nur an einem sorgfältig vorbereiteten Arbeitsplatz kann auch auf Notfälle rasch und gezielt reagiert werden:

- Intubationsinstrumentarium in doppelter Ausfertigung (zwei Spatelblätter)
- Passende Endotrachealtuben. Microcuff-Tuben bieten den Vorteil, dass mit einer kleineren Größe als sonst üblich intubiert werden kann und dennoch über den Cuff eine sichere Abdichtung der Trachea erzielt werden kann. Umintubationen sollten im Rahmen der RSI vermieden werden
- Intubations- und Atemwegshilfen (Stab, Guedeltubus, Wendeltubus) sind am Platz verfügbar
- Hilfsmittel zur Atemwegssicherung für den schwierigen Atemweg liegen bereit (passende Larynxmasken, Larynx-tuben)
- Die Absaugung ist funktionsbereit und greifbar.

Der weniger erfahrene Arzt holt sich einen Kollegen mit Facharzt-Standard und entsprechender Erfahrung zu Hilfe.

Lagerung zur Narkoseeinleitung bei RSI

Es gibt keinen Beweis, dass eine bestimmte Lagerung des Kindes eine Aspiration verhindern kann. Eine begründete Empfehlung für eine bestimmte Lagerung kann deshalb nicht gegeben werden.

– Anti-Trendelenburg-Lagerung

Operationstisch um 30° fußwärts gekippt. Damit soll der passive Reflux von Mageninhalt in die Mundhöhle vermieden werden. Bei aktivem Erbrechen ist das wirkungslos. Bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern ist der Effekt als bedeutungslos einzustufen.

– Trendelenburg-Lagerung

Kopftieflagerung um 40°. Anatomischen Überlegungen zufolge eine sichere Position, weil bei einer Regurgitation kein Mageninhalt in die Trachea fließen kann. Behindert das Atemwegsmanagement und die Intubation erheblich.

Im Hinblick auf das Ziel dieser Handlungsempfehlung sollte das aspirationsgefährdete Kind so gelagert werden, dass es optimal beatmet und intubiert werden kann. Damit liegt es in Rückenlage und der Kopf in der Neutralposition. Sollte es erforderlich sein, können Kinder aufgrund ihres geringen Gewichtes immer rasch aus der Rückenlage in die stabile Seitenlage verbracht werden.

Narkoseeinleitung

Die Einleitung der Anästhesie erfolgt nach möglichst guter Präoxygenierung immer intravenös! Eine Maskeneinleitung (auch als Single-breath-induction) ist bei erhöhtem Aspirationsrisiko absolut kontraindiziert. Ziel ist es, ►

- Innerhalb kurzer Zeit eine so tiefe Narkose und Muskelrelaxierung zu erreichen, dass die endotracheale Intubation ohne Auslösen von Würgen oder Erbrechen möglich wird. Das Auslösen pharyngealer Reflexe (also eine zu flache Narkose) ist eine häufige Ursache für Erbrechen während der Narkoseeinleitung. Geeignete Hypnotika sind Thiopental und Propofol, die jedoch mit einer höheren Dosis als bei einer „normalen Narkoseeinleitung“ appliziert werden sollten. Blutdruck-Abfälle, wie sie nach höheren Induktionsdosen bei Erwachsenen beobachtet werden, sind bei ansonsten gesunden Kindern nicht zu befürchten. Hypnotikum und Relaxans werden zügig nacheinander injiziert. Prinzipiell sollte die Substanz gewählt werden, mit der der Anästhesist am besten vertraut ist.

Muskelrelaxans

Ein Relaxans bleibt unverzichtbarer Bestandteil der RSI im Kindesalter. Zu Würgen und Husten während der Intubation darf es keinesfalls kommen.

Zeit spielt bei der RSI im Kindesalter meistens keine entscheidende Rolle: es geht nicht darum, dass ein Kind möglichst rasch relaxiert ist. Der scheinbare Vorteil der schnellen Wiederkehr der Spontanatmung nach Succinylcholingabe existiert im Kindesalter nicht. Die Wirkdauer einer Dosis von 1 mg/kg KG beträgt etwa 3-5 Minuten. Das kann bei Atemwegsproblemen („Cannot ventilate–cannot intubate–Situation“) nicht abgewartet werden. Der Einsatz von Succinylcholin in der Kinderanästhesie muss außerdem kritisch hinterfragt werden, weil Muskelerkrankungen häufig erst im Kleinkind- oder Schulalter diagnostiziert werden. Damit gibt es kaum einen Grund, Succinylcholin für die RSI im Kindesalter zu verwenden. Die Substanz ist aber für diese Indikation noch zugelassen. Für eine suffiziente Muskelrelaxierung benötigen Säuglinge und Kleinkinder eine deutlich höhere Dosis als Erwachsene (Neugeborene und Säuglinge 3 mg/kg; Kleinkinder 2 mg/kg) [22,23]. Die Zeitdauer bis zur Rückkehr der Spontanatmung verlängert sich damit auf 7 Minuten.

Nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien (NDMR) sollte der Vorzug gegeben werden [6,21,29]. Da ohnehin zwischenbeatmet werden muss, spielt die schnellere Anschlagszeit von Rocuronium in den meisten Fällen keine Rolle. Allerdings kann bei akuten Blutungen im HNO-Bereich (z.B. Nachblutung nach Tonsillektomie) die schnelle Anschlagszeit von Rocuronium die Zeit zwischen Narkoseinduktion und Intubation verkürzen.

Primingtechniken bringen keine relevante Verkürzung der Anschlagszeit. Sie werden deshalb nicht empfohlen.

Auch die Technik der Präkurarisierung mittels kleiner Dosen NDMR vor einer Succinylcholingabe wird nicht empfohlen. Eine relevante Verminderung succinylcholinbedingter Nebenwirkungen ist nicht bewiesen. Es kommt aber bei Kindern durch die unvollständige Relaxierung vor der Narkoseeinleitung zu Luftnot und Ateminsuffizienz (Offenhalten der Atemwege bei kleinen Kindern wird erschwert). Außerdem wird durch die Präkurarisierung die Wirkdauer von Succinylcholin verlängert.

Krikoiddruck nach Sellick, Sellick-Manöver

Der Druck auf das Krikoid erfolgt unter der Vorstellung, dass der Ösophagus zwischen Krikoid und Halswirbelsäule komprimiert und somit eine Regurgitation verhindert wird [15]. Die korrekte Anwendung ist schwierig und wird kaum beherrscht [18]:

- Sichere Identifikation des Krikoids mit Daumen, Zeigel- und Mittelfinger bei noch wachem Patienten
- Ausübung des adäquaten Drucks (20 - 25 Newton, entsprechend 2 – 2,5 kg bei Kindern)
- Modifikation der Druckrichtung (kranial, dorsal) während der endotrachealen Intubation
- Anwendung des Drucks bis der Tubuscuff geblockt ist.

Nebenwirkungen, wie die Behinderung der Maßnahmen zur Freihaltung der Atemwege, erschwerte Laryngoskopie und Intubation, Auslösen von Würgen und aktivem Erbrechen [15,16] bis hin zur Ösophagusruptur haben den Krikoiddruck nicht nur in der Kinderanästhesie in Frage gestellt. Insgesamt wird der Krikoiddruck heute kritisch beurteilt [5,30], weil sein Nutzen nicht ausreichend belegt ist – nicht einmal die Verhinderung einer Aspiration [4,9,18,20]. Aus den vorgenannten Gründen kann der Einsatz des Krikoiddruckes heute nicht mehr empfohlen werden.

Zwischenbeatmung

Die Oxygenierung des Kindes zu jedem Zeitpunkt der Narkose hat oberste Priorität – das gilt sogar für den Fall einer Aspiration!

Eine sanfte Zwischenbeatmung nach Narkoseeinleitung mit einem Druck von höchstens 10-12 cm H₂O führt zu keiner Luftinsufflation in den Magen, stellt eine optimale Oxygenierung sicher und garantiert damit optimale Intubationsbedingungen [5]. Wahrscheinlich ist sogar die maschinelle druckkontrollierte Beatmung durch den Respiator von Vorteil, weil auf diese Weise gleichbleibende Tidalvolumina bei geringen Atemwegsspitzen drücken möglich sind [19,33].

Die pulmonalen Sauerstoffreserven (FRC) können durch die kontinuierliche Beatmung während der Einleitung aufgefüllt werden. Das bedeutet einen erheblichen Sicherheitsvorteil für die Apnoephase während des Intubationsvorgangs. Diese kontinuierliche Oxygenierung schafft für das Kind einen deutlichen Sicherheitsgewinn und nimmt dem Anästhesisten den Zeitdruck und die Hektik und vermeidet damit eine schnelle und evtl. traumatische Intubation. Komplikationen ergeben sich nicht aus der nicht möglichen Intubation, sondern aus der unterlassenen Beatmung. Selbst unter drohender Aspirationsgefahr muss bei nicht möglicher Intubation das Kind ohne Unterbrechung mit der Gesichtsmaske (oder LaMa, LaTu) weiter beatmet werden. Das mögliche Aspirationsrisiko wird vor diesem Hintergrund des schwierigen Atemweges unbedeutend.

► Narkoseaufrechterhaltung, -ausleitung

Nach erfolgter endotrachealer Intubation erhält das Kind eine ausreichend dicke Magensonde. Die Narkose kann mittels TIVA oder balancierter Anästhesie aufrechterhalten werden. Die Extubation des Kindes sollte erst nach Rückkehr der Schutzreflexe und einer ausreichenden Spontanatmung erfolgen. Die Muskelrelaxation muss, besonders nach der Anwendung höherer Dosen von mittellang wirksamen MR, vollständig abgeklungen sein (Relaxometrie). Eine Restrelaxierung birgt ein vierfach höheres Risiko an postoperativen pulmonalen Komplikationen sowie einer postoperativen Aspiration.

Vorgehen bei Verdacht auf Aspiration

In der Regel sind die meisten Kinder symptomlos. Kinder mit Verdacht auf eine Aspiration müssen im Aufwachraum 2 Stunden mit einem Pulsoximeter überwacht werden. Bei klinischer Verschlechterung (Spastik, Giemen, Sättigungsabfall, Sauerstoffbedarf) sind diagnostische Maßnahmen erforderlich:

- Arterielle Blutgasanalyse (PaO₂)
- Ggf. Thoraxröntgenaufnahme.

Kinder, die während eines Überwachungszeitraumes von 2 Stunden klinisch unauffällig bleiben, können danach auf eine periphere Station oder im Falle einer ambulanten Operation nach Hause entlassen werden, wenn sie dort beaufsichtigt werden.

Vorgehen bei gesicherter Aspiration

- Sofortige Absaugung des Aspirates aus dem Oropharynx
- Endotracheale Intubation! Endotracheal absaugen, erst dann beatmen
- Beatmung zuerst mit 100% O₂ und einem PEEP von 5–10 cm H₂O. FIO₂ nach aktuellem PaO₂ schrittweise reduzieren
- Bei elektivem Eingriff individuelle Nutzen-Risiko-Abwägung. Das Ausmaß der pulmonalen Aspiration kann innerhalb von zwei Stunden nach Aspiration sicher beurteilt werden. Das Kind ggf. zurückstellen und überwachen
- Bronchoskopie möglichst früh nach Aspiration. Ziel: Inspektion, Absaugen flüssigen Aspirates und kleinerer Aspiratpartikel, Dokumentation des Lokalbefundes. Einsatz eines starren Bronchoskops zur Entfernung großer Partikel bedenken. Eine endobronchiale Lavage ist obsolet
- Bei Bronchospastik: β_2 -Mimetika (Salbutamol) initial iv., dann per Inhalationem, alternativ Theophyllin
- Keine Glukokortikoide
- Keine prophylaktische Antibiotikatherapie nach Aspiration von saurem Mageninhalt
- Antibiotika nur bei Nachweis einer Infektion (klinisch, laborchemisch, Bildgebung) oder wenn nach massiver Aspiration und schwerer Schädigung eine Infektion zu

erwarten ist. Dann kalkulierte Therapie (z.B. mit Ampicillin/Sulbactam oder Ceftriaxon + Clindamycin oder einem Carbapenem)

- Überwachung (Pulsoxymetrie, engmaschige arterielle Blutgasanalysen (paO₂), Thoraxröntgenaufnahmen) nach Aspiration, bei Auftreten klinischer Symptome Verlaufskontrollen
- Die Therapie orientiert sich an der Schwere des klinischen Verlaufs. Nach 2 Stunden ist eine weitere Verschlechterung unwahrscheinlich: Extubationsversuch, wenn das Kind klinisch unauffällig und stabil ist
- Bei leichten Verläufen kann postoperativ eine Extubation versucht werden. Bleibt die arterielle Sauerstoffsättigung unter Atmung von Raumluft für 2 Stunden > 90% und sind die Patienten klinisch unauffällig, ist eine weitere Verschlechterung der Lungenfunktion unwahrscheinlich
- Im Zweifel wird das Kind beatmet auf eine Intensivstation verlegt.

