

**Aus der Universitätsklinik für Anaesthesiologie und
Transfusionsmedizin Tübingen**

Abteilung Anaesthesiologie und Intensivmedizin

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. K. Unertl

**Klinischer Vergleich: Larynxmaske (LMA) und
Cuffed Oropharyngeal Airway (COPA™) unter
intermittierender positiver Druckbeatmung**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von
Markus Johannes Gröger
aus
Nürtingen

2004

Dekan: Professor Dr. C. D. Claussen

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. H. Guggenberger

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. U. Bissinger

Für meine Eltern

INHALT:

1. EINLEITUNG.....	1
1.1. Einführung	1
1.2. Ziele der Arbeit.....	6
2. MATERIAL UND METHODEN.....	7
2.1. Material	7
2.1.1. Patienten	7
2.1.2. Anaesthesisten	7
2.1.3. Beatmungsgerät	7
2.1.4. Monitoring.....	7
2.1.5. Fiberoptik	7
2.1.6. Beatmungsmasken.....	8
2.1.6.1. LMA	8
2.1.6.2. COPA™	8
2.2. Methoden.....	8
2.2.1. Ein- und Ausschlußkriterien für die Auswahl der Patienten.....	8
2.2.2. Studienzeitraum.....	9
2.2.3. Kalibration des Beatmungsgerätes	9
2.2.4. Narkose.....	9
2.2.5. Einführtechniken der Masken	10
2.2.6. Beatmung der Patienten.....	10
2.2.7. Definition der adäquaten Beatmung.....	11
2.2.8. Korrekturmaßnahmen bis zum Erreichen einer adäquaten Beatmung....	11
2.2.9. Fiberoptische Lagekontrolle von LMA und COPA™.....	12
2.2.9.1. Beurteilung der Lage des Tubusendes zur Stimmbandebene	12

2.2.9.2. Lage der Epiglottis zum Tubusende.....	12
2.2.9.3. Abstand des Tubusendes zur Stimmbandebene	12
2.2.10. Auswirkung der Überdruckbeatmung auf den oberen Oesophagus- sphinkter bei Beatmung mit COPA™	13
2.2.11. Untersuchung der Dichtigkeit der LMA und von COPA™ bei ver- schiedenem Druckeinstellungen durch Messung der Tidalvolumina ...	13
2.2.12. Akustische Kontrolle der Maskenlage	14
2.2.13. Erfassung der Komplikationen während der Maskennarkose.....	14
2.2.14. Erfassung von Problemen während der Ausleitung und postoperative Befindlichkeit	14
2.3. Statistik.....	15
3. ERGEBNISSE.....	17
3.1. Patienten	17
3.1.1. Geschlechterverteilung und Art des operativen Eingriffs	17
3.1.2. Altersverteilung, Körpergröße, Körpergewicht und ASA-Bewertung ...	18
3.1.3. Reihenfolge der Maskeneinführung	18
3.2. Erforderliche Maßnahmen zur Lageoptimierung.....	19
3.2.1. Art der durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung von COPA™	19
3.2.2. Anzahl der pro Patient durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung von COPA™	20
3.2.3. Art der durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung der LMA.....	21
3.2.4. Anzahl der pro Patient durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung der LMA	22
3.2.5. Gegenüberstellung der Art der zur Platzierung von COPA™ und LMA vorgenommenen Manipulationen.....	23
3.2.6. Anzahl der zur Platzierung von COPA™ und LMA durchgeführten Maßnahmen	25

3.2.7. Einfluß der Tubusgröße auf die Anzahl der Maßnahmen	26
3.3. Fiberoptische Untersuchung.....	27
3.3.1. Lage des Tubusendes zur Stimmbandebene.....	27
3.3.2. Lage der Epiglottis zur Tubusöffnung	28
3.3.3. Abstand des Tubusendes von der Stimmbandebene	30
3.3.3.1. COPA™	30
3.3.3.2. LMA	30
3.4. Fiberoptische Untersuchung der Auswirkung verschiedener Beatmungsdrücke auf den oberen Oesophagussphinkter bei Verwendung von COPA™.....	31
3.4.1. Endoskopischer Befund und Auftreten von Beatmungsgeräuschen im Magenbereich	33
3.5. Dichtigkeitsmessung bei COPA™ und LMA	34
3.5.1. Vergleich der Inspirationsvolumina bei verschiedenen Beatmungs- drücken	34
3.5.2. Vergleich der Expirationsvolumina bei verschiedenen Druck- einstellungen.....	35
3.5.3. Vergleich der Leckagevolumina	36
3.5.4. Geräusche im Rachen- und Magenbereich.....	38
3.5.4.1 Geräusche im Rachenbereich.....	38
3.5.4.2 Geräusche im epigastrischen Bereich als Zeichen der Magen- insufflation.....	39
3.6. Probleme, intraoperativ und postoperativ	40
3.6.1. Intraoperative Komplikationen.....	41
3.6.2. Schwierigkeiten in der Ausleitungsphase und postoperative Befind- lichkeit	41
3.6.2.1. Postoperative Befindlichkeit der Patienten	41
3.6.2.2. Verletzungen:	41

4. DISKUSSION	43
4.1 Bemerkungen zur Einführtechnik	43
4.2. Lernkurve.....	44
4.3. Korrekturmaßnahmen.....	45
4.3.1. Differenzierung nach Maskengrößen	47
4.4. Fiberoptische Untersuchung.....	49
4.4.1. Vergleich der Lage der Masken zur Stimmbandebene	49
4.4.2. Untersuchung der Lage der Epiglottis zur Tubusöffnung.....	51
4.4.3. Fiberoptische Untersuchung des oberen Oesophagusphinkters und Vergleich der Mageninsufflationen bei verschiedenen Beatmungsdrücken.	52
4.5. Atemvolumina und Leckagen.....	56
4.5.1. Problematik der Messung des Inspirations- und Expirationsvolumens mit zwei verschiedenen Flußmessern.....	56
4.5.2. Vergleich der bei verschiedenen Beatmungsdrücken erzielten Inspirationsvolumina	57
4.5.3. Vergleich der bei verschiedenen Beatmungsdrücken erzielten Expirationsvolumina.....	57
4.5.4. Vergleich der aufgetretenen Leckagen.....	58
4.5.5. Rachengeräusche und Leckage	60
4.6. Komplikationen	61
4.7. Schlußfolgerung	62
5. ZUSAMMENFASSUNG.....	64
6. TABELLEN- UND ABBILDUNGEN	65
6.1. Tabellen	65

6.2. Abbildungen	65
7. LITERATURVERZEICHNIS	67
8. LEBENSLAUF	76

1. EINLEITUNG

1.1. Einführung

Grundsätzlich stehen in der Anaesthesie zwei Arten der Sicherung der Atemwege zur Verfügung: Maskenbeatmung und endotracheale Intubation. Bei den meisten Vollnarkosen bedingt die Art des chirurgischen Eingriffs den Einsatz des Endotrachealtubus, dessen Verwendung ein sicheres, jedoch invasives Verfahren mit einem relativ hohen Potential an unerwünschten Begleiterscheinungen darstellt. Der Endotrachealtubus wird unter Sicht direkt in die Trachea eingeführt und dichtet die Luftröhre mittels eines mit Luft befüllbaren Ballons ab. Dadurch ist der Patient vor Aspiration geschützt und ein kontinuierlicher Atemwegszugang gegeben. Der aufgeblasene Ballon übt jedoch einen höheren Druck auf die Trachealwand aus, wodurch deren kapillärer Blutfluß leicht unterbrochen werden kann (Joh et al., 1987). Außerdem besteht bei endotrachealer Intubation die Gefahr von Halsschmerzen und Heiserkeit durch Verletzung der Stimmbänder (Jones et al., 1992), von Verletzungen der Rachenschleimhaut (Kambic und Radsel, 1978) sowie Beschädigungen der Zähne.

Das Einführen des Tubus in die Luftröhre wird in den meisten Fällen erst durch Verwendung von Muskelrelaxantien ermöglicht, die durch Muskellähmung ein Erschlaffen der Kehlkopfmuskulatur und damit auch der Stimmbänder bewirken. Gleichzeitig können bei Verwendung von Muskelrelaxantien Nebenwirkungen wie Blutdruckabfall, Tachykardie, Vasodilatation und Muskelschmerzen auftreten (Hunter, J.M., 1995).