Literatur

1. ASA Task Force on Preoperative Fasting Times. Practice Guidelines for Preoperative Fasting and the Use of Pharmacologic Agents to Reduce the Risk of Pulmonary Aspiration. *Anesthesiology* 1999;90:896-905.
2. Bledsoe GH, Schexnayder SM. Pediatric Rapid Sequence Intubation. *Ped Emerg Care* 2004;20:339-344.
3. Borland LM, et al. Pulmonary Aspiration in Pediatric Patients During General Anesthesia: Incidence and Outcome. *J Clin Anesth* 1998;10:95-102.
4. Brock-Utne JG. Is cricoid pressure necessary? *Paed Anaesth* 2002;12:1-4.
5. Butler J, Sen A. Best evidence topic report. Cricoid pressure in emergency. *Emerg Med J* 2005;22(11):815-816.
6. Cheng CAY, Aun CST, Gin T. Comparison of rocuronium and suxamethonium for rapid tracheal intubation in children. *Paed Anaesth* 2002;12:140-145.
7. Cook-Sather SC, et al. Gastric fluid measurement by blind aspiration in paediatric patients: a gastroscopic evaluation. *Can J Anaesth* 1997;44:168-172.
8. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGA): Präoperatives Nüchternheitsgebot bei elektiven Eingriffen. *Anästh Intensivmed* 2004;45:722.
9. Engelhardt T, et al. Aspiration and regurgitation prophylaxis in paediatric anaesthesia. *Paed Anaesth* 2001;11:147-150.
10. Engelhardt T, Webster NR. Pulmonary aspiration of gastric contents in anaesthesia. *Br J Anaesth* 1999;83:453-460.
11. Flick RP, Schears GJ, Warner MA. Aspiration in pediatric anesthesia: is there a higher incidence compared with adults? *Curr Opin Anesthesiol* 2002;15:323-327.
12. Fretschner R, Unertl K. Nicht-Nüchternheit vor OP. *Anaesthesist* 2002;51:489-490.
13. Hardman JG, Wills JS. The development of hypoxaemia during apnoea in children: a computational modelling investigation. *Brit J Anaesth* 2006;97:564-570.
14. Henderson JM, Spence DG, Clarke WN, Bonn GG, Noel LP. Sodium citrate in paediatric outpatients. *Can J Anaesth* 1987;34:560-562.
15. Janda M, Vagts DA, Nöldge-Schomburg GFE. Krikoid-Druck – Sicherheitsnotwendigkeit oder unnötiges Sicherheitsrisiko? *Anesthesiol Reanim* 2004;29:4-7.
16. Kalinowski CP, Kirsch JR. Strategies for prophylaxis and treatment for aspiration. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2004;18:719-737. ►

- 17. Kluger MT, Short TG. Aspiration during anesthesia: a review of 133 cases from the Australian Anaesthetic Incident Monitoring Study (AIMS). *Anaesthesia* 1999;54:19-26.
18. Landsman I. Cricoid pressure: indications and complications. *Paed Anaesth* 2004;14:43-47.
19. Lawes EG, Campbell I, Mercer D. Inflation pressure, gastric insufflation and rapid sequence induction. *Br J Anaesth* 1987;59(3):315-318.
20. Lerman J. Is cricoid pressure necessary? (letter) *Paed Anaesth* 2002;12:655-658.
21. Mazurek AJ, et al. Rocuronium Versus Succinylcholine: Are They Equally Effective During Rapid-Sequence Induction of Anesthesia? *Anesth Analg* 1998;87:1259-1262.
22. Meakin G, McKierman EP, Morris P, Baker RD. Dose-response curves for suxamethonium in neonates, infants and children. *Br J Anaesth* 1989;62:655-658.
23. Meakin G, Walker RWM, Dearlove OR. Myotonic and neuromuscular blocking effects of increased doses of suxamethonium in infants and children. *Brit J Anaesth* 1990;65:816-818.
24. Milross JG, Negus BH, Street NE, et al. Gastro-oesophageal reflux and adverse respiratory events in children under anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 1995;23:587-590.
25. Murat I, et al. Perioperative anaesthetic morbidity in children: a database of 24 165 anaesthetics over a 30-month period. *Ped Anesth* 2004;14:158-166.
26. Nishikawa M. A study of aspiration in infants with recurrent pneumonia by barium swallow examination using different concentrations of barium. *Nippon Acta Radiol* 1994;54:129-136.
27. Olsson GL, Hallen B, Hambraeus-Jonzon K. Aspiration during anaesthesia: a computer aided study of 185 385 anaesthetics. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986;30:84-92.
28. Patel R, et al. Age and the onset of desaturation in apnoeic children. *Can J Anaesth* 1994;41:771-774.
29. Perry J, Lee J, Wells G. Rocuronium versus succinylcholine for rapid sequence induction intubation (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2006, Issue 3.
30. Priebe HJ. Cricoid pressure: an evidence-based practice? *Middle East J Anesthesiol* 2005;18:485-492.
31. Salem MR. Cricoid Pressure for Preventing Gastric Insufflation in Infants and Children. *Anesthesiology* 1994;80:699.
32. Tiret L, Nivoche Y, Hatton F, et al. Complications related to anaesthesia in infants and children. A prospective survey of 40240 anaesthetics; *Brit J Anaesth* 1988;61(3):263-269.
33. Von Goedecke A, et al. Mechanical Versus Manual Ventilation via a Face Mask During the Induction of Anesthesia: A Prospective, Randomized, Crossover Study. *Anesth Analg* 2004;98:260-263.
34. Warner MA, Warner ME, Warner DO, Warner LO, Warner EJI. Perioperative pulmonary aspiration in infants and children. *Anesthesiology* 1999;90:66-71.
35. Warner MA. Is pulmonary aspiration still an important problem in anesthesia? *Curr Opin Anesthesiol* 2000;13:215-218.
36. Xue FS, et al. Study of the Safe Threshold of Apneic Period in Children during Anesthesia Induction. *J Clin Anesth* 1996;8:568-574.
37. Zellicof-Paul A, et al. Controversies in rapid sequence intubation in children. *Curr Opin Pediatr* 2005;17:355-362.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Jürgen Schmidt
 Klinik und Poliklinik für Anaesthesiologie
 und Intensivtherapie
 Universitätsklinikum Dresden
 Fetscherstraße 74
 01307 Dresden
 Deutschland
 Tel.: 0351 458 2785
 Fax.: 0351 458 4336
 E-Mail: juergen.schmidt@uniklinikum-dresden.de

Autor: Schmidt, J., Strauß, JM., Becke, K., Giest, J., Schmitz, B.
 Titel: Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter
 Jahr: 2007
 Online: www.ak-kinderanaesthesie.de/fachmaterial/handlungsempfehlungen/doc_download/41-handlungsempfehlung-zur-rapid-sequence-induction-im-kindesalter.html
 Stand: 17.05.2014

7.5 Kinder richtig beatmen

Kinder richtig beatmen

8. Dresdner
Kinderanästhesiologisches
Symposium 29.05.2010

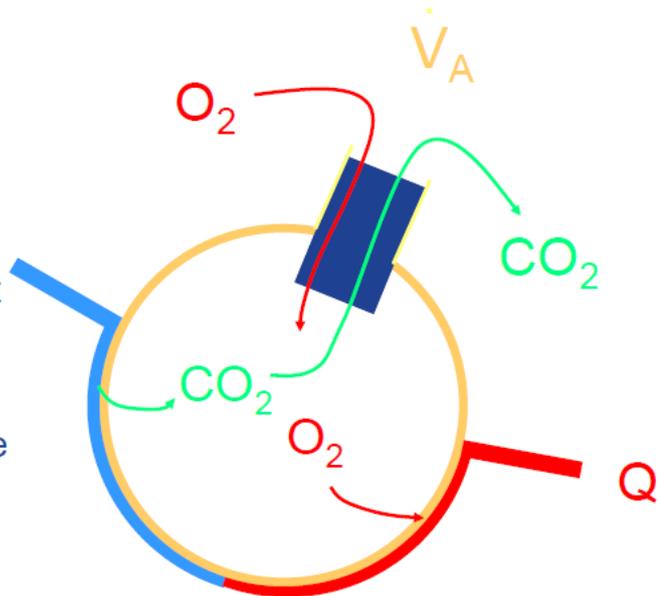
Michael U. Fischer
Freiburg



Physiologie

Alveoläre Ventilation

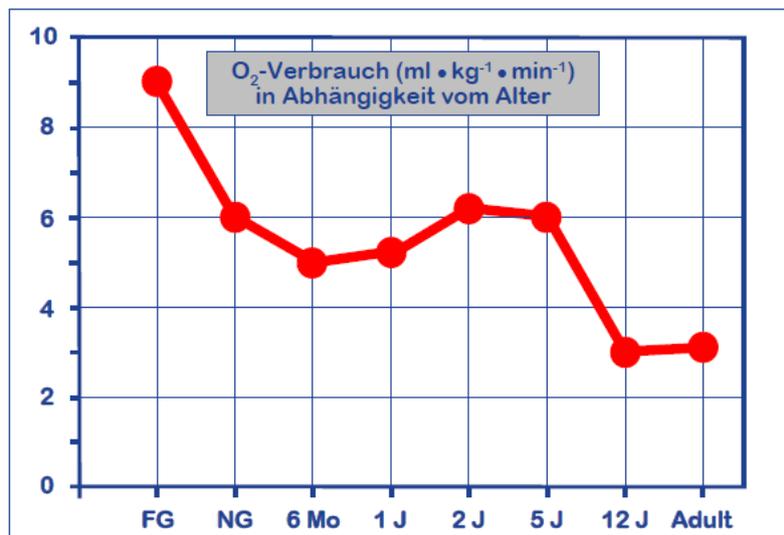
- CO_2 diffundiert 20 mal besser als O_2
- $p_a\text{CO}_2$ wird vorwiegend über die alveoläre Ventilation (AMV) bestimmt
CAVE: Totraum
- $p_a\text{O}_2$ wird vorwiegend über die zur Verfügung stehende Gasaustauschfläche bestimmt



Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Sauerstoffverbrauch



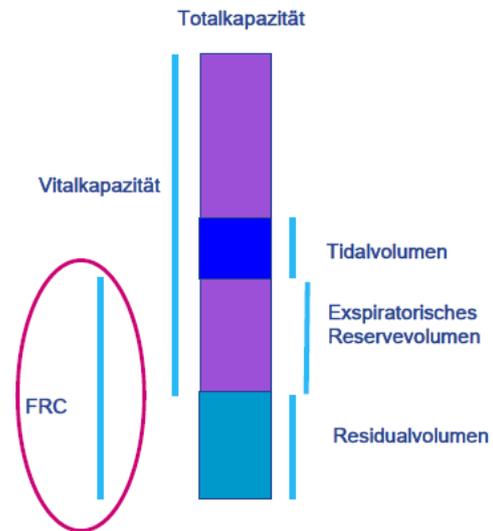
Kinder haben einen höheren Sauerstoffbedarf als Erwachsene (bezogen das Körpergewicht)

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Funktionelle Residualkapazität FRC

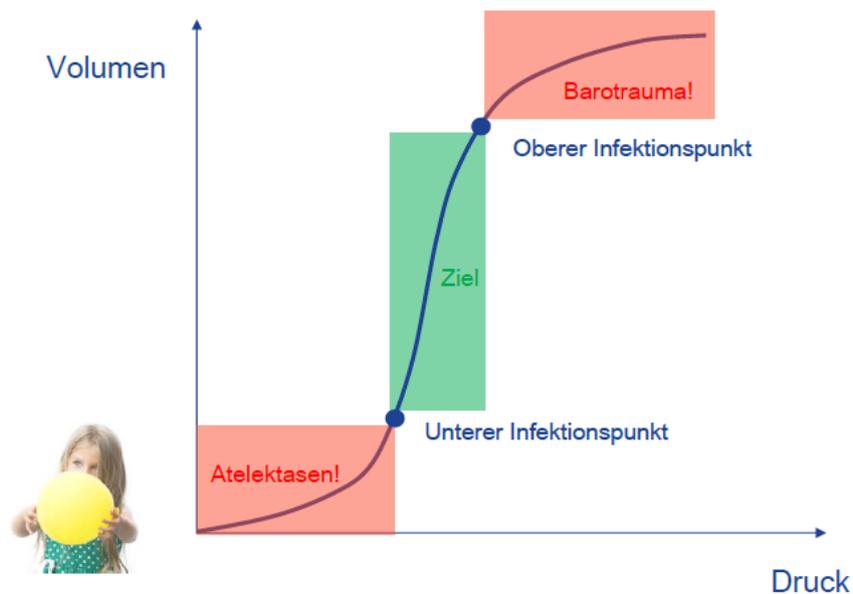
- Die FRC ist das Volumen, welches nach normaler Expiration in der Lunge verbleibt
- Die FRC kann als Maß für die zur Verfügung stehende Gasaustauschfläche gesehen werden



Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

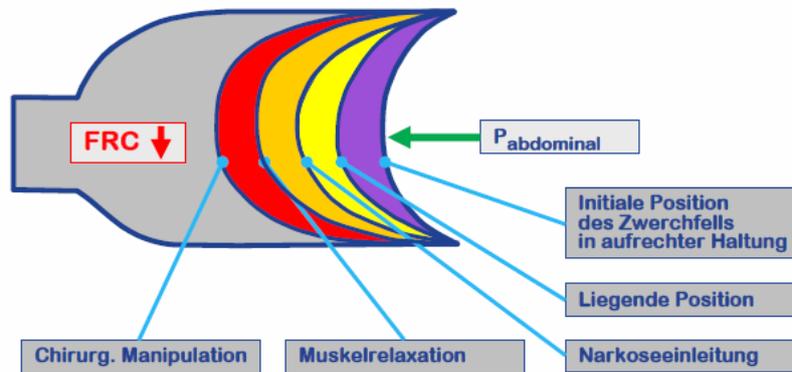
Ruhedehnungskurve der Lunge



Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Allgemeinanästhesie

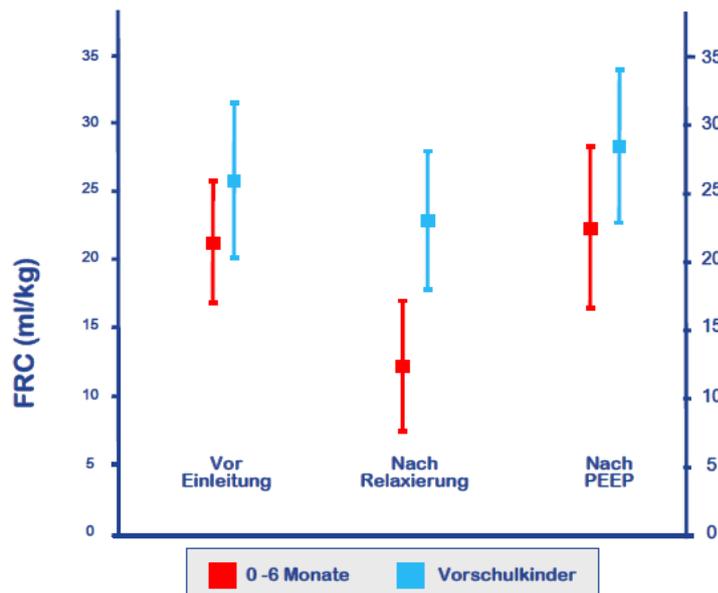


- Die Allgemeinanästhesie reduziert die FRC
- d.h. es entsteht intrapulmonalen Shunt (Blut strömt durch die Lunge ohne oxygeniert zu werden)

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

FRC unter Allgemeinanästhesie

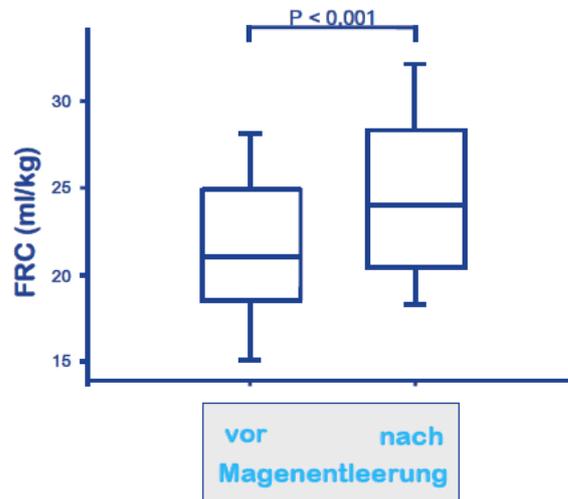


von Ungern-Sternberg BS, 2007 Pediatric Anaesthesia

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

FRC unter Allgemeinanästhesie



von Ungem-Sternberg BS, 2006 Anesthesiology 105:670-675

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Physiologie im Kindesalter

- NG und SG sind Zwerchfellatmer
- Das Zwerchfell hat
 - bei Frühgeborenen 10%
 - bei Neugeborenen 25%
 - bei 8 Monate alten Säugling 55% Typ-I-Muskelfasern
- NG und SG erschöpfen sich sehr schnell!
- Kinder haben einen höheren O_2 Bedarf als Erwachsene (ml/kg KG)
- Kinder haben eine kleinere FRC als Erwachsene (ml/kg KG)
- Bei Kindern unter 6 Jahren übersteigt die „Closing capacity“ die FRC
- **Die Sauerstoffreserven sind niedrig, der Verbrauch hoch**
- Die Folgen sind ist Atelektasenbildung/Shuntzunahme und geringe Apnoetoleranz

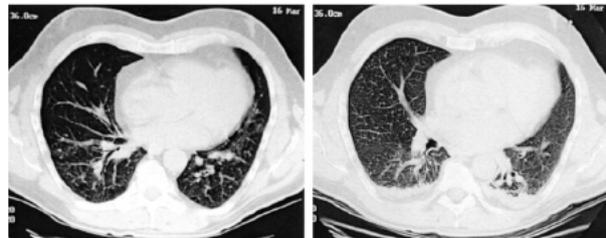
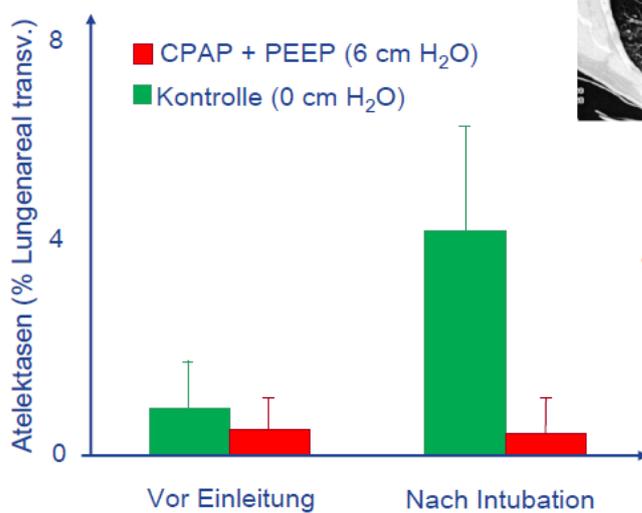
Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

PEEP

PEEP während der Einleitung

Studie1: PEEP 6 vs. ZEEP



- CPAP und PEEP während der Einleitung kann Atektasenentstehung verhindern (Erwachsene)

Rusca M. et al. Anesth Analg 2003

PEEP

Studie2: PEEP 5 vs. ZEEP

(20 Kinder, ASA I, 55 Monate (27-89))

PLMA unter PCV mit PEEP 5 vs. ZEEP (TV von 8-10 ml/kg)

Ergebnis: Signifikant bessere Oxygenierung in PEEP-Gruppe (22.1 vs. 19.2 kPa)

Goldmann K. et al. BJA 2005

Michael U. Fischer

*8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010*

PEEP

Studie 3: PEEP und CT Untersuchung

(ETT, 10 Kinder, 1- 3 Jahre, ASA I - II, lungengesund)

Methode:

- 5 min IPPV ohne PEEP - CT 1 (TV 10 ml/kg)
- 5 min IPPV mit PEEP 5 - CT 2 (TV 10 ml/kg)

Ergebnis:

1. Beatmung ohne PEEP verursacht Atelektasen
2. Beatmung mit PEEP führt zum kompletten Recruitment
3. Beatmung mit PEEP führt nicht zur Überblähung der anterioren Areale

Serafini G. et al. Paediatr Anaesth 1999

Michael U. Fischer

*8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010*

PEEP

Zusammenfassung PEEP:

- kann Alveolen rekrutieren
- verhindert Atelektasen
- erhöht die FRC
- reduziert den intrapulmonalen Rechts-Links-Shunt
- PEEP verbessert die Oxygenierung

Bordes M. Acta Anaesthesiol Scand 2007

Michael U. Fischer

*8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010*

FiO_2

FiO₂

unmittelbar nach
Einleitung

unmittelbar
Recruitment

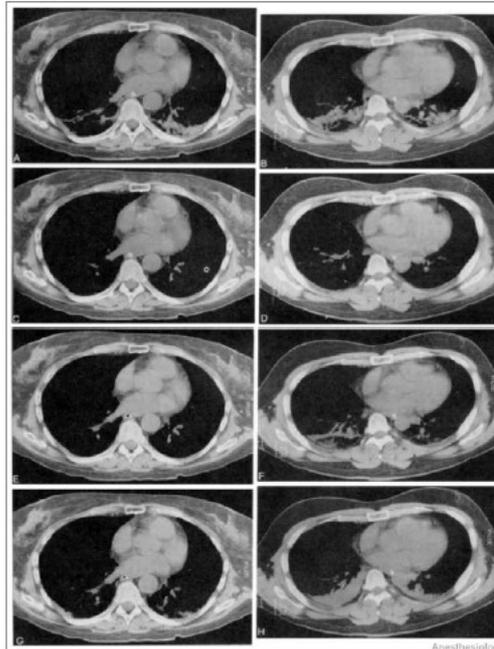
5 min nach
Recruitment

40 min nach
Recruitment

FiO₂ 0.4

FiO₂ 0.4

FiO₂ 0.4



FiO₂ 1.0

FiO₂ 1.0

FiO₂ 1.0

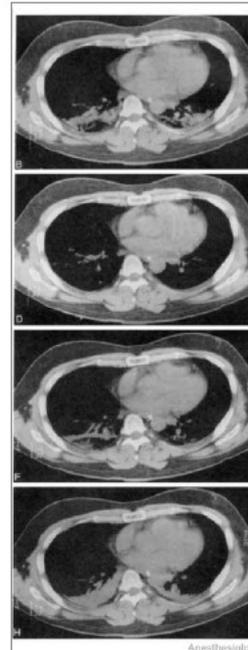
Rothen HU Anesthesiology 1995

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

FiO₂

- N₂ hält Alveolen offen!
- Minderbelüftete Alveolen
 - Keine Resorption von N₂
 - Resorption von O₂
- Resorptionsataleketasen
 - Abnahme der Compliance
 - Abfall der SaO₂



Rothen HU Anesthesiology 1995

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

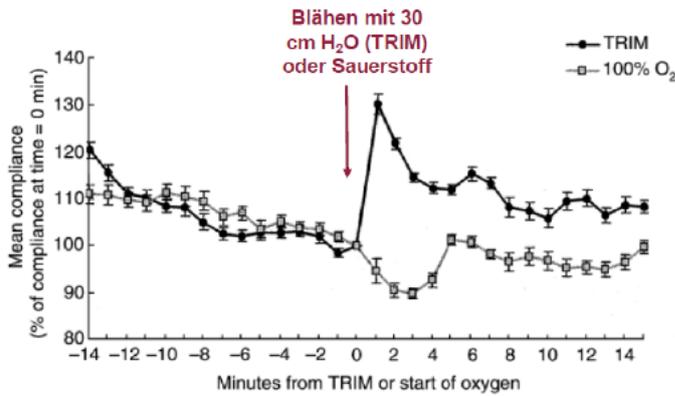
Recruitment

Recruitment

- 20 Kinder < 2 Jahre
- 33% Sauerstoff in Lachgas, 0,75-1 Vol% Halothan, Vecuronium
- Atemzugvolumen 10 ml/kg KG
- **Kein PEEP**
- Messen von Lungen-Compliance und Atemwegswiderstand
- Nach 15 Minuten entweder TRIM oder FiO_2 1,0
TRIM = timed re-expansion inspiratory manoeuvre
30 cm H₂O

Marcus RJ et al. Pediatr Anaesth 2002

Recruitment



- Während Anästhesie Compl. 12 % gefallen
- Während Anästhesie Resist. 12 % gefallen
- TRIM Gruppe Compl. um 30% gesteigert
- 100% O₂ Gruppe Compl. Um weitere 9% gefallen

Primär Recruitment statt FiO₂ steigern!