Bei bestimmten Operationen, wie z.B. kleinen urologischen Eingriffen, kann jedoch auf die Gabe von Muskelrelaxantien verzichtet und eine Narkose bei erhaltener Spontanatmung durchgeführt werden. Bis 1991 war dabei die Beatmung über die Gesichtsmaske die in Deutschland übliche Vorgehensweise. Als nachteilig erwiesen sich hierbei der fehlende Aspirationsschutz und die Gefahr der Mageninsufflation, die das Regurgitationsrisiko erhöht. Hinderlich ist weiterhin,

daß die Maske ständig festgehalten werden muß, so daß die Bewegungsfreiheit und der Aktionsradius des Anaesthesisten stark eingeschränkt sind. Zudem besteht die Gefahr, daß die durch den sinkenden Muskeltonus zurückfallende Zunge den Atemweg verlegt. Um dem entgegenzuwirken, kann bei der Maskenbeatmung zusätzlich ein Guedel-Tubus eingebracht werden, der aber keinen hundertprozentigen Erfolg garantiert. Außerdem setzt die Verwendung des Guedel-Tubus eine tiefere Narkose voraus, um den Würgereflex zu unterdrücken.

1981 wurde von Brain in London die Larynxmaske, engl. Laryngeal Mask Air-



Abbildung 1: Larynxmaske (LMA)

way (LMA; siehe Abb. 1), entwickelt und 1983 erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Brain fertigte Gipsabdrücke des pharyngealen Raums bei Leichen an und konstruierte danach eine der Anatomie des Pharynx angepaßte Maske, die direkt in den Pharynx einge-

führt werden kann (Brain, A.I.J., 1983). Die LMA besteht aus zwei Teilen, dem Tubus und der eigentlichen Maske. Der Tubus ist am aboralen Ende schräg abgeschnitten und am ovalen Mittelstück der Maske befestigt. Eine Art Gummigitter am Tubusende soll verhindern, daß die Epiglottis das Lumen verlegt (Brain, 1991). Um das Mittelstück der Maske befindet sich ein aufblasbarer Gummiwulst, der sich durch Einfüllen von Luft ausdehnt, dem Rachenraum anpaßt und ihn abdichtet. Das andere Ende des Tubus wird an den Respirator angeschlossen.

Die LMA besetzt eine Nische zwischen Endotrachealtubus und Gesichtsmaske, da sie viele Vorteile beider Systeme auf sich vereint. Ein Vorteil dieser Maske liegt darin, daß die Stimmritzen weder sichtbar gemacht, noch passiert werden müssen. Zudem ist eine Verlegung des Luftwegs durch die Zunge bei

nachlassendem Muskeltonus ausgeschlossen. Verglichen mit dem Endotrachealtubus wird die LMA auch bei leichteren Narkosemittelkonzentrationen toleriert (Wilkins et al., 1992). Außerdem kann bei ausreichender Narkosetiefe auf die Verwendung von Muskelrelaxantien verzichtet werden (Brain, 1983). Eine Studie bei Kindern belegt, daß postoperative Komplikationen wie Erbrechen, Übelkeit, Halsschmerzen, Heiserkeit oder Sprechschwierigkeiten bei Verwendung der LMA im Vergleich zum Endotrachealtubus seltener auftreten (Klockgether-Radke et al., 1996). Verglichen mit der Gesichtsmaske ist die Inzidenz von Halsschmerzen bei Einsatz der LMA jedoch höher (Dingley et al., 1994). Gegenüber der Beatmung mit der Gesichtsmaske besteht ein Vorteil darin, daß die LMA im Mund fixiert ist und der Anaesthesist während des Eingriffs beide Hände frei hat (Brain et al., 1985). Selbst bei Ventilation durch weniger Erfahrene ermöglicht die LMA eine sicherere Beatmung als die Gesichtsmaske (Alexander et al., 1993, Martin et al., 1993). Dabei weist die LMA geringere Mageninsufflationsraten als die Gesichtsmaske auf und ermöglicht die Verabreichung größerer Tidalvolumina (Doerges et al., 1999). Die LMA weist geringere Leckagen auf als die Gesichtsmaske. Im Vergleich zum Endotrachealtubus zeigt die LMA keine signifikanten Unterschiede in der Abdichtung. Durch diese hohe Dichtigkeit ist der Anteil von in den Operationssaal ausströmenden Narkosegasen und der damit verbundenen Belastung des Personals gering (Cameron et al., 1996).

Der größte Nachteil der LMA ist der fehlende Aspirationsschutz. Da die LMA den Respirationstrakt nicht vom Verdauungstrakt trennt, ist ein Schutz vor der Aspiration von Mageninhalt ebensowenig gegeben wie bei der konventionellen Maskenbeatmung. Seit Einführung der LMA wurden mehrere Fälle von Aspiration beschrieben (Koehli, 1991, Nanji und Maltby, 1992, Lussmann und Gerber, 1997). Brimacombe und Berry beziffern die Aspirationsinzidenz bei Verwendung der LMA auf zwei von 10 000 Fällen (Brimacombe und Berry, 1995). Eine Studie über den Einsatz der LMA während gynäkologischer Laparoskopien bezifferte das Risiko von Regurgitationen kleiner als 4,1 % und

stufte es damit als extrem niedrig ein (Bapat und Verghese, 1997). Bei Eingriffen im oberen Pharynxbereich schützt die LMA den Patienten davor, Sekrete zu aspirieren, die sich oberhalb der Maske angesammelt haben (John et al., 1991).

Seit 1991 ist die LMA in Deutschland zugelassen. Ihre Anwendung ist immer dann angezeigt, wenn auch eine Maskenbeatmung indiziert wäre, also bei Eingriffen ohne erhöhtes Aspirationsrisiko. Außerdem ist eine weiterentwickelte Version der LMA erhältlich (Intubating Laryngeal Mask Airway; ILMA), durch die ein Endotrachealtubus eingeführt werden kann. Mit dieser Maske sind blind durchgeführte endotracheale Intubationen bei schwer intubierbaren Patienten möglich (Leach und Alexander, 1991).

Die LMA kann sowohl unter Spontanatmung als auch unter intermittierender positiver Druckbeatmung (IPPV) eingesetzt werden, und zwar sowohl bei Erwachsenen (Maltby et al., 1990, Devitt et al., 1994) als auch bei Kindern (Gursoy et al., 1995). Während ein spontan atmender Patient durch die Atemmuskulatur das Thoraxvolumen erhöht und durch den dadurch entstehenden Unterdruck aktiv die Lungen ausdehnt, muß unter IPPV der Beatmungsdruck so hoch sein, daß dieser die Lungen dehnt und so den Gasaustausch ermöglicht. Folglich sind bei diesem Beatmungsmodus größere Widerstände zu überwinden und dadurch höhere Drücke nötig. Bei Verwendung der LMA besteht dabei die Gefahr der Mageninsufflation durch druckbedingtes Aufdehnen der Oesophagussphinkter. Einen weiteren Nachteil bilden Leckagen, die mit steigendem Beatmungsdruck zwischen Maske und Rachenwand auftreten (Brimacombe, 1997).

Die LMA ist inzwischen ein etabliertes Instrument in der Anaesthesie, ihre Sicherheit und Funktionalität wurde innerhalb ihrer Indikationen in verschiedenen Untersuchungen bestätigt (Lipp et al., 1991, Verghese et al., 1993, Verghese und Brimacombe, 1996). Die Einführung der Maskengröße 5 für Patienten über 90 kg im Jahre 1994 bildet eine sinnvolle Erweiterung des bis dahin bestehenden Angebots (Van Damme, 1994) und bietet in der ILMA-Form einen endotrachealen Intubationszugang bis zu einer Tubusgröße von 7,5 mm (Brimacombe und Berry, 1993 b).



Abb. 2: COPA™

1992 beschrieben Greenberg und Toung (Greenberg und Toung, 1992) erstmals einen Oropharyngealtubus mit Cuff, genannt COPA™ (Cuffed Oropharyngeal Airway; siehe Abb. 2). Dieser Tubus ist ein Einmalprodukt und hat die Form des konventionell in der Anaesthesie verwendeten Guedel-Tubus. Jener wurde dahingehend modifiziert, daß sich am Ende des Tubus ein aufblasbarer Ballon befindet, der bei Füllung den Rachenraum abdichtet und so ein der LMA vergleichbares Beatmungsverfahren ermöglicht. Bei idealer Lage verdrängt der Cuff der Maske die Zunge im proximalen Pharynx in aborale Richtung und bildet einen luftdichten Kontakt mit der Pharynxwand. Zusätzlich dehnt er den Pharynx so, daß sich die Epiglottis von der Larynxhinterwand abhebt. Dadurch soll ein freier Luftweg gesichert sein (Greenberg et al., 1998).