Marcus RJ et al. *Pediatr Anaesth* 2002

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Flowapplikation

Flow Applikation

Studie: konstanter Flow (VCV) vs dezelerierender Flow (PCV)

(LMA, 32 Kinder 4,5 +/- 4 Jahre, ASA I)

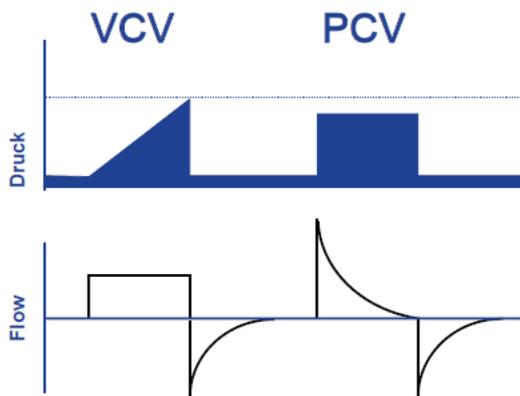
- Ergebnis:
- TV vergleichbar in beiden Gruppen
 - P_{insp} signifikant niedriger unter PCV vs. VCV (14.1 vs. 16.7 cm H₂O)
 - P_{max} > 20 cm H₂O: Kein Kind unter PCV vs. 6 Kinder unter VCV

Keidan J. et al. Pediatric Anaeth 2001

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Flow Applikation



VCV:

- konstanter Flow
- Beatmungsdruck wird kontinuierlich aufgebaut

PCV:

- dezelerierender Flow d.h. hohe Flowrate zu Beginn bis Zieldruck erreicht ist
- Zieldruck wird schnell erreicht

- PCV hat sich in Kinderanästhesie etabliert
- Vorteil: Definiertes Druckniveau wird nicht überschritten, Leckagekompensation (undichter Tubus)
- Nachteil: TV von Compliance abhängig (inkonstant)

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Spontanatmung/ Assistierte Beatmung

Spontanatmung



Spontanatmung

Hagen Poiseuille-Gesetz

$$R = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{r^4 \cdot \pi}$$

η = Viskosität des Atemgases

l = Länge des Rohres

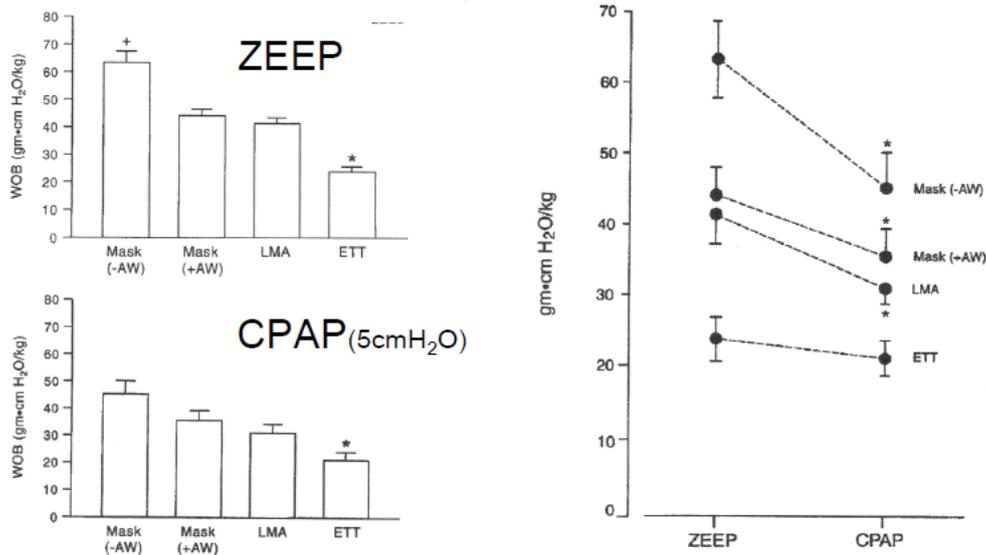
r = Innenradius des Rohres

- Der Strömungswiderstand ist darüber hinaus proportional zur Länge der Atemwege und der Viskosität des Atemgase
- Der Strömungswiderstand steigt auf das **16fache** bei Abnahme des Atemwegsdurchmessers auf die **Hälfte!**

Spontanatmung

Atemarbeit bei verschiedenen Atemwegen

(24 Kinder, 2 +/- 1.9 Jahre, ASA I)



Keidan I. et al. Anesth Analg 2000

Der künstliche Atemweg



Michael U. Fischer

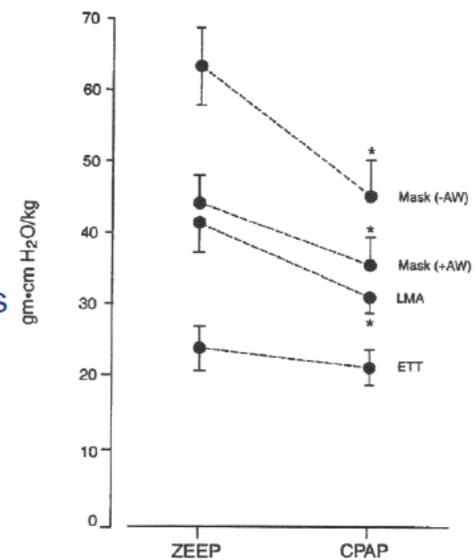
8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Spontanatmung

Atemarbeit bei verschiedenen Atemwegen

(24 Kinder, 2 +/- 1.9 Jahre, ASA I)

- Geringste Atemarbeit bei intubierten Kinder
- Unterschiedliche Grade von supraglottischen Obstruktionen in LMA-Gruppe, trotz korrekter Lage
- CPAP bei LMA führt zur Schienung des supraglottischen Atemwegs
- Bei langen Prozeduren mit ETT wird assistierte oder kontrollierte Beatmung empfohlen



Keidan I. et al. Anesth Analg 2000

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Assistierte Beatmung

PSV vs. PCV bei moderatem Adipositas (Erwachsene)

Studie 1: Postoperative Lungenfunktion (Lufu)

Ergebnis: Lufu in PSV-Gruppe signifikant besser gegenüber PCV-Gruppe (in ersten 24 h)

Studie 2-a: Oxygenierung **intraoperativ**

Ergebnis:

Signifikant bessere Oxygenierung unter PSV intraoperativ

Studie 2-b: Oxygenierung **postoperativ**

Ergebnis:

Signifikant bessere Oxygenierung nach PSV bis 24 h postoperativ

Zoremba M. et al. DAC 2009

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Assistierte Beatmung

PSV mit LMA bei Kindern

(24 Kinder 2 +/- 1.9 Jahre, ASA I)

Ziel: TV 10 ml/kg KG (PEEP 4 cm H₂O)
Programmierungshilfe der PSV bei unterschiedlichen
Gewichtsgruppen

Ergebnis: -Korrelation zwischen Niveau der Druckunterstützung und
Gewicht, Alter, Compliance und Resistance

-Druckunterstützung: 15 cm H₂O <11 kg
 10 cm H₂O 11-20 kg
 9 cm H₂O >20 kg

-Flowtrigger 0.4 (Range 0.2-0.6 l/min)

keine Korrelation mit Alter, Gewicht, RR,
Compliance und Resistance

Garcia-Fernandez J. et al. Aesth Analg 2007

Michael U. Fischer

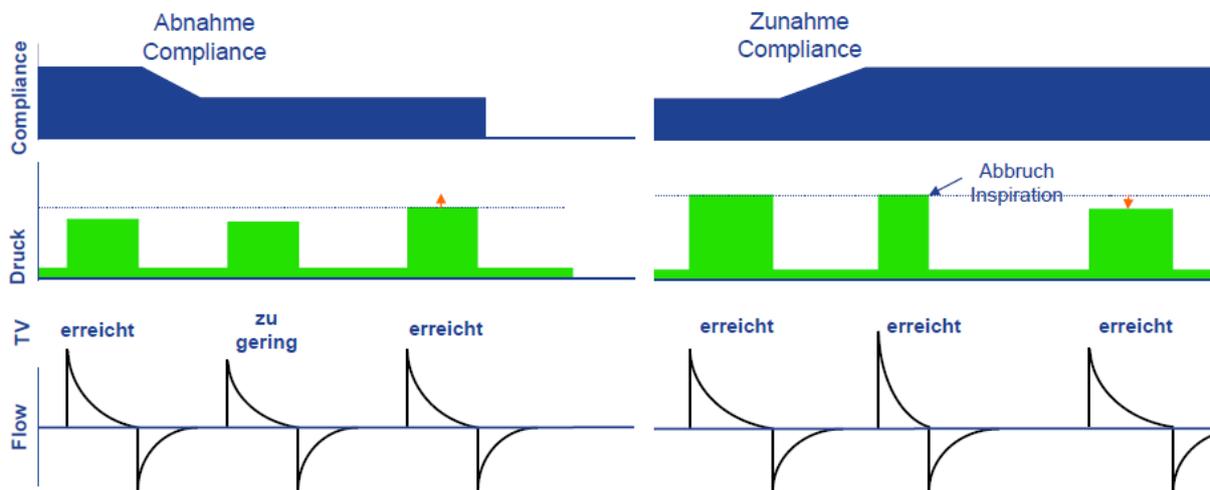
8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Moderne Beatmungsmodi

Volumengarantie

- Beatmungsmodus mit dem Ursprung in der neonatologischen Intensivmedizin
- In Anästhesie: PCV-VG, Autoflow
- Dezelerierendes Flowprofil
- Volumengarantie

Volumengarantie



Vorteil:

- Beatmungsdruck so niedrig wie möglich
- Anpassung an Complianceveränderungen
- Keine manuellen Anpassungen nötig

Volumengarantie

Polytrauma mit SHT

Vorteile von Volumengarantie:

- Automatisierte $p\text{CO}_2$ -Stabilität durch Volumengarantie
- Damit keine Gefahr der unbeobachteten Hyperkapnie und konsekutiver Hirndrucksteigerung
- Automatisierte Beatmung – bindet keine Anästhesieresourcen



Volumengarantie

Pulmonale Hypertonie

Pathophysiologie:

- Hyperkapnie – Vasokonstriktion der pulmonalarteriellen Gefäße
- Druckanstieg im kleinen Kreislauf (Pulmonale Hypertonie)
- Nachlasterhöhung des rechten Ventrikels (Rechtsherzbelastung, Shuntumkehr)



Vorteile von Volumengarantie:

- Volumenkonstanz – Normokapnie - PVR konstant

Take-home message

Take home Message

1. PCV bei kleinen Kindern Standard (< 8LJ)
2. Unnötig hohe FiO_2 vermeiden (wenn möglich)
3. Nie ohne PEEP (FRC)
4. Recruitment bei Gasaustuschstörung statt alleiniger Erhöhung der FiO_2
5. Supraglottischer Atemweg nie ohne PEEP (Schienung)
6. Bei längeren Eingriffen assistierte oder kontrollierte Beatmung
7. Bei Luftinsufflation des Magens – Magensonde
8. Volumengarantie kann den Anästhesisten entlasten
9. Tidalvolumen 6 (-8ml/kg KG)

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Michael U. Fischer

8. Dresdner Kinderanästhesiologisches Symposium
29.05.2010

Autor: Fischer, M. U.

Titel: Kinder richtig beatmen, 8. Dresdner kinderanästhesiologisches Symposium

Jahr: 29.05.2010

Online:

http://www.ak-kinderanaesthesie.de/files/2010_Dresden_FISCHER_Beatmung.pdf

Stand: 07.07.2015.

7.6 LMA Supreme™ Second Seal

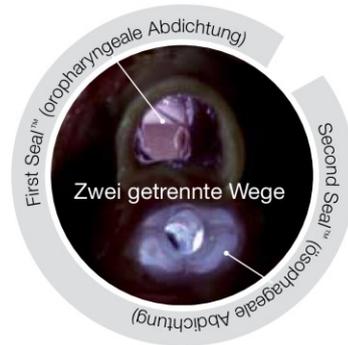


Eine bewährte doppelte Dichtigkeit



Die Bedeutung des Second Seal™ (ösophageale Abdichtung) ist signifikant: Sie kann die Mageninsufflation minimieren und das Aspirationsrisiko^{1,2} reduzieren. Dennoch konzentriert sich die meiste Forschung auf den First Seal™ (oropharyngeale Abdichtung) am Glottiseingang.

Die LMA Supreme™, ist eine Atemwegshilfe der zweiten Generation mit Magenzugang, mit einer effektiven ersten Abdichtung (First Seal™) und zweiten Abdichtung (Second Seal™). Der Second Seal™, kann leicht hergestellt und verifiziert werden, wodurch die Sicherheit erhöht und ein neuer Versorgungsstandard für Routineverfahren und erweiterte Indikationen geliefert wird.