Zusätzlich wurde der Guedel-Tubus um eine Adaptationsvorrichtung ergänzt, mit der COPA™ an ein Beatmungsgerät angeschlossen werden kann. Da COPA™ ein relativ neues Produkt ist, waren die Untersuchungen dieser Maske zum Zeitpunkt der experimentellen Durchführung der vorliegenden Studie begrenzt. Kleinere Studien beschreiben, daß eine einfache und sichere Atemwegssicherung mit diesem Instrument möglich ist (Greenberg und Toung, 1992, Berry und Brimacombe, 1997). Eine Studie an 100 Patienten bestätigte den möglichen Gebrauch der Maske unter Spontanatmung (Asai et al., 1998). Eine neue Studie belegt, daß COPA™ auch unter intermittierender positiver Druckbeatmung eingesetzt werden kann (Van Vlymen et al., 1999).

Eine größere Vergleichsstudie zwischen COPA™ und LMA im Einsatz bei spontanatmenden, erwachsenen Patienten wurde im Frühjahr 1998 veröffentlicht (Greenberg et al., 1998). Diese Studie verglich die beiden Masken hinsichtlich Schwierigkeiten bei der Einführung, durchgeführten Maßnahmen bis zum Erreichen einer ausreichenden Beatmung, Komplikationen während und nach der Narkose und subjektiver Beurteilung der Masken durch die beteiligten

Anaesthesisten. Die vorliegende Studie vergleicht COPA™ und LMA an fünfzig Patienten unter intermittierender positiver Druckbeatmung. Das Verhalten der LMA bei IPPV ist bereits gut untersucht (Devitt et al., 1994; Gursoy et al., 1996; Bapat und Verghese, 1997; Brimacombe, 1997). Zu COPA™ lagen zum Zeitpunkt der Untersuchung nur wenige Studien vor.

1.2. Ziele der Arbeit

Vergleich der Handhabung der beiden Maskentypen hinsichtlich der bei COPA™ und LMA durchgeführten Maßnahmen bis zum Erreichen zufrieden-stellender Beatmungsbedingungen.

Prüfung eines möglichen positiven Einflusses der voluminöseren Maske hinsichtlich deren Handhabbarkeit bei erweiterter Indikation der LMA Größe 5 bereits für Patienten ab 70 kgKG und Vergleich mit der LMA der Größe 4.

Fiberoptische Bestimmung und Vergleich der von LMA und COPA™ eingenommenen Positionen im Larynxbereich.

Fiberoptische Untersuchung der Auswirkung verschiedener definierter Beatmungsdrücke auf den oberen Oesophagusphinkter, allerdings ausschließlich bei Beatmung mit COPA™ und nicht unter Einsatz der LMA, da dort der Oesophaguseingang nicht eingesehen werden kann.

Vergleich des Auftretens und Ausmaßes von Leckagen bei Beatmung mit LMA und COPA™ bei verschiedenen definierten Druckeinstellungen.

Vergleich des druckabhängigen Auftretens von Geräuschen im Rachenraum und im Magenbereich bei Beatmung mit COPA™ und der LMA.

Als das bessere Produkt ist dasjenige anzusehen, das bei einer möglichst geringen Anzahl von Manipulationen beim Einführen der Maske klinisch eine effiziente Beatmung bei möglichst geringer Leckage und Mageninsufflation ermöglicht.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Material

2.1.1. Patienten

An der Studie nahmen insgesamt 50 Patienten (44 Männer und sechs Frauen) der urologischen Abteilung der Universitätsklinik Tübingen teil.

2.1.2. Anaesthesisten

Die beiden an der Studie beteiligten Anaesthesisten hatten mit jeweils über 150 Einsätzen pro Maskentyp Erfahrung sowohl im Umgang mit der LMA, als auch mit COPA™.

2.1.3. Beatmungsgerät

Für die Beatmung und die Messungen der Inspirations- und Expirationsvolumina wurde der Narkoserespirator Servo 900C der Firma Siemens-Elema, Schweden, verwendet.

2.1.4. Monitoring

Für die perioperative Überwachung des EKG, der Kapnometrie, der Oxymetrie und der nichtinvasiven Blutdruckmessung wurden die entsprechenden Module des Monitoringsystems Merlin 68S der Firma Hewlett-Packard, Deutschland, benutzt.

2.1.5. Fiberoptik

Für die fiberoptische Untersuchung wurde das PNE II Bronchoskop FB-15X der Firma Pentax mit einem Durchmesser von 4,5 mm verwendet.

2.1.6. Beatmungsmasken

2.1.6.1. LMA (Laryngeal Mask Airway - Larynxmaske)

Für die Studie wurde die Larynxmaske (LMA) der Firma Intavent verwendet. Die Maskengrößen wurden so ausgewählt, daß die LMA der Größe 4 für Frauen und zusätzlich für Männer mit einem Körpergewicht unter 70 kg eingesetzt wurde. In einer erweiterten Indikation wurde die LMA der Größe 5 bereits für Patienten ab einem Körpergewicht von 70 kg verwendet. Aufgrund des Körpergewichts der teilnehmenden Patienten kamen keine kleineren Masken zum Einsatz.

2.1.6.2. COPA™ (Cuffed oropharyngeal Airway - Oropharyngealtubus mit Manschette)

Verwendet wurde der Cuffed oropharyngeal Airway (COPA™) der Firma Mallinckrodt Medical. Die Größenauswahl erfolgte durch Messen des Abstandes von den Lippen zum Kieferwinkel. Aufgrund dieses Kriteriums wurden in der vorliegenden Studie nur die Maskengrößen 10 und 11 verwendet.

2.2. Methoden

2.2.1. Ein- und Ausschlußkriterien für die Auswahl der Patienten

Die an der Studie teilnehmenden Patienten mußten älter als 18 Jahre und für eine Intubationsnarkose vorgesehen sein. Zudem durften sie kein erhöhtes Narkoserisiko aufweisen (ASA I-II). Beide Geschlechter waren zur Studie zugelassen.

Die Ausschlußkriterien beruhten größtenteils auf den für die LMA üblichen Kontraindikationen. Dies sind vor allem die Aspirationsgefahr erhöhende Zustände, wie Adipositas, Schwangerschaft, gastrooesophagealer Reflux, fehlende Nüchternheit, intraabdominelle Eingriffe und Ileussympomatiken. Außerdem wurden weder Patienten mit Atemwegsanomalien oder Atemwegserkrankungen noch mit feststehendem Zahnersatz zugelassen. Weitere Ausschlußkrite-

rien bildeten ein erhöhtes Narkoserisiko (ASA III-IV) und die Ablehnung der Teilnahme an der Studie durch die Patienten.

2.2.2. Studienzeitraum

Nach der Genehmigung durch die Ethikkommission der Universität Tübingen wurde die vorliegende Studie im Zeitraum von Januar bis Mai 1998 am Universitätsklinikum Tübingen durchgeführt.

2.2.3. Kalibration des Beatmungsgerätes

Zur Messung der in- und expiratorischen Atemzugvolumina wurde der Ventilator (Servo 900C, Siemens-Elema) vor jedem Arbeitstag neu kalibriert. Die Kalibration der Volumenmessung basierte auf dem Prinzip, daß das inspiratorisch abgegebene Atemminutenvolumen gleich dem expiratorisch gemessenen Atemminutenvolumen sein mußte. Zur Kalibration wurde, unter Berücksichtigung der Compliance des Schlauchsystems, ein Minutenvolumen von 10 l/min verwendet. Dieses Volumen liegt im Bereich der Beatmungsvolumina, die bei der vorliegenden Untersuchung häufig zur Anwendung kamen.

2.2.4. Narkose

Bei der vorliegenden Studie kam die totale intravenöse Anaesthesie (TIVA) zur Anwendung. Hierbei wird nach initialer Gabe eines Analgetikums und eines Hypnotikums als Bolus die Narkose durch kontinuierliche Gabe des Hypnotikums via Perfusor aufrechterhalten. Alle Untersuchungen wurden vor Beginn des operativen Eingriffs durchgeführt. Der Kopf des Patienten wurde auf einem kleinen Kissen mit darauf befindlichem Gummiring gelagert, wie es auch bei konventionellen Intubationsnarkosen üblich ist. Danach wurden die Patienten über eine Gesichtsmaske mit reinem Sauerstoff präoxygeniert. Anschließend wurde den Patienten Alfentanil (Rapifen®) über einen venösen Zugang verabreicht. Bei ersten Anzeichen der Wirkung des Analgetikums wurde das Hypnotikum Propofol (Disoprivan®) als Bolus appliziert. Danach wurde die Narkose durch

kontinuierliche Gabe von Propofol via Perfusor aufrechterhalten. Es wurden keine Muskelrelaxantien verabreicht. Nach Erlöschen des Lidreflexes als Hinweis auf eine ausreichende Narkosetiefe wurde die zuerst einzuführende Maske in den Rachenraum des Patienten eingebracht. Nach Abschluß der Messungen wurde diese Maske entfernt und die zweite zu untersuchende Maske eingeführt und für die Dauer des operativen Eingriffs belassen.