First Seal™

Die LMA Supreme™ liefert gemessene oropharyngeale Leckagedrücke von bis zu 37 cm H₂O.³

Der First Seal™ ist wichtig für:

- ▶ Beatmungsperformance
- ▶ Erweiterte Indikationen wie beispielsweise die Anwendung bei Patienten mit verminderter thorakaler Compliance, bei Patienten mit leichter bis moderater Adipositas und bei bestimmten Verfahren, bei denen eine maschinelle Beatmung erforderlich ist und eine höhere Dichtigkeit notwendig ist

Second Seal™

Die LMA Supreme™ ermöglicht die passive Drainage oder das aktive Management von Mageninhalt unabhängig von der Beatmung.¹

Der Second Seal™ wurde entwickelt, um:

- ▶ Die Sicherheit gegenüber einem Produkt der ersten Generation zu verbessern
- ▶ Die distale Spitze der LMA Supreme™ am oberen Ösophagussphinkter zu sichern, und um die Durchgängigkeit des Drainagekanals aufrechtzuerhalten
- ▶ Das Risiko der Insufflation während der Beatmung zu reduzieren
- ▶ Das Risiko für eine Leckage von regurgitiertem Mageninhalt um die Spitze der Maske herum zu reduzieren

Für mehr Informationen, scannen Sie den QR-Code oder besuchen Sie www.youtube.com/user/LaryngealMaskAirway



SADs der zweiten Generation werden sehr empfohlen

Produkte der zweiten Generation, wie die LMA Supreme™, werden im kürzlich publizierten NAP4-Audit⁴, das vom Royal College of Anaesthetists und der Difficult Airway Society in Großbritannien durchgeführt wurde, sehr empfohlen.





Empfehlungen:

Falls eine endotracheale Intubation nicht als indiziert angesehen wird, jedoch gewisse (geringfügig) Bedenken wegen eines Regurgitationsrisikos bestehen, ist eine supraglottische Atemwegshilfe der zweiten Generation eine logischere Wahl, als ein Produkt der ersten Generation.

Bei Patienten, für die ein geringes Aspirationsrisiko angenommen wird und die zusätzlich andere Faktoren aufweisen, wodurch die Anwendung einer SAD grenzwertig ist (z. B. Position des Patienten, Zugang zu den Atemwegen, Größe des Patienten), sollte erwogen werden, ein SAD der zweiten Generation zu verwenden.

Angesichts der obigen Empfehlungen und dem häufigen Auftreten dieser Umstände wird empfohlen, dass alle Krankenhäuser sowohl für den Routinegebrauch als auch für die notfallmäßige Sicherung der Atemwege SADs der zweiten Generation bereithalten.

„Die Kombination einer verbesserten Abdichtung und des Vorliegens eines Drainagekanals, verbessert die Effektivität und schafft eine funktionelle Trennung des Gastrointestinaltrakts vom Respirationstrakt (wie ein artifizierlicher Larynx). Obwohl es schwer zu beweisen ist, erhöht dies wahrscheinlich die Sicherheit. Mehrere neue Publikationen empfehlen, dass die Verwendung von supraglottischen Atemwegshilfen (SADs) mit effektiven Drainagekanälen zu einem ‚Versorgungsstandard‘ werden sollten.“

NAP4-Bericht, 2011

Zur Routineanwendung mit dem zusätzlichen Vorteil des Magenzugangs

Die LMA Supreme™ kann bei jedem Verfahren verwendet werden, bei dem normalerweise eine Larynxmaske eingesetzt würde und in Situationen, in denen eine endotracheale Intubation ausgeschlossen ist.*

* Wegen Mangels an verfügbarer Fachkenntnis oder Ausrüstung oder wenn Versuche einer endotrachealen Intubation fehlgeschlagen sind.



LMA Supreme™

Im Vergleich mit Produkten der ersten Generation, liefert die LMA Supreme™ auch zusätzliche Vorteile bei Routineverfahren:

Hohe First Seal™ Drücke³

von bis zu **37 cm H₂O**

Ein effektiver Magenzugang, der:

- ▶ Die passive und aktive Entfernung von Mageninhalt ermöglicht¹
- ▶ Entwickelt wurde, um das Risiko der Insufflation während der Beatmung zu reduzieren¹
- ▶ Hat das Potential, das Risiko der Aspiration, sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern, zu reduzieren^{2,6}

„Aufgrund ihrer höheren Atemwegs-Leckagedrücke, der geringeren Inzidenz für Mageninsufflation und des einfachen Magenzugangs, folgern wir, dass die LMA Supreme™ eine nützliche Alternative zur LMA Unique™ bei Kindern, darstellen könnte. Die klinische Gesamtleistung beider Produkte war vergleichbar, Klinikärzte sehen jedoch die LMA Supreme™ als vorteilhaft an, wenn die Drainage von Mageninhalt während der Narkose erforderlich ist.“

Jagannathan N. et al., 2012

Der LMA Evolution Curve™ erleichtert die schnelle Insertion

5 sek

Insertionszeiten von nur 5 Sekunden, vom Greifen des Produkts, bis zur Verbindung mit dem Narkosegerät.⁵

97%

Erfolg bei der ersten Insertion.⁵

100%

Gesamte Insertions-Erfolgsrate.⁵

Eine praktikable Möglichkeit bei erweiterten Indikationen

Laparoskopische Cholecystektomie (n=100)⁷

In der Summe ist die LMA Supreme™ ein effektives Beatmungsgerät, für die laparoskopische Cholecystektomie. Dieses Produkt bietet eine Dichtigkeit, die über den Atemwegsdrücken liegt, die normalerweise während einer solchen Operation benötigt werden, und liefert eine sehr niedrige Morbidität in der postoperativen Phase.

Beleña J.M. et al., 2011

- ▶ 91 % Erfolg bei der ersten Insertion
- ▶ 100 % gesamte Insertions-Erfolgsrate
- ▶ 100 % Erfolg bei der Insertion der Magensonde
- ▶ Die mediane Magengröße bei Insertion des Laparoscops und die Veränderung der Magengröße während der Operation störten das Verfahren bei keinem Patienten
- ▶ Keine Episoden von laryngealem Stridor, Laryngospasmus, Bronchospasmus, Hypoxie, Husten, Regurgitation oder Aspiration, (12 Patienten hatten leichte Halsschmerzen)



Radikale retropubische Prostatektomie (n=100)⁸

Hinsichtlich der postoperativen Pulsoxymetrie und des Lungenfunktionstests, scheint die LMA Supreme™, gegenüber der ET Vorteile aufzuweisen. Die Anwendung der LMA Supreme™ scheint eine sichere und effektive Alternative für den ET bei dieser Operationsart zu sein.

Roiss M. et al., 2011

- ▶ Dauer des Verfahrens drei Stunden
- ▶ Keine Aspiration
- ▶ Signifikant weniger Ereignisse von intraoperativem Husten und Husten oder Würgen während der Extubation: LMA Supreme™ vs. ETT
- ▶ Die periphere Sauerstoffsättigung, war mit der LMA Supreme™ nach 1 Stunde auf der PACU und 24 Stunden nach der Operation, signifikant höher als mit ETT

Bauchlage (n=205)⁹

„Zusammenfassend, deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass die LMA Supreme™, für Operationen bei nüchternen Patienten in Bauchlage eine nützliche Alternative zur endotrachealen Intubation darstellt, da sie leicht in Bauchlage platziert werden kann und falls erforderlich intraoperativ wieder leicht replaziert werden könnte.“

Sharma V. et al., 2010

- ▶ 90 % Erfolg bei der ersten Insertion und 100 % Gesamterfolg
- ▶ Leichte Atemwegsprobleme in Bauchlage korrigiert
- ▶ 199 Patienten erfolgreich mit PPV beatmet
- ▶ Keine Zunahme für das Auftreten von Problemen bei adipösen Patienten
- ▶ Regurgitation von Mageninhalt über den Drainagekanal bei 4/205 Patienten, ohne Hinweis auf Aspiration
- ▶ Erfolgreich, bei Verfahren mit einer Dauer von bis zu fünf Stunden

Gynäkologische Laparoskopie (n=138)¹⁰

„Wir haben demonstriert, dass die Entscheidung für eine LMA Supreme™, eine effiziente Strategie mit Vermeidung der pharyngolaryngealen Morbidität darstellt. Darüber hinaus, haben wir gezeigt, dass die LMA Supreme™ und ein ETT, gleichwertig effektive Atemhilfen für ein gynäkologisches laparoskopisches Routineverfahren waren.“

Abdi W. et al., 2010

- ▶ Die LMA Supreme™ ist bei gynäkologischer Laparoskopie genauso effektiv wie ein ETT, führt jedoch zu einer signifikant niedrigeren postoperativen pharyngolaryngealen Morbidität
- ▶ Signifikant weniger Heiserkeit, Dysphagie und Halsschmerzen, während der Evaluierung auf der Station vor der Entlassung (LMA Supreme™ vs. ETT, p<0,05)



Jetzt auch für pädiatrische Eingriffe erhältlich

„Die neonatale LMA Supreme™, ist der LMA ProSeal™ hinsichtlich der Zeit bis zur Herstellung einer effektiven Beatmung überlegen; darüber hinaus, sind der maximale Beatmungsdruck und die vom Operateur wahrgenommene Qualität mit der neonatalen LMA Supreme™ größer, als mit der LMA Classic™ und mit der LMA ProSeal™.“

Trevisanuto D. et al., 2012





LMA Supreme™: Der fortschrittlichste Atemweg zum Einmalgebrauch

Masken- größe	Artikel- nummer	Patientengewicht	Maximales Cuffvolumen (Luft)*	Größte OG Sonde
1	175010	Neugeborene/Kleinkinder bis zu 5 kg	5 ml	6 Fr
1.5	175015	Kleinkinder 5-10 kg	8 ml	6 Fr
2	175020	Kleinkinder 10-20 kg	12 ml	10 Fr
2.5	175025	Kinder 20-30 kg	20 ml	10 Fr
3	175030	Kinder 30-50 kg	30 ml	14 Fr
4	175040	Erwachsene 50-70 kg	45 ml	14 Fr
5	175050	Erwachsene 70-100 kg	45 ml	14 Fr

* Dies sind Maximalvolumina, die nicht überschritten werden dürfen. Es wird empfohlen, den Cuff auf einen maximalen Innendruck von 60 cm H₂O aufzublasen.

OG = orogastral

Die Anwendung einer LMA Supreme™ in Betracht ziehen bei:

- ▶ Leicht bis moderat adipösen Patienten
- ▶ Abdominelle Eingriffe
- ▶ Kontrolliertem Reflux
- ▶ Beatmung mit positivem Druck (PPV)
- ▶ Unerwartet schwierigen Atemwegen
- ▶ Plastisch-chirurgischen Verfahren

Erfahren Sie mehr über die LMA Supreme™ und den Second Seal™



Für die neuesten klinischen Publikationen zur LMA Supreme™, registrieren Sie sich kostenlos unter www.doctorevidence.com/lma



Mehr Informationen zur LMA Supreme™ und Second Seal™ finden Sie unter www.secondsealconfidence.com



Die neuesten digitalen Fallberichte, Lehrvideos und Empfehlungen von Ärzten, zu den Vorteilen der LMA Supreme™, finden Sie unter www.youtube.com/user/LaryngealMaskAirway



Für die aktuellen Neuigkeiten von LMA, klicken Sie „Gefällt mir“ auf www.facebook.com/LMAInternational



Für Produktinformationen und Zugang zu den Gebrauchsanweisungen des Produkts besuchen Sie www.lmaco.com



Literatur:

1. Cook T.M. et al. *Anaesthesia* 2009; **64**: 555-562.
2. Cook T.M., Howes B. *Continuing Education in Anaesthesia Critical Care and Pain* 2011; **11**: 56-61.
3. Van Zundert A., Brimacombe J. *Anaesthesia* 2008; **63**: 202-213.
4. 4th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society: Major Complications of Airway Management in the United Kingdom. Report and findings: March 2011. Editors: Dr Tim Cook, Dr Nick Woodall and Dr Chris Frerik.
5. Verghese C., Ramaswamy B. *BJA* 2008; **101** (3): 405-410.
6. Jagannathan N. et al. *Anaesthesia* 2012; **67** (2): 139-144.
7. Beleña J.M. et al. *J Clin Anesth* 2011; **23**: 456-460.
8. Roiss M. et al. Poster presented at the American Association of Anesthesiologists, Annual Meeting 15-19th October 2011, Chicago.
9. Sharma V. et al. *BJA* 2010; **105** (2): 228-232.
10. Abdi W. et al. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2010; **54** (2): 141-146.
11. Trevisanuto D. et al. *Resuscitation* 2012; **83**: 97-100.

Um eine vollständige Literaturübersicht zur LMA Supreme™ zu erhalten, besuchen Sie bitte www.lmaco.com/lmasupreme

Autorisierte Vertretung in der EU:

LMA Deutschland GmbH
Mildred-Scheel-Straße 1,
53175 Bonn, Germany

Hersteller:

The Laryngeal Mask Company Limited
Le Rocher, Victoria, Mahé, Seychelles



Printed on paper from sustainable sources

⚠ VOR GEBRAUCH ANLEITUNG DURCHLESEN

Vertrieb durch:

LMA Deutschland GmbH
Mildred-Scheel-Straße 1
D-53175 Bonn
Telefon: +49 (0)228 227 48000
Telefax: +49 (0)228 227 48001
Email: info@lmaco.de Internet: www.lma.de

PAJ-2501/0208 Rev. B DE 2012/06

LMA International
www.lmaco.com

Germany
www.lma.de

USA
www.lmana.com

Italy
www.lmaco.it

China
www.lmaco.cn

Canada
www.lmavitaid.com

Australia & New Zealand
www.lmapacmed.com

Copyright © 2012 The Laryngeal Mask Company Limited, LMA, LMA Supreme, LMA Evolution Curve, First Seal, Second Seal, LMA Better by Design are trademarks of the LMA Group of Companies.