2.2.5. Einführtechniken der Masken

Beim Einführen der LMA wurde die "Bleistifttechnik" angewandt, bei der der Zeigefinger der führenden Hand auf dem Steg zwischen Cuff und Tubus plaziert wird, während die andere Hand den Kopf des Patienten rekliniert. Dann wird die Maske mit der Rückseite am harten Gaumen entlang- und mit dem Zeigefinger weiter vorgeschoben, bis ein weicher Widerstand, der Oesophaguseingang, spürbar ist. Vor dem Einführen der LMA wurde der Cuff zur Vermeidung harter Kanten mit 5 ml Luft befüllt.

COPA™ wurde, genau wie ein Guedel-Tubus, mit einer Drehbewegung in den Rachenraum eingeführt und mit dem zur Maske gehörenden Halteband, das um den Kopf geführt wird, befestigt. Der Cuff von COPA™ war beim Einführen vollständig entleert.

2.2.6. Beatmung der Patienten

Nach dem Einführen der jeweiligen Maske wurde der Cuff mit Luft befüllt, ein Mainzer Universaladapter (Krümmer mit Endoskopzugangsmöglichkeit) auf den Tubus der Maske aufgesetzt und an das Beatmungssystem angeschlossen. Die Beatmung erfolgte druckkontrolliert bei einer Atemfrequenz von 12 Atemzügen pro Minute, einem positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) von 5 cmH₂O und bei einem anfänglichen Beatmungsdruck von 10 cmH₂O. Es wurde mit einem Gemisch aus Lachgas (N₂O) und Sauerstoff in einem Verhältnis von 70 % zu 30 % beatmet.

2.2.7. Definition der adäquaten Beatmung

Unter Einhaltung normaler Werte in der Kapnometrie (Pet CO₂ normal: 35-45 mmHg) und Pulsoxymetrie (SaO₂ normal: 90–100 %) wurde die Ventilation dann als ausreichend beurteilt, wenn bei Einstellung eines Expirationsvolumens von mindestens 10 ml/kgKG der resultierende Inspirationsdruck kleiner als 20 cmH₂O blieb.

2.2.8. Korrekturmaßnahmen bis zum Erreichen einer adäquaten Beatmung

Die Verbesserungsmaßnahmen, die bis zum Erreichen einer suffizienten Beatmung notwendig waren, wurden gezählt und protokolliert.

Die 15 dokumentierten Maßnahmen waren im Einzelnen:

Entfernung des Kissens

Esmarch'scher Handgriff

Überstrecken des Kopfes

Drehen des Kopfes

Tieferes Einführen der Maske

Herausziehen der Maske

Lockerung des Haltebandes (nur COPA™)

Straffen des Haltebandes (nur COPA™)

Erhöhen des Cuffvolumens

Vermindern des Cuffvolumens

Entfernen und erneutes Einführen der Maske

Wechsel der Maskengröße

Zug am Tubus nach kranial (nur LMA)

Zug am Tubus nach kaudal (nur LMA)

Fixierung des Tubus im Mundwinkel

2.2.9. Fiberoptische Lagekontrolle von LMA und COPA™

Nach dem Etablieren einer suffizienten Beatmung wurde die Lage von LMA und COPA™ im Larynx fiberoptisch untersucht. Dazu wurde das Endoskop durch den jeweiligen Maskentubus in den Larynx vorgeschoben.

2.2.9.1. Beurteilung der Lage des Tubusendes zur Stimmbandebene

Eines der Kriterien, nach denen die Lage der Maske beurteilt wurde, war die Sicht auf die Stimmbandebene, die anhand eines von Brimacombe und Berry zur Beurteilung der Lage der LMA (Brimacombe und Berry, 1993) festgelegten Scores von 0 bis 4 klassifiziert wurde:

Score 0: Keine Sicht auf die Stimmbandebene (SE)	Schlechte Beatmung
Score 1: SE nicht sichtbar	Gute Beatmung
Score 2: SE und anteriore/ventrale Fläche der Epiglottis sichtbar	Gute Beatmung
Score 3: SE und posteriore/dorsale Fläche der Epiglottis sichtbar	Gute Beatmung
Score 4: Nur SE sichtbar	Gute Beatmung

2.2.9.2. Lage der Epiglottis zum Tubusende

Bei korrekter anatomischer Lage befindet sich bei der LMA die Epiglottis ventral der Tubusöffnung, bei COPA™ dorsal. Es wurde dokumentiert, ob die Epiglottis ventral, dorsal, lateral, kaudal, kranial oder innerhalb der Tubusöffnung lag. In letztem Fall wurde gemessen, wie weit die Epiglottis in den Tubus hineinragte.

2.2.9.3. Abstand des Tubusendes zur Stimmbandebene

Als weiteres Kriterium zur Beurteilung der Maskenlage wurde die Distanz des aboralen Tubusendes zur Stimmbandebene gemessen.

2.2.10. Auswirkung der Überdruckbeatmung auf den oberen Oesophagus-sphinkter bei Beatmung mit COPA™

Die Auswirkungen der Überdruckventilation auf den oberen Oesophagus-sphinkter wurden nur unter Beatmung mit COPA™ untersucht. Unter vier verschiedenen Beatmungsdrücken von 10 cmH₂O, 15 cmH₂O, 20 cmH₂O und 25 cmH₂O wurde der Bereich des oberen Oesophaguseingangs fiberoptisch beobachtet und entsprechend der unten dargestellten Einteilung klassifiziert. Es wurden vier Stadien unterschieden:

Stadium 0:	Keine sichtbare Auswirkung
Stadium 1:	Ein Recessus piriformis geöffnet
Stadium 2:	Beide Recessus piriformes geöffnet
Stadium 3:	Beide Recessus piriformes und der obere Oesophaguseingang geöffnet

2.2.11. Untersuchung der Dichtigkeit von LMA und COPA™ bei verschiedenen Druckeinstellungen durch Messung der Tidalvolumina

Die inspiratorischen und expiratorischen Tidalvolumina wurden mit dem Flowmesser des Ventilators gemessen. Die Genauigkeit der Volumenmesser wird für das inspiratorische Tidalvolumen mit $\pm 10\%$, für das expiratorische Tidalvolumen mit $\pm 5\%$ angegeben (Siemens-Elema, 1985).

Die Dichtigkeitsmessung erfolgte bei vier verschiedenen Beatmungsdrücken (10 cmH₂O, 15 cmH₂O, 20 cmH₂O, 25 cmH₂O) und einem Druckwert, der sich durch Einstellen eines expiratorischen Atemvolumens von 10 ml/kg KG des Patienten pro Atemzug ergab. Diese Einstellung entspricht dem bei Erwachsenen unter Routinebedingungen empfohlenen Atemzugvolumen (Larsen, 1994).

Die Dichtigkeit der verschiedenen Masken wurde durch Messen des zugeführten Inspirationsvolumens ($V_{\text{insp.}}$) sowie des entsprechenden Expirationsvolumens ($V_{\text{exp.}}$) und anschließender Subtraktion des Expirationsvolumens vom Inspira-

tionsvolumen bestimmt. Die resultierende Differenz stellt die Leckage ($V_{\text{leck.}}$) der Maske beim jeweiligen Druck dar.

Formel: $V_{\text{insp.}} - V_{\text{exp.}} = V_{\text{leck.}}$

2.2.12. Akustische Kontrolle der Maskenlage

Nach jedem Einstellen eines neuen Beatmungsdrucks wurde der Rachen- und Magenbereich auf Geräusche, die auf ein Entweichen bzw. Eintreten von Luft hinweisen, untersucht. Dabei wurde der Magen mit dem Stethoskop auskultiert, das Entweichen von Luft neben der Maske im Rachenbereich wurde ohne Instrumenteneinsatz untersucht.

2.2.13. Erfassung der Komplikationen während der Maskennarkose

Während der Narkose auftretende Komplikationen wie Würgen, Husten, Laryngospasmus, Regurgitation oder Aspiration wurden erfaßt und dem zu diesem Zeitpunkt benutzten Maskentyp zugeordnet.

2.2.14. Erfassung von Problemen während der Ausleitung und postoperative Befindlichkeit

Probleme, die sich während der Ausleitung oder danach ergaben, wurden gesondert festgehalten. Mögliche Komplikationen waren beispielsweise Würgen, Husten, Laryngospasmus, Regurgitation oder etwa Aspiration. Postoperativ wurde der Mund- und Rachenraum inspiziert, um mögliche Verletzungen der Lippen, der Zähne, der Zunge oder der vorderen Rachenschleimhaut zu eruieren. Die postoperative Befindlichkeit wurde durch Befragung der wachen, ansprechbaren Patienten im Aufwachraum des OP-Traktes festgestellt. Explizit wurden die Patienten befragt, ob sie nach der Operation unter Husten, Halsschmerzen, Heiserkeit oder Schluckbeschwerden leiden.

2.3. Statistik

Die Untersuchung ist als Cross-Over-Studie konzipiert. Beide Maskentypen wurden nacheinander am selben Patienten getestet, wobei die zuerst eingesetzte Maske nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurde. Durch das Cross-Over-Studiendesign konnten sowohl die Anzahl der untersuchten Probanden als auch die interindividuellen Unterschiede zwischen den Patienten gering gehalten werden.

Die statistische Bearbeitung der Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie der Universität Tübingen.

Bei normalverteilten Daten wie der Altersverteilung der Patienten und dem Abstand des Tubusendes zur Stimmbandebene, wurde das arithmetische Mittel mit Standardabweichung berechnet.

Bei nicht normalverteilten Werten wie der Beatmungsdauer und der Anzahl der durchgeführten Maßnahmen zur Verbesserung der Plazierung der Masken, wurde der Median berechnet und mit dem entsprechenden Minimum und Maximum angegeben.

Beim Vergleich der Anzahl der bei den einzelnen Maskengrößen durchgeführten Maßnahmen wurde das geometrische Mittel mit 95 %-Konfidenzintervall angegeben. Dazu wurden die entsprechenden Werte logarithmisch transformiert.

Die statistischen Unterschiede bezüglich Alter, Geschlecht, Körpergröße und Körpergewicht zwischen der Gruppe, in der COPA™ als erste Maske verwendet wurde und der Gruppe, in der LMA zuerst eingesetzt wurde, wurden durch Zwei-Stichproben-t-Test bewertet. Die Unterschiede in der Anzahl der pro Maskentyp benötigten Manipulationen bis zum Erreichen adäquater Beatmungsbedingungen wurden mit dem paarigen t-Test bestimmt.

Die gemessenen Inspirations- und Expirationsvolumina wurden durch Regressionsanalyse als Funktion des Beatmungsdruckes beschrieben. Durch das gewählte Modell konnte nahezu 100 % der Variabilität erklärt werden. Da die statistische Aufarbeitung der Inspirations- und Expirationsvolumina die Daten

nahezu perfekt beschreibt, wurden zur Berechnung der Leckagen keine getrennten Analysen der Differenzen zwischen Inspirations- und Expirationsvolumen durchgeführt, sondern die entsprechenden Durchschnittswerte voneinander subtrahiert.

Werte wurden ab einem Niveau von $p < 0,05$ als signifikant gewertet.

Die Daten zu Geräuschen im Rachen- und Magenbereich sind rein deskriptiv dargestellt.

3. ERGEBNISSE

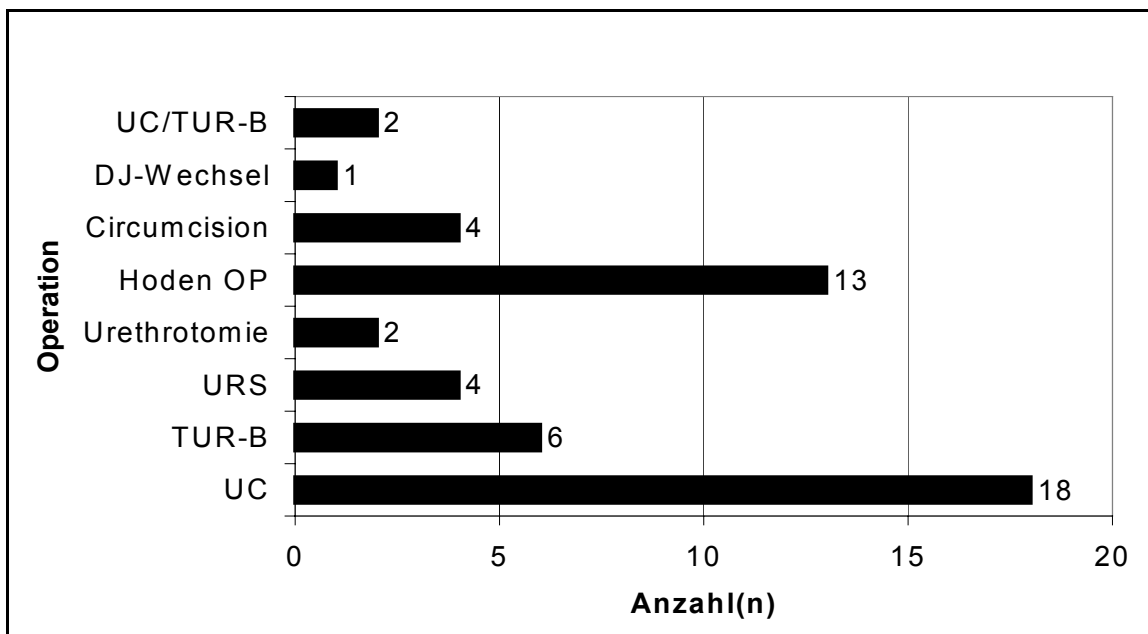
3.1. Patienten

3.1.1. Geschlechterverteilung und Art des operativen Eingriffs

Der Einsatz von LMA und COPA™ wurde an insgesamt 50 Patienten, 44 Männern und sechs Frauen, der urologischen Abteilung des Universitätsklinikums Tübingen untersucht. Alle Patienten unterzogen sich chirurgischen Eingriffen im urogenitalen Bereich.

Von den fünfzig Eingriffen waren 18 Urethrozystoskopien (UC), sechs transurethrale Elektresektionen der Blase (TUR-B), vier Urethrorenoskopien (URS), zwei Urethrotomien, 13 Hodenoperationen (Hoden-OP), vier Circumcisionen, ein Doppel-J-Wechsel (D-J-Wechsel) und zwei kombinierte Eingriffe von UC und TUR-B (UC/TUR-B) (Abb.3).

Abbildung 3: Häufigkeiten der vorgenommenen Operationen (UC = Urethrozystoskopie, TUR-B = transurethrale Elektresektion der Blase, URS = Urethrorenoskopie, Hoden-OP = Hodenoperation, D-J-Wechsel = Doppel-J-Katheter-Wechsel, UC/TUR-B = Kombination aus Urethrozystoskopie und transurethraler Elektresektion der Blase)

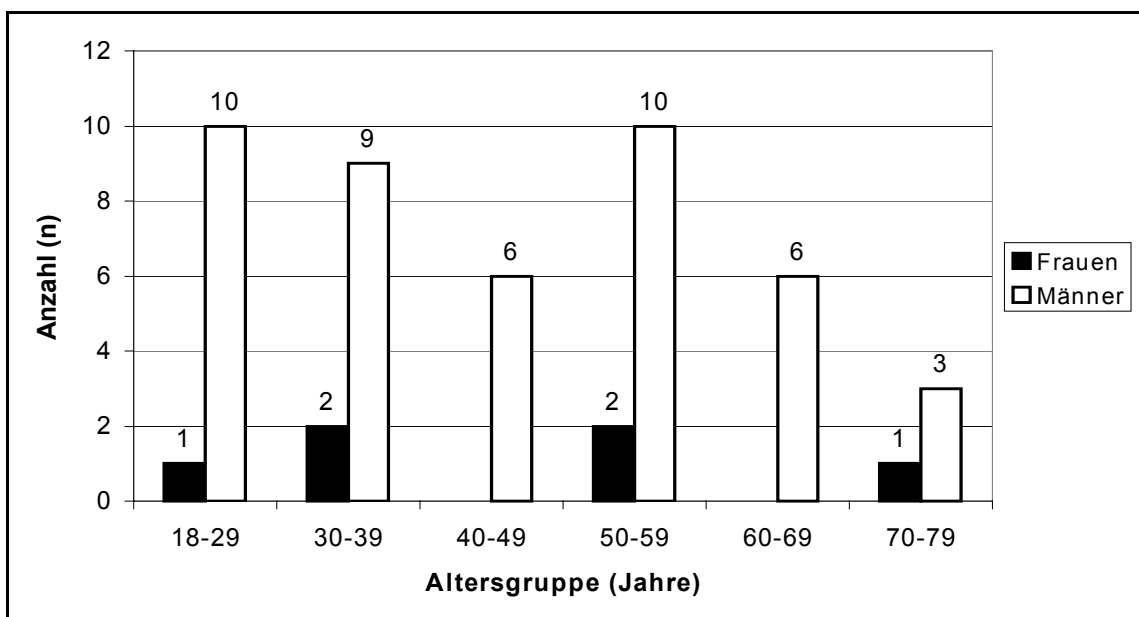


3.1.2. Altersverteilung, Körpergröße, Körpergewicht und ASA-Bewertung

Das Alter der Patienten lag zwischen 18 und 76 Jahren, das Durchschnittsalter betrug $44 \pm 16,2$ Jahre (Männer $44,1$ Jahre; Frauen 46 Jahre) (Abb. 4). Die Körpergröße der Patienten betrug zwischen 153 und 192 cm, durchschnittlich $173 \pm 7,8$ cm, das Gewicht betrug 55 bis 92 kg, im Mittel $74 \pm 9,2$ kg.