Autor: The Laryngeal Mask Company Limited

Titel: LMA Supreme Second Seal

Jahr: 2012

Online: http://www.lma.de/files/lma-supreme-12pg-eng_lores_brochure.pdf

Stand: 17.12.2012

7.7 Gebrauchsanweisung – LMA Supreme™

LMA™ The Laryngeal Mask Company Limited

Deutsch Gebrauchsanweisung – LMA Supreme™

1. PRODUKTBESCHREIBUNG

Die LMA Supreme™ ist ein innovatives, steriles supraglottisches Produkt zum Atemwegsmanagement für den Einmalgebrauch.

Die LMA Supreme™ bietet Zugang zu und zugleich eine funktionale Trennung von Atemweg und Verdauungstrakt. Der anatomisch geformte Beatmungstubus weist einen elliptischen Querschnitt auf und endet distal an der Larynxmaske. Der aufblasbare Cuff passt sich den Konturen des Hypopharynx an, wobei Schale und Maske zur Larynxöffnung gerichtet sind.

Die LMA Supreme™ verfügt auch über einen Drainagekanal, der proximal separat herausgeführt wird. Der Drainagekanal verläuft distal entlang der anterioren Oberfläche des Cuffs durch das distale Cuff-Ende, um eine distale Verbindung mit dem oberen Ösophagusphinkter herzustellen. Der Drainagekanal ermöglicht die Platzierung einer mit ausreichend Gleitmittel präparierten Magensonde zum einfachen Ablassen des Mageninhalts. Der Drainagekanal erfüllt eine weitere wichtige Funktion: Er kann sowohl zur Kontrolle der korrekten Positionierung der LMA Supreme™ direkt nach dem Einführen als auch während der gesamten Anwendungsdauer zur Überwachung möglicher Dislokationen verwendet werden.

Die LMA Supreme™ ermöglicht das einfache Einführen ohne die Verwendung elektronischer Hilfsmittel oder einer Einführhilfe. Sie ist so flexibel, dass Kopfbewegungen des Patienten in alle Richtungen möglich sind, ohne dass die Maske entfernt werden muss. Die zwei lateralen Rillen im Tubus verhindern, dass dieser beim Biegen abgelenkt werden kann. Ein integrierter Beißschutz reduziert die Gefahr einer Atemwegsobstruktion oder einer Beschädigung des Tubus.

Die LMA Supreme™ verfügt über ein neues Fixierungssystem, das proximale Dislokationen verhindert. Bei richtiger Verwendung wird der dichte Abschluss des distalen Endes um den oberen Ösophagusphinkter verbessert. Dadurch wird der Atemweg vom Verdauungstrakt isoliert und die Gefahr einer versehentlichen Aspiration verringert.

Zum Befüllen und Entleeren der Maske ist ein Befüllungs- und Entleerungs-Schlauch vorhanden, der in einem Pilotballon mit einem Einwegventil endet. Keine Bestandteile aus Naturkautschuklatex.

Die LMA Supreme™ wird steril geliefert und ist für den Einmalgebrauch bestimmt. Sie wird mit Ethylenoxid sterilisiert.



Abbildung 1: Komponenten der LMA Supreme™

Komponenten der LMA Supreme™ (Abbildung 1):

- (a) Anatomisch geformter Beatmungstubus
- (b) Separater Drainagekanal
- (c) Befüllbarer Cuff mit formschlüssigen proximalen und distalen Segmenten
- (d) Cuff-Befüllungs- und Entleerungs-Schlauch
- (e) Pilotballon
- (f) Starrer Konnektor mit separaten Tuben für Beatmung und Magendrainage
- (g) Fixiersteg
- (h) Integrierter Beißschutz

2. ANWENDUNGSGEBIETE

Die LMA Supreme™ ist für die Etablierung und Freihaltung des Atemwegs während der routinemäßigen Narkose sowie in Notfallsituationen bei nüchternen Patienten unter Verwendung der Spontan- oder Überdruckbeatmung vorgesehen.

Sie kann auch als Notfallinstrument in CPR-Maßnahmen verwendet werden, in denen herkömmlich die LMA ProSeal™, LMA Classic™ oder LMA Unique™ benutzt wurde. Die LMA Supreme™ ist auch als Notfallinstrument in bekannten oder unerwartet schwierigen Beatmungssituationen geeignet. Die LMA Supreme™ kann verwendet werden, um im Rahmen der Reanimationsbemühungen bei tief bewussten Patienten ohne glossopharyngeale und laryngeale Reflexe unmittelbar einen freien Atemweg für die künstliche Beatmung zu etablieren.

Mit dem Produkt kann außerdem ein freier Atemweg etabliert werden, wenn die tracheale Intubation aufgrund fehlender Kenntnisse oder Geräte nicht möglich ist bzw. wenn die tracheale Intubation fehlerhaft ist.

3. KONTRAINDIKATIONEN

- Patienten, bei denen der Hals (einschließlich Hypopharynx) bestrahlt wurde (Verletzungsrisiko, nicht mögliche effektive Abdichtung)
- Patienten, bei denen der Mund nicht weit genug für das Einführen geöffnet werden kann
- Notfallpatienten, bei denen das Risiko eines massiven Refluxes besteht (z. B. akuter Darmverschluss), oder Patienten, die kurz nach der Aufnahme einer reichlichen Mahlzeit verletzt wurden (siehe oben unter „Anwendungsbereiche“)
- Patienten, die am Kopf oder Hals operiert werden müssen, und bei denen der Chirurg durch die Maske keinen ausreichenden Zugang erhält
- Ansprechbare Patienten mit einem intakten Würgereflex (CPR)
- Patienten, die atzende Substanzen zu sich genommen haben

4. WARNHINWEISE

- Es liegen zwar ermutigende Fallberichte vor, jedoch ist aktuell nicht bekannt, ob die LMA Supreme™ auch bei ordnungsgemäßer Fixierung immer Schutz vor Aspiration bietet.

- Auch bei einer vorhandenen Magensonde besteht ein Aspirationsrisiko, wenn die Maske nicht richtig positioniert und fixiert wird.
- Die LMA Supreme™ funktioniert möglicherweise bei Patienten mit verringerter pulmonarer Compliance aufgrund einer obstruktiven Atemwegserkrankung nicht richtig, da der erforderliche Druck für die Überdruckbeatmung den Abdichtungsdruck überschreiten kann.
- Versuchen Sie auf keinen Fall bei Patienten, bei denen eine Ösophaguserkrankung vorliegt oder möglich ist, eine Magensonde durch den Drainagekanal in den Magen einzuführen.
- Es besteht das theoretische Risiko eines Ödems oder Hämatoms, wenn direkt am Ende des Drainagekanals ein Sog appliziert wird.
- In den folgenden Situationen müssen die Vorteile einer Beatmung mit der LMA Supreme™ gegen das mögliche Aspirationsrisiko abgewogen werden: Symptomatischer oder unbehandelter gastroösophagealer Reflux, Schwangerschaft ab der 14. Woche, mehrere oder schwere Verletzungen sowie Bedingungen, die zu einer verzögerten Magenentleerung führen können (z. B. Opiatverabreichung bei Patienten mit akuten Beschwerden, Bauchfellentzündung oder Entzündungsherden).
- Die LMA Supreme™ ist für den Einmalgebrauch bestimmt und darf nicht wiederverwendet werden. Die Wiederverwendung kann zu Kreuzinfektionen führen sowie die Zuverlässigkeit und Funktionalität des Produkts beeinträchtigen.
- Lesen Sie die MRT-Informationen im Anhang, bevor Sie die LMA Supreme™ in einer MRT-Umgebung verwenden.

5. VORSICHTSMAßNAHMEN

- Die LMA Supreme™ darf nicht erneut sterilisiert und/oder wiederverwendet werden. Das Produkt wird steril geliefert und muss sofort nach dem Entnehmen aus der Verpackung verwendet werden. Es darf nicht wiederverwendet oder gereinigt werden sowie nicht mit Desinfektions- oder Sterilisationsmitteln in Berührung kommen.
- Tauchen Sie das Produkt vor der Verwendung auf keinen Fall in Flüssigkeit.
- Verwenden Sie ausschließlich die in dieser Gebrauchsanweisung beschriebenen Verfahren.
- Verwenden Sie die LMA Supreme™ nicht, wenn das Produkt beschädigt bzw. die Verpackung geöffnet oder beschädigt ist.
- Achten Sie beim Aufbringen von Gleitmittel darauf, dass die Beatmungsoffnung nicht verstopft wird.
- Um Verletzungen zu vermeiden, darf weder während der Platzierung der LMA Supreme™ noch bei der Einführung einer Magensonde über den Drainagekanal ein übermäßiger Kraftaufwand ausgeübt werden.
- Der Cuff darf nach dem Einführen nicht übermäßig befüllt werden. Der geeignete Cuff-Druck beträgt 60 cm H₂O. Dieser Druck darf nicht überschritten werden. Ein übermäßiger Druck im Cuff kann zu einer Fehlpositionierung und zu pharyngolaryngealen Beschwerden (einschließlich Halsschmerzen, Dysphagie und Nervenverletzungen) führen.
- Wenn die Atemwegsprobleme bestehen bleiben oder die Beatmung nicht ausreicht, sollte die LMA Supreme™ entfernt und ein freier Atemweg mit anderen Hilfsmitteln sichergestellt werden.
- Gehen Sie unbedingt vorsichtig mit dem Produkt um. Die LMA Supreme™ besteht aus medizinischem PVC, das zerreißen oder perforieren kann. Der Kontakt mit scharfen oder spitzen Gegenständen ist zu jeder Zeit zu vermeiden. Führen Sie das Produkt auf keinen Fall ein, wenn der Cuff nicht vollständig entlüftet ist (siehe Einführungsanleitung).
- Während der Vorbereitung und Anwendung des Produkts sollten Handschuhe getragen werden, um die Kontamination der Atemwege zu minimieren.
- Bewahren Sie das Produkt an einem dunklen und kühlen Ort auf. Setzen Sie es auf keinen Fall direkter Sonneneinstrahlung oder extremen Temperaturen aus.
- Dekontaminieren Sie das Produkt nach der Verwendung zunächst entsprechend den Richtlinien für den Umgang mit biologischen Gefahrstoffen in Ihrem Krankenhaus. Entsorgen Sie es anschließend unter Beachtung aller lokalen und nationalen Vorschriften.
- Verwenden Sie zum Befüllen oder Entleeren des Cuffs ausschließlich Spritzen mit einer sich verjüngenden Luer-Standardspitze.

Dieses Produkt enthält Di(2-Ethylhexyl)phthalat (DEHP), eine Substanz, die bei langem dauernden Verfahren in Transfusionsgeräten als toxisch eingestuft wird. Dieses Produkt ist jedoch nicht für die Langzeitverwendung bestimmt, und daher ist das Toxizitätsrisiko sehr gering. Es gibt keine Bedenken und/oder bekannte Risiken bei der Verwendung des Produkts für Kinder oder stillende bzw. schwangere Patientinnen, da das Produkt nicht für die folgenden Szenarien konzipiert ist:

- Langzeitdialyse bei Erwachsenen (Hoden, Fruchtbarkeit, Toxizität für Nieren und Entwicklung)
- Langzeitbluttransfusionen bei Kindern (Hoden)
- Transfusionen bei Neugeborenen (Hoden und Fruchtbarkeit)
- Extrakorporale Oxygenierung bei Kindern (Hoden, Fruchtbarkeit und Toxizität für Nieren)

Die Risiken und Vorteile der Verwendung dieses Produkts müssen für den jeweiligen Fall vom zuständigen Arzt sorgfältig gegeneinander abgewogen werden.