Nach dem Schema der American Society of Anesthesiologists (ASA) wurde das Narkoserisiko bei 32 Patienten mit ASA I, bei 18 Patienten mit ASA II bewertet.

Abbildung 4: Altersverteilung der Patienten



3.1.3. Reihenfolge der Maskeneinführung

Bei 25 Eingriffen wurde COPA™ zuerst eingesetzt, bei 25 Patienten als zweite Maske. In der Gruppe, in der COPA™ zuerst eingeführt wurde, betrug das Durchschnittsalter $49,1 \pm 14$ Jahre, das Durchschnittsgewicht 76 ± 9 kg und die Durchschnittsgröße $173 \pm 5,44$ cm. In der Gruppe, in der LMA als erste eingeführt wurde, war das Durchschnittsalter $39,5 \pm 17$ Jahre, das Durchschnittsgewicht 73 ± 9 kg und die Durchschnittsgröße $174 \pm 9,6$ cm. Hinsichtlich des Alters bestand ein signifikanter Unterschied von durchschnittlich $9,6$ Jahren.

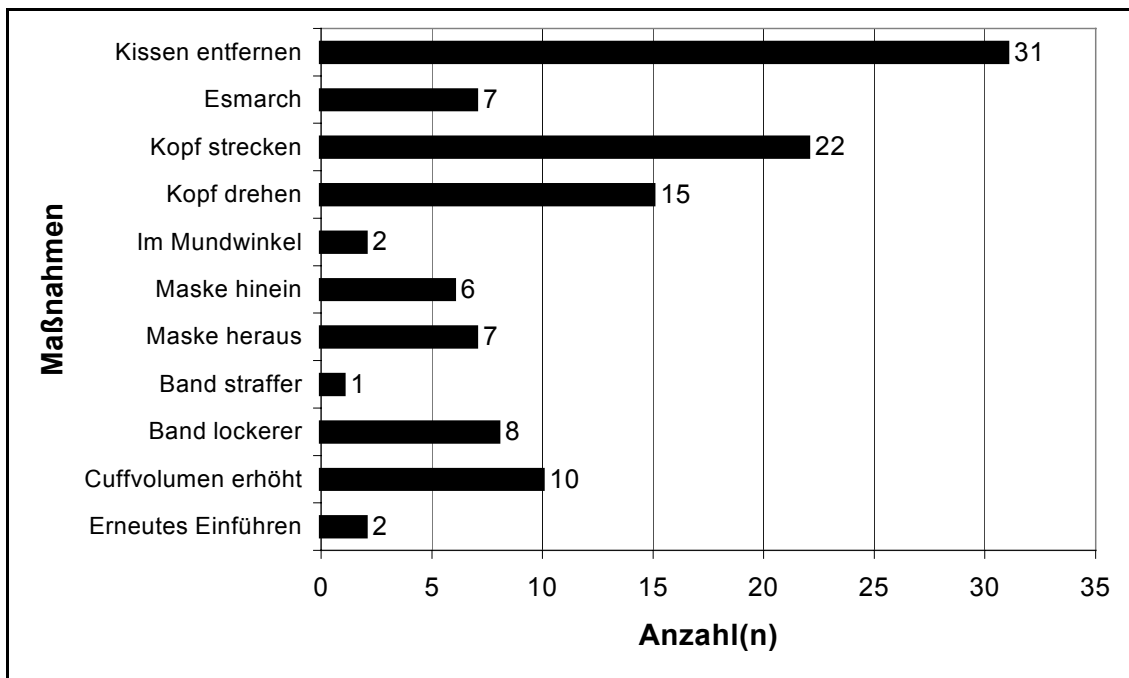
Bezüglich Geschlecht, Körpergröße und Körpergewicht waren beide Gruppen in etwa gleich.

3.2. Erforderliche Maßnahmen zur Lageoptimierung

Nach dem Einführen von LMA oder COPA™ in den Rachenraum war oftmals nicht sofort eine adäquate Beatmung möglich. Durch verschiedene Maßnahmen wurde versucht, die Lage der Maske im Larynx zu optimieren.

3.2.1. Art der durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung von COPA™

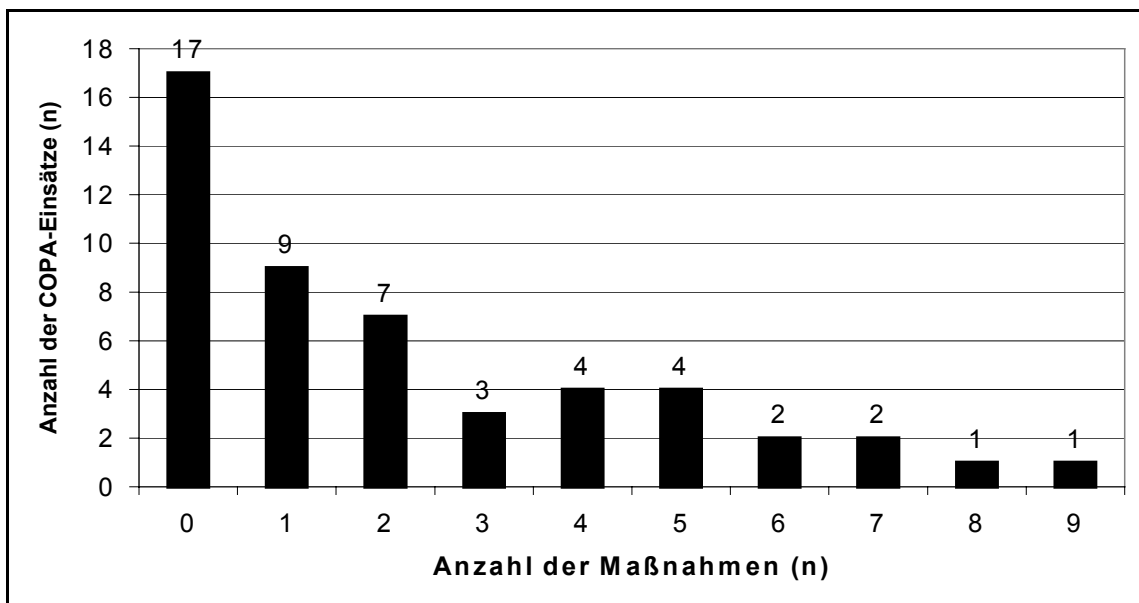
Um eine adäquate Beatmung (10 ml/kgKG bei $p < 20$ cmH₂O) mit COPA™ zu erreichen, mußte in 31 Fällen das Kissen entfernt werden, um damit eine stärkere Reklination des Kopfes zu bewirken. Bei sieben Patienten wurde der Esmarch'sche Handgriff angewandt. 22-mal ist durch Überstrecken des Kopfes, 15-mal durch Drehen des Kopfes versucht worden, eine Verbesserung der Beatmung zu erreichen. Bei zwei Patienten wurde COPA™ seitlich im Mundwinkel positioniert, um dadurch die Beatmung zu optimieren. In sechs Fällen wurde die Maske tiefer in den Rachenraum hineingeschoben, in sieben Fällen weiter herausgezogen. Das Gummiband, mit dem COPA™ zusätzlich am Kopf des Patienten fixiert wird, wurde einmal gestrafft und achtmal gelockert. Bei zehn Patienten ist das Volumen des Cuffs erhöht worden, eine Reduzierung des Cuffvolumens fand nicht statt. Bei zwei Eingriffen mußte COPA™ erneut eingeführt werden (Abb. 5).

Abbildung 5: Durchgeführte Maßnahmen zur Lageoptimierung von COPA™

3.2.2. Anzahl der pro Patient durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung von COPA™

Die aufgezählten Maßnahmen wurden nicht immer nur einzeln durchgeführt, sondern oftmals auch in Kombinationen angewandt, bis eine ausreichende Beatmung hergestellt war. Bei 17 Patienten war keine Maßnahme nötig. Dies entspricht 33 % der mit COPA™ beatmeten Probanden.

Ein einziger Schritt zur Lageoptimierung war in neun, zwei Maßnahmen in sieben Fällen nötig. Drei Nachbesserungen mußten an drei Patienten, vier und fünf Korrekturen an jeweils vier Probanden vorgenommen werden. Sechs und mehr Maßnahmen wurden in sechs Fällen durchgeführt. (Abb. 6).

Abbildung 6: Anzahl der Korrekturmaßnahmen zur Platzierung von COPA™

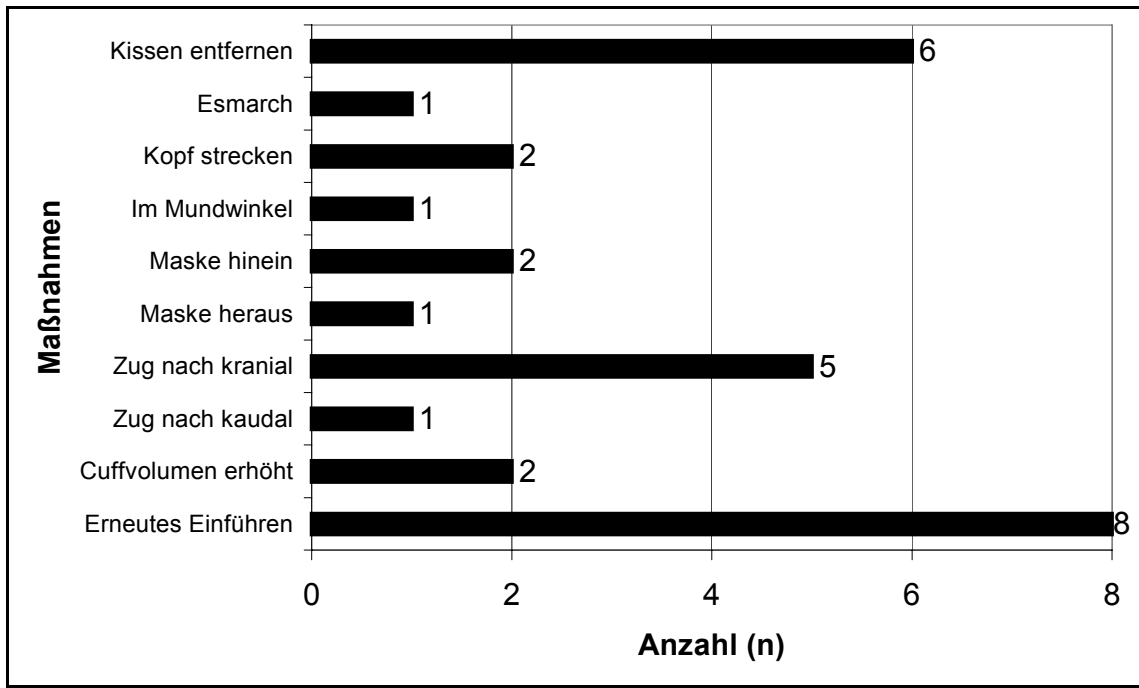
Unter Verwendung von COPA™ mußten bei 33 Patienten eine oder mehr Maßnahmen zur Verbesserung der Beatmungsqualität durchgeführt werden. Dies entspricht einem Anteil von 66 % der mit COPA™ beatmeten Personen. Der Median der durchgeführten Maßnahmen bei Verwendung von COPA™ beträgt 1; das Maximum sind 9 und das Minimum 0 Maßnahmen.

3.2.3. Art der durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung der LMA

Beim Verwenden der LMA wurde in sechs Fällen das Kissen zur Unterstützung des Kopfes entfernt, um die Lage der Maske zu optimieren. Der Esmarch'sche Handgriff kam einmal zur Anwendung. Bei zwei Patienten wurde der Kopf manuell weiter überstreckt, eine Drehung des Kopfes als zusätzliche Maßnahme wurde nicht durchgeführt. In einem Fall wurde der Tubus der Maske seitlich im Mundwinkel positioniert, um einen besseren Sitz der LMA zu erreichen. Zweimal mußte die Maske tiefer in den Rachen hineingeschoben, einmal weiter herausgezogen werden. Bei fünf Eingriffen wurde durch Zug am Tubus nach kranial ein besseres Resultat erzielt, in einem Fall durch Zug nach kaudal. Eine Erhöhung des Cuffvolumens verbesserte bei zwei Patienten die Beatmung mit

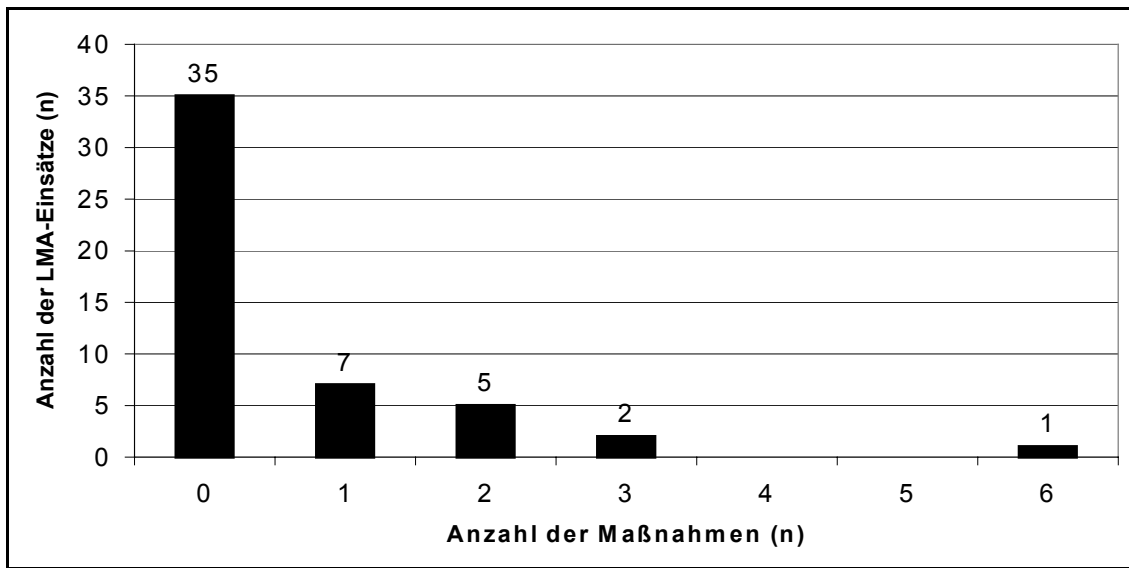
der LMA. Eine Verringerung des Cuffvolumens wurde nicht vorgenommen. Bei acht Patienten war ein erneutes Einführen der LMA nötig (Abb. 7).

Abbildung 7: Durchgeführte Maßnahmen zur Lageoptimierung der LMA



3.2.4. Anzahl der pro Patient durchgeführten Maßnahmen bei Platzierung der LMA

Wie bei COPA™ wurden auch bei der LMA bei Bedarf mehrere Korrekturmaßnahmen in Kombination durchgeführt. In 35 Fällen waren keine Maßnahmen nötig, um eine ausreichende Beatmung zu erreichen. Dies entspricht 70 % der mit LMA beatmeten Untersuchten. Bei sieben Patienten war eine Maßnahme erforderlich, bei fünf Probanden mußte mit zwei Schritten nachgebessert werden. Bei zwei Eingriffen waren drei Korrekturen nötig. In einem Fall wurden sechs Veränderungen vorgenommen, um eine angemessene Beatmung zu etablieren (Abb. 8).

Abbildung 8: Anzahl der Maßnahmen zur Plazierung der LMA

Bei Verwendung der LMA mußten bei 15/50 Patienten eine oder mehr Maßnahmen zur Lageoptimierung durchgeführt werden. Dies entspricht 30 % der untersuchten Probanden. Der Median der durchgeführten Maßnahmen bei Verwendung der LMA beträgt 0; das Maximum sind 6 und das Minimum 0 Maßnahmen. Durch die Korrekturmaßnahmen konnte bei allen untersuchten Patienten, die mit der LMA beatmet wurden, eine ausreichende Beatmung etabliert werden.

Die am häufigsten durchgeführten Maßnahmen bei der LMA waren das Entfernen des Kissens, Zug am Tubus nach kranial und das erneute Einführen der Maske. Diese drei Maßnahmen zusammen stellen ca. 65 % der zur optimalen Plazierung der LMA durchgeführten Korrekturmaßnahmen dar.