6. NEBENWIRKUNGEN

- Es liegen derzeit keine Daten vor, die auf Nebenwirkungen der LMA Supreme™ hinweisen. Bis zum Vorliegen entsprechender Daten sollte davon ausgegangen werden, dass Nebenwirkungen bei der LMA Supreme™ in ähnlichem Rahmen und ähnlicher Inzidenz auftreten wie bei der LMA ProSeal™.
- In der Literatur wurde sowohl über geringfügige (z. B. Halsschmerzen) als auch über schwerwiegendere Nebenwirkungen (z. B. Aspiration) nach Verwendung der Standard-LMA™ (LMA Classic™) berichtet.
- Eine Überprüfung der vorhandenen Publikationen ergibt eine geringe Aspirationsinzidenz (0,012 %) in Verbindung mit der LMA™, wobei die Hauptgründe hierfür in der Auswahl ungeeigneter Patienten und einer zu geringen Narkosetiefe liegen¹.
- Im Zusammenhang mit der LMA ProSeal™ wird von einem gewissen Schutz vor der Aspiration von Mageninhalt berichtet. Da das Design der LMA Supreme™ im Großen und Ganzen dem der LMA ProSeal™ ähnelt, jedoch zusätzlich ein verbesserter ösophagealer Abdichtungsmechanismus vorhanden ist, kann davon ausgegangen werden, dass die LMA Supreme™ mindestens denselben Schutz bietet.
- Die Inzidenz von Halsschmerzen, die in der Regel leicht und nur von kurzer Dauer sind, liegt nach Verwendung der LMA™ bei etwa 13 %¹.
- Zu den seltenen neurovaskulären Ereignissen, die im Zusammenhang mit der LMA™ berichtet wurden, gehören Schädigungen des Nervus hypoglossus, Taubheit der Zunge nach Schädigung des Nervus lingualis, Zyanose oder Makroglossie der Zunge, Schädigungen des Nervus laryngeus recurrens sowie Lähmungen der Stimmbänder. Auch wenn

dies nicht für einzelne Fälle nachgewiesen wurde, sind diese Komplikationen höchstwahrscheinlich Ergebnis einer Fehlplatzierung und/oder eines zu hohen Cuff-Drucks mit einer daraus resultierenden Kompression von Nerven und/oder Blutgefäßen. Eine Fehlplatzierung des Cuffs ist in der Regel die Folge einer falschen Einführtechnik oder einer zu geringen Narkosetiefe sowie eines übermäßigen Cuff-Drucks wegen einer zu starken Befüllung nach der Einführung, einer ungeeigneten Größenauswahl oder der Diffusion von Lachgas in den Silikoncuff. Die Folgen eines falsch platzierten bzw. übermäßig befüllten Cuffs treten in der Regel nach längeren Operationen auf. Wenn die LMA™ ordnungsgemäß eingeführt und befüllt und der Druck im Cuff bei den empfohlenen 60 cm H₂O gehalten wird, spielt die Dauer des Eingriffs keine Rolle.

¹ Brimacombe JR, Laryngeal Mask Anaesthesia. Principles and Practice, Saunders 2004.

7. GRÖßENAUSWAHL

Verwenden Sie für Erwachsene normaler Größe zunächst Größe 4. Führen Sie das Gerät ein, fixieren Sie es, und befüllen Sie den Cuff bis zum empfohlenen Druck. Zwischen dem Fixiersteg und der Oberlippe des Patienten muss ein Freiraum von mindestens 1 cm sein. Wenn der Steg auf die Lippe drückt oder der Abstand zu klein ist, müssen Sie stattdessen die Größe 5 verwenden, um zu vermeiden, dass (a) die Abdichtung zum Ösophagus beeinträchtigt wird und (b) die Lippe des Patienten verletzt wird. Wenn der Fixiersteg nach der Fixierung mehr als 2,5 cm von der Oberlippe entfernt ist, sollten Sie das Produkt der Größe 3 verwenden. Die Entscheidung, ob eine kleinere Größe verwendet werden soll, richtet sich nach der Qualität des Atemwegs, der Stabilität des Produkts und dem erreichten Abdichtungsdruck.

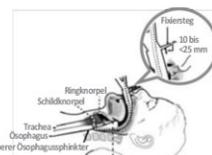


Abbildung 2: Größenbestimmung für die LMA Supreme™



Abbildung 3: Größenbestimmung für die LMA Supreme™ (Methode 2)

Die oben beschriebene Methode zur Größenbestimmung setzt voraus, dass alle drei Erwachsenengrößen der LMA Supreme™ vor der Verabreichung des Narkosemittels zur Verfügung stehen.

Bei Patienten, die entweder kleiner oder größer als die Normalgröße sind, lässt sich oft ein zufrieden stellendes Ergebnis mit dem Produkt der Größe 4 erzielen, sofern der empfohlene Cuff-Druck von 60 cm H₂O eingehalten wird. Bei kleineren Patienten wird dieser Druck mit relativ wenig Luftvolumen erreicht. Bei größeren Patienten muss der Cuff mit mehr Luft befüllt werden. Sie können aber im Zweifelsfall ungefahr abschätzen, welche Größe geeignet ist, indem Sie jedes Produkt in der in Abbildung 3 dargestellten Position an die Seite des Kopfes halten.

8. FUNKTIONSTESTS VOR GEBRAUCH

Die folgenden Überprüfungen und Tests müssen vor der Verwendung des Produkts durchgeführt werden. Die Funktionstests müssen in Übereinstimmung mit gängigen medizinischen Methoden erfolgen, um das Risiko einer Kontamination vor dem Einführen der LMA Supreme™ auf ein Minimum zu reduzieren.

Warnhinweis: Entspricht das Produkt im Hinblick auf eine Überprüfung/einen Test nicht den Anforderungen, darf es nicht verwendet werden.

- Untersuchen Sie die Oberfläche der LMA Supreme™ und des Drainagekanals auf Schäden, wie z. B. Risse, Kratzer, Schnitte oder Knickstellen.
- Überprüfen Sie das Innere des Beatmungstubsus und des Drainagekanals, um sicherzustellen, dass keine Knickstellen, Blockaden oder lose Partikel vorhanden sind. Alle evtl. vorhandenen Partikel müssen entfernt werden. Verwenden Sie das Produkt nicht, wenn die Blockade oder Partikel nicht entfernt werden können.
- Entleeren Sie den Cuff vollständig. Prüfen Sie den Cuff nach dem Entleeren auf ein selbstständiges Befüllen. Befüllen Sie den Cuff von allein, darf das Produkt nicht verwendet werden.

9. ENTLÜFTEN DES PRODUKTS VOR DER EINFÜHRUNG

- Stecken Sie eine Spritze von mindestens 50 ml fest auf die Befüllungsöffnung, und halten Sie danach die Spritze und die LMA Supreme™ genau wie in Abbildung 4 dargestellt. Bewegen Sie die Spritze vom Produkt fort, bis der Befüllungs- und Entleerungs-Schlauch leicht gespannt ist (siehe Abbildung). Drücken Sie das distale Ende des Produkts mit Zeigefinger und Daumen zusammen, und saugen Sie gleichzeitig die Luft heraus, bis ein Vakuum entstanden ist.
- Halten Sie das Produkt während des Entlüftens so, dass sich das distale Ende wie in Abbildung 4 dargestellt ein wenig nach vorne krümmt.
- Saugen Sie die Luft heraus, bis Sie an der Zugspannung der Spritze erkennen, dass ein Vakuum in der Maske entstanden ist. Halten Sie die Spritze weiterhin unter Spannung, und ziehen Sie sie schnell aus der Befüllungsöffnung heraus. Dadurch wird sichergestellt, dass die Maske ordnungsgemäß entlüftet bleibt (siehe Abbildung 5).



Abbildung 4: Entlüften der LMA Supreme™



Abbildung 5: Nachdem der Cuff durch die Entlüftung eine Keilform angenommen hat, die Spritze abziehen

10. EINFÜHRUNG

- Bringen Sie unmittelbar vor dem Einführen auf der hinteren Seite der Maske und des Beatmungstubes Gleitmittel auf.
- Stellen Sie sich hinter oder neben den Kopf des Patienten.
- Bringen Sie den Kopf in die neutrale oder „Schnüffelposition“ (Kopfstreckung + Halskrümmung).
- Halten Sie das Produkt genau wie in Abbildung 6 gezeigt.
- Drücken Sie die Maskenspitze gegen die Innenseite der oberen Schneidezähne oder gegen den Gaumen.
- Schieben Sie die Spitze leicht diagonal nach innen (bewegen Sie die Spitze von der Mittellinie weg).
- Schieben Sie die Spitze weiter hinein, und bewegen Sie die Hand dabei kreisförmig, damit das Produkt der Wölbung hinter der Zunge folgt.
- Wenn die Maskenspitze den Ösophagusphinkter erreicht hat, muss ein Widerstand zu spüren sein. Das Produkt ist dann vollständig eingeführt.



Abbildung 6: Drücken Sie die Maskenspitze gegen den harten Gaumen.



Abbildung 7: Schieben Sie den Cuff unter Beibehaltung des Drucks auf den Gaumen weiter hinein.



Abbildung 8: Führen Sie das Produkt mit einer kreisförmigen Bewegung und anhaltendem Druck auf harten und weichen Gaumen weiter.



Abbildung 9: Schieben Sie das Produkt weiter in den Hypopharynx, bis ein Widerstand spürbar ist.

11. FIXIERUNG

- Befestigen Sie die LMA Supreme™ wie folgt mit Pflaster am Gesicht des Patienten:
- Halten Sie einen Pflasterstreifen von 30 bis 40 cm Länge waagrecht an beiden Enden.
- Legen Sie den Pflasterstreifen gestrafft quer über den Fixiersteg, und drücken Sie ihn von innen nach außen fest. Die Enden des Streifens müssen an den Wangen des Patienten befestigt sein, und das Produkt muss ein wenig nach innen gedrückt werden.
- Wickeln Sie das Pflaster nicht um das proximale Ende des Produkts.
- Verwenden Sie keinen Guedeltubus, da das Produkt über einen integrierten Beißschutz verfügt.



Abbildung 10a



Abbildung 10b

Abbildung 10: Fixieren Sie die Maske mit Pflaster. Kleben Sie den gestrafften Pflasterstreifen (siehe Abbildung 10a) mittig quer über den Steg, und drücken Sie das Pflaster auf beiden Seiten des Stegs nach unten (siehe Abbildung 10b).

12. BEFÜLLUNG

Befüllen Sie den Cuff mit Luft, bis der gewünschte Druck erreicht ist. Der empfohlene Cuff-Innendruck darf 60 cm H₂O nicht überschreiten. Falls kein Druckmesser verfügbar ist, befüllen Sie den Cuff nur mit so viel Luft, wie erforderlich ist, um eine ausreichende Abdichtung für eine leckagefreie Beatmung zu erreichen.

Maskengröße	Gewicht des Patienten	Maximale Magensondengröße	Empfohlenes maximales Füllvolumen	Optimaler Cuff-Innendruck
1	< 5 kg	6 Fr	5 ml	60 cm H ₂ O
1,5	5 bis 10 kg	6 Fr	8 ml	
2	10 bis 20 kg	10 Fr	12 ml	
2,5	20 bis 30 kg	10 Fr	20 ml	
3	30 bis 50 kg	14 Fr	30 ml	
4	50 bis 70 kg	14 Fr	45 ml	
5	70 bis 100 kg	14 Fr	45 ml	

Abbildung 1: Auswahlkriterien für LMA Supreme™

13. RICHTIGE PLATZIERUNG

Bei richtiger Platzierung sollte eine leckagefreie Abdichtung gegen die Glottis erreicht werden und die Maskenspitze am oberen Ösophagusphinkter zu liegen kommen. Der integrierte Beißblock muss sich zwischen den Zähnen befinden.

Bringen Sie zur einfachen Überprüfung der korrekten Platzierung der Maske einen kleinen Bolus (1 bis 2 ml) eines wasserlöslichen Gleitmittels geeigneter Viskosität in das proximale Ende des Drainagekanals ein. Wenn die Maske richtig platziert ist, muss eine leichte Auf- und Ab-Bewegung der Flüssigkeit bei Druck und Entlastung der suprasternalen Kerbe zu sehen sein. Daran ist zu erkennen, dass das distale Ende des Drainagekanals richtig platziert ist und den Ösophagusphinkter dicht umschließt (auch „Suprasternal Notch Test“ genannt). Eine ähnliche Bewegung ist auch zu sehen, wenn ein leichter manueller Überdruck über das Gerät in den Atemweg eingebracht wird.

14. MAGENDRAINAGE

Der Drainagekanal ermöglicht das Ablassen von Flüssigkeiten und Gasen aus dem Magen. Zur Drainage kann während der Narkose jederzeit eine Magensonde durch den Drainagekanal in den Magen eingebracht werden. Die maximalen Magensondengrößen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Magensonde muss sorgfältig mit Gleitmittel präpariert und dann langsam und vorsichtig eingeführt werden. Beginnen Sie erst mit dem Absaugen, wenn sich die Magensonde im Magen befindet. Das Absaugen darf nicht direkt am Ende des Drainagekanals erfolgen, da dies zu einem Kollabieren des Kanals führen und unter Umständen den oberen Ösophagusphinkter verletzen könnte.

15. AUFRICHTERHALTUNG DER NARKOSE

Die LMA Supreme™ wird von spontan atmenden Patienten unter Anwendung von volatilen oder intravenösen Anästhetika gut vertragen, sofern die Narkosetiefe für den chirurgischen Eingriff ausreicht und der Cuff nicht mit zu viel Luft befüllt ist.

Während der Überdruckbeatmung mit der LMA Supreme™ sollte das Atemzugvolumen 8 ml/kg nicht übersteigen und der inspiratorische Spitzendruck sollte unterhalb des maximalen Atemweg-Abdichtungsdrucks gehalten werden.

Wenn während der Überdruckbeatmung eine Leckage auftritt, kann dies an einem durch eine zu geringe Narkosetiefe verursachten Glottisverschluss, an einer starken Reduzierung der Lungencompliance im Zusammenhang mit dem Eingriff bzw. mit Patientenfaktoren oder an einer Dislokation des Cuffs durch Drehen des Kopfes oder durch Zugkräfte bei einer nicht ausreichend fixierten Maske liegen.

16. ENTFERNUNG DER MASKE

Die Maske darf nur von geschultem Personal entfernt werden. Auch wenn die Maske nicht im Operationssaal entfernt wird, ist sie durch ihre geringe Invasivität ideal dazu geeignet, die Atmung während der Aufwachphase im Aufwachraum aufrechtzuerhalten, sofern entsprechend geschultes Personal und die benötigten Geräte vorhanden sind. Da es beim Aufwachen zu einer Erhöhung des pharyngealen Tonus kommt, kann das Luftvolumen im Cuff verringert werden, bevor der Patient in den Aufwachraum verlegt wird. Der Cuff darf zu diesem Zeitpunkt aber nicht vollständig entleert werden.

Sie dürfen den Cuff erst vollständig entleeren und die Maske entfernen, wenn der Patient auf Aufforderung den Mund öffnen kann. Wenn der Cuff VOLLSTÄNDIG entleert wird, bevor ein wirksamer Schluck- und Hustenreflex wiederhergestellt ist, können Sekrete aus dem oberen Pharynx in den Larynx gelangen und so Husten oder einen Laryngospasmus verursachen.

Der Patient muss während der gesamten Aufwachphase überwacht werden. Über das Narkosegerät oder ein am proximalen Ende des Beatmungstubes angeschlossenes T-Stück kann bei Bedarf ständig Sauerstoff zugeführt werden.

17. VERWENDUNG IN DER MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE (MRT)



Die MRT-Eignung der LMA Supreme™ wurde durch einen Kompatibilitätstest eingehend überprüft. Bevor Sie die LMA Supreme™ in einer MRT-Umgebung verwenden, vergleichen Sie unbedingt die beschriebenen Geräte- und Testbedingungen mit den in der klinischen Umgebung vorliegenden Bedingungen. Einzelheiten zu den Testergebnissen der Produkte in der MRT-Umgebung sind nachstehend aufgeführt.

Die LMA Supreme™ ist für die Verwendung in einer MRT-Umgebung geeignet. In einem nicht klinischen Test wurde festgestellt, dass die LMA Supreme™ MR-geeignet ist. Ein Patient kann unmittelbar nach der Platzierung dieses Produkts unter den folgenden Bedingungen sicher gescannt werden:

- Statisches Magnetfeld
- Maximales statisches Magnetfeld: 3 Tesla
- Maximales Raumgradient-Magnetfeld: 720 Gauss/cm

MRT-bezogener Temperaturanstieg

In der nicht klinischen Testumgebung führte die LMA Supreme™ während des 15-minütigen MRT-Scans (pro Impulsfolge) im 3-Tesla-MRT-System (3 Tesla/128 MHz, Excite, HDx, Software 14x.M5, General Electric Healthcare, Milwaukee, WI) zu folgendem Temperaturanstieg:

Maximale Temperaturänderung: +1,6 °C

Bei der Überprüfung des MRT-bezogenen Temperaturanstiegs durch die LMA Supreme™ bei 3 Tesla in einem MRT-System mit einer HF-Körperspule (Empfangs-/Sendespule) haben sich eine mittlere Ganzkörper-SAR von 2,9 W/kg (bei einer gemessenen mittleren Ganzkörper-SAR von 2,7 W/kg) und ein Temperaturanstieg von maximal 1,6 °C unter den beschriebenen Bedingungen ergeben.

Artefaktinformationen

Die Bildqualität des MRT-Systems kann sich verschlechtern, wenn der relevante Bereich absolut oder relativ genau mit der Position der LMA Supreme™ übereinstimmt. Daher müssen möglicherweise die Bildgebungsparameter des MRT-Systems angepasst werden, damit keine Artefakte durch das Produkt entstehen.

Impulsfolge	T1-SE	T1-SE	GRE	GRE
Größe der Signalauslöschung	5,481 mm ³	3,400 mm ³	12,343 mm ³	7,394 mm ³
Ebenenausrichtung	Parallel	Senkrecht	Parallel	Senkrecht

18. SYMBOLDEFINITIONEN

	Hersteller
	Autorisierter Vertreter in der Europäischen Gemeinschaft
	Nähere Informationen zu IFU: www.LMACO.com
	Aufhebungsvolumen
	Gewicht des Patienten
	Vor Gebrauch Anweisungen lesen
	Nicht aus Naturkautschuklatex hergestellt
	Zerbrechlich, vorsichtig behandeln
	Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden
	Vor Nase schützen
	So hinstellen
	Produktcod
	Produktchargennummer
	CE-Zeichen
	Nicht wiederverwenden
	„PHthalate ENthalten ODER VORHanden“: Di(2-Ethylhexyl)phthalat (DEHP)
	Mit Ethylenoxid sterilisiert
	Zu verwenden bis
	Inhalt bei beschädigter Verpackung nicht verwenden

Copyright © 2013 Teleflex Incorporated

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Dokument darf ohne Genehmigung des Herausgebers weder vervielfältigt noch in einem Datenabfragesystem gespeichert bzw. in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise (elektrisch, mechanisch, Photokopie, Aufzeichnung usw.) übertragen werden.

LMA, LMA Better by Design und LMA Supreme sind Marken oder eingetragene Marken von Teleflex Incorporated oder seinen verbundenen Unternehmen. Die Marke LMA Supreme™ ist durch verschiedene erteilte und laufende Patente geschützt.

Die Informationen in diesem Dokument entsprechen dem Zeitpunkt der Drucklegung. Der Hersteller behält sich vor, die Produkte jederzeit ohne Vorankündigung zu verbessern oder zu verändern.

Lesen Sie unbedingt die Abschnitte mit den Anwendungsgebieten, Kontraindikationen, Warnhinweisen und Vorsichtsmaßnahmen sowie die Informationen dazu, welche LMA™-Produkte am besten für die verschiedenen klinischen Anwendungen geeignet sind.

Herstellergewährleistung:

Die LMA Supreme™ ist für die Verwendung mit einem einzigen Patienten konzipiert. Es wird gewährleistet, dass das Produkt zum Zeitpunkt der Auslieferung frei von Herstellungsmängeln ist.

Die Gewährleistung besteht nur dann, wenn das Produkt bei einem autorisierten Lieferanten gekauft wird. DIE LARYNGEAL MASK COMPANY LIMITED SCHLIESST JEGLICHE SONSTIGE AUSDRÜCKLICHE ODER KONKLUDENTE GEWÄHRLEISTUNG AUS, EINSCHLIESSLICH, JEDOCH NICHT BESCHRÄNKT AUF DIE STILLSCHWEIGENDE GEWÄHRLEISTUNG DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER DER HANDELSÜBLICHEN QUALITÄT.

Achtung: In den USA darf dieses Produktes nach geltendem Recht nur an einen Arzt oder auf Verordnung durch einen Arzt verkauft werden.

EC REP

Teleflex Medical
IDA Business and Technology Park
Dublin Road, Athlone
Co Westmeath, Ireland

Kontaktinformationen für die USA:

Teleflex Medical
2917 Weck Drive, Research Triangle Park, NC 27709 USA
International: (919)544-8000
USA: (866) 246-6990



The Laryngeal Mask Company Limited
Le Rocher, Victoria, Mahé, Seychelles
www.LMACO.com



Ausgabe: PAJ-2103-000 Rev H DE

7.8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Larynxmaske Supreme™	7
Abbildung 2: Größenbestimmung für die Larynxmaske Supreme™	8
Abbildung 3: Zeitstrahl über den Ablauf der Datenerfassung	13
Abbildung 4: Verlauf der Vitalparameter	17
Abbildung 5: Verlauf der dynamischen Compliance (DC) und der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Konzentration (EtCO ₂).....	19
Abbildung 6: Verlauf des Atemzugvolumens	20
Abbildung 7: Verlauf der Luftmenge (LM) im Magen	21
Abbildung 8: Einteilung der Körpergewichtsgruppen	22
Abbildung 9: Verlauf der dynamischen Compliance (DC) und der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Konzentration (EtCO ₂) der Körpergewichtsgruppe (2)	25
Abbildung 10: Verlauf des Atemzugvolumens der Körpergewichtsgruppe (2)	26
Abbildung 11: Verlauf der Luftmenge (LM) im Magen der Körpergewichtsgruppe (2)	27
Abbildung 12: Verlauf der dynamischen Compliance (DC) und der endexpiratorischen Kohlenstoffdioxid-Konzentration (EtCO ₂) der Körpergewichtsgruppe (2,5)	29
Abbildung 13: Verlauf der Luftmenge (LM) im Magen der Körpergewichtsgruppe (2,5)	30

7.9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auswahlkriterien für die Larynxmaske Supreme™.....	10
Tabelle 2: Einteilung der Körpergewichtsgruppen	15
Tabelle 3: Verlauf der Beatmungsparameter	18
Tabelle 4: Verlauf der Luftmenge im Magen	21
Tabelle 5: Verlauf der Beatmungsparameter der Körpergewichtsgruppe (2).....	24
Tabelle 6: Verlauf der Luftmenge im Magen der Körpergewichtsgruppe (2).....	27
Tabelle 7: Verlauf der Beatmungsparameter der Körpergewichtsgruppe (2,5).....	28
Tabelle 8: Verlauf der Luftmenge im Magen der Körpergewichtsgruppe (2,5).....	29

8 LEBENS LAUF

PERSONALIEN

Name und Vorname: Schätzle, Elisabeth Barbara
Geburtsdatum: 28.10.1988
Geburtsort: Freiburg im Breisgau
Familienstand: verheiratet
Vater: Schätzle, Thomas Julius
Mutter: Schätzle, Friederike Maria, geborene Hollerbach

SCHULISCHER WERDEGANG

1995 – 1999 Eugen-Biser-Grundschule, Vogtsburg im Kaiserstuhl
1999 – 2003 Martin-Schongauer-Gymnasium, Breisach
2003 – 2008 Sankt Ursula Gymnasium, Freiburg im Breisgau
24.06.2008 Allgemeine Hochschulreife

UNIVERSITÄRER WERDEGANG

Wintersemester 2008/2009 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der medizinischen Fakultät Mannheim der Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg
07.09.2010 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M1)
2010 – 2014 Hauptstudium
2013 – 2014 Praktisches Jahr im Universitätsklinikum Mannheim und Centre Hospitalier du Kirchberg, Luxemburg
02.12.2014 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M2)

BERUFLICHER WERDEGANG

02.2015 – 12.2016 Assistenzärztin, Innere Medizin / Kardiologie und Angiologie
Universitäts-Herzzentrum Freiburg-Bad Krozingen
Seit 01.01.2017 Assistenzärztin, Innere Medizin
Kreiskrankenhaus Emmendingen

9 DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. med. Christian Hofstetter danke ich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und die anfängliche Betreuung als Doktorvater.

Priv.-Doz. Dr. med. Tim Viergutz bin ich für die Übernahme der Doktorvaterschaft unendlich dankbar. Er hat die Beendigung der Arbeit überhaupt erst ermöglicht.

Besonders danken möchte ich Herrn Dr. med. Marius Contzen für seine Betreuung und immerwährende Motivation weiterzumachen.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an Frau Prof. Dr. sc. hum. habil. und Diplom Mathematikerin Christel Weiß für die große und immer schnelle Hilfe bei der statistischen Auswertung der vielen erfassten Daten.

Ein weiterer Dank geht an die deutsche Niederlassung der Firma Teleflex Medical GmbH für die Erlaubnis zur Verwendung der Abbildungen und deren Bereitstellung.

Ganz besonders möchte ich meinen Eltern danken, die mir überhaupt diesen Lebensweg ermöglicht haben und ich nun diese Arbeit in den Händen halten darf.

Ein großer Motivator und Unterstützer war und ist mein Mann Nicolay. Für alles einfach herzlichen Dank!

An dieser Stelle möchte ich auch meinen lieben Hollix für Ihre Sorge um mein physisches und psychisches Wohl danken. Ein herzlicher Dank geht ebenfalls an meine beiden Schwestern Franziska und Patrizia, an meine Großeltern und an die gesamte Großfamilie, die meinen Weg mit großem Interesse verfolgt und unterstützt haben.

Meinen Korrekturlesern danke ich ebenfalls ganz herzlich, insbesondere gilt dies für meinen Großvater Alexander Hollerbach.