3.2.5. Gegenüberstellung der Art der zur Plazierung von COPA™ und LMA vorgenommenen Manipulationen

Nicht alle durchgeführten Maßnahmen lassen sich sowohl für COPA™ als auch für die LMA anwenden. Verbesserungsmöglichkeiten, die nur für COPA™ zur Verfügung stehen, sind das Straffen oder Lockern des um den Kopf des Patienten geschnallten Gummibandes, das die Maske zusätzlich im Mund fixieren soll. Die Möglichkeit, durch Zug am Tubus nach kaudal oder ventral die Maskenposition zu verbessern, ist nur für die LMA gegeben. Durch diese Unterschiede lassen

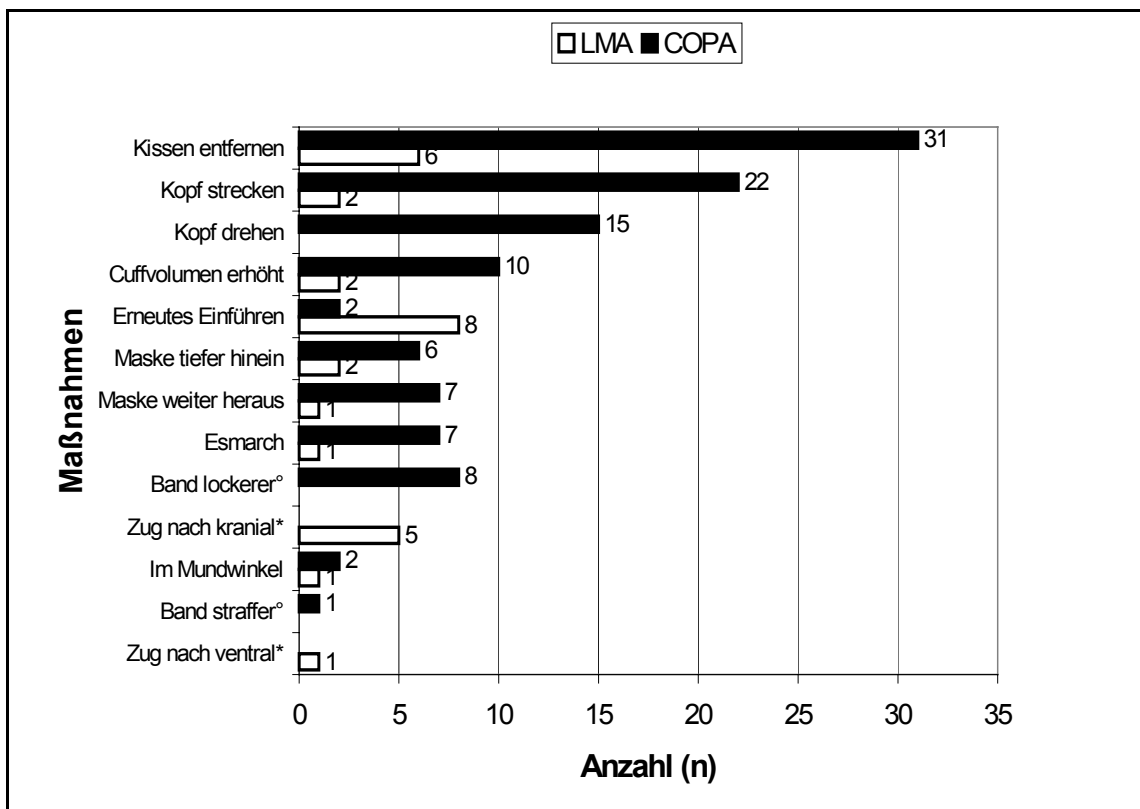
sich die maskenspezifischen Korrekturen zwar nicht direkt vergleichen, fließen aber in die Berechnung der Mittelwerte mit ein, zumal diese maskenindividuellen Verbesserungsmöglichkeiten nicht unerheblichen Anteil an den insgesamt durchgeführten Maßnahmen zur Lageoptimierung haben.

So wurde das Gummiband von COPA™ bei acht Patienten gelockert, was einem Anteil von etwa 6 % an den Gesamtmaßnahmen entspricht. Einmal wurde das Band gestrafft, was einem Anteil von etwa 1 % entspricht.

Bei der Verwendung der LMA wurde fünfmal (~ 4 %) Zug am Tubus nach kranial ausgeübt, einmal nach ventral (~ 1 %).

In Abb. 9 sind die jeweils durchgeführten Maßnahmen bei COPA™ und LMA aufgeführt und einander gegenübergestellt.

Abbildung 9: Gegenüberstellung der Art der durchgeführten Maßnahmen bei COPA™ und LMA (Mit * markierte Maßnahmen nur bei LMA, mit ° markierte nur bei COPA™ möglich)

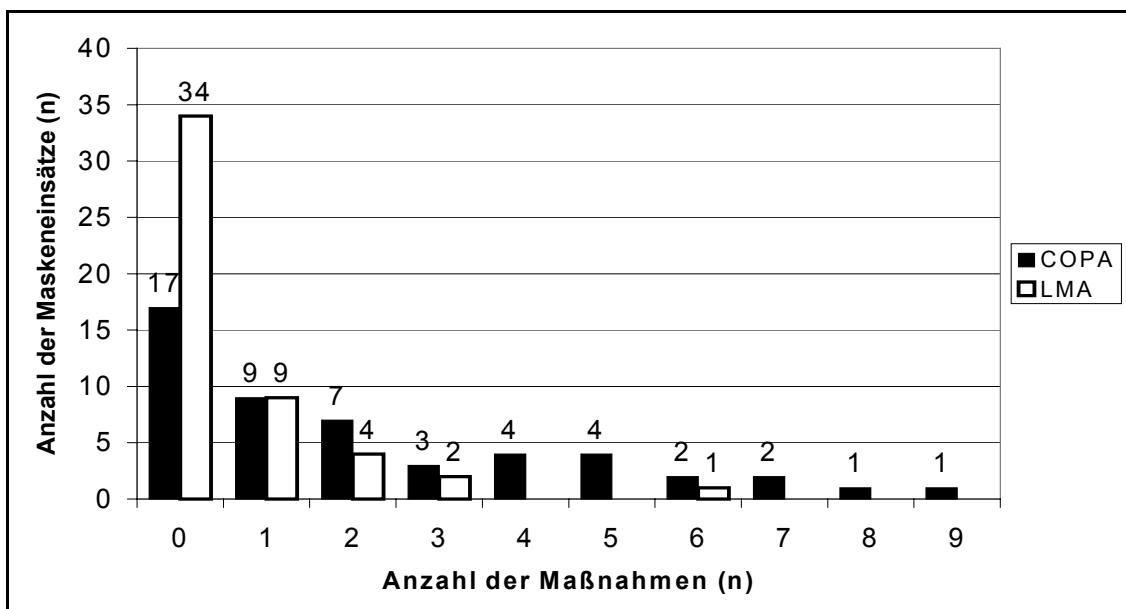


3.2.6. Anzahl der zur Plazierung von COPA™ und LMA durchgeführten Maßnahmen

Zusammengenommen wurden bei COPA™ und LMA 140 Maßnahmen durchgeführt. Beim Einsatz von COPA™ waren im Ganzen 111 Maßnahmen zur Lageoptimierung nötig, bei Verwendung der LMA 29. Die Verbesserungsversuche, die bei Einsatz von COPA™ vonnöten waren, entsprechen etwa 79 % aller in der gesamten Studie durchgeführten Korrekturmaßnahmen. Die Manipulationen bei Verwendung der LMA ergeben einen Anteil von ca. 21 %. Bei Verwendung von COPA™ mußten also fast vier Mal so viele Maßnahmen durchgeführt werden als bei Einsatz der LMA. Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,0001$).

Stellt man die pro Patient getätigten Maßnahmen gegenüber, so waren bei COPA™ in 17/50, bei der LMA in 34/50 Fällen keine Verbesserungen der Maskenposition nötig. Abbildung 10 stellt die Anzahl der jeweils nötigen Maßnahmen bei COPA™ und LMA im Vergleich dar.

Abbildung 10: Vergleich der Häufigkeit von Korrekturmaßnahmen bei COPA™ und LMA



Wie aus der Abbildung ersichtlich, konnte beim Einsetzen der LMA mit bis zu drei Verbesserungsmaßnahmen bei 98 % der Probanden eine adäquate Beatmung

gesichert werden. Bei 70 % der untersuchten Patienten war eine adäquate Beatmung ohne jede Manipulation möglich. Bei Betrachtung der Erfolgsquote von COPA™ war eine ausreichende Beatmung ohne zusätzliche Maßnahme überhaupt nur bei 34 % möglich, eine Erfolgsquote von 95 % konnte nur mit bis zu acht Verbesserungsmaßnahmen erreicht werden. Bedenkt man, daß mit jeder zusätzlichen Manipulation ein gewisser Zeitaufwand verbunden ist, so ist die Dauer zur Einführung von COPA™ erheblich länger als das entsprechende Manöver bei Verwendung der LMA, auch wenn der genaue Zeitaufwand bis zum Erreichen adäquater Beatmungsbedingungen in der vorliegenden Studie nicht gemessen wurde.

3.2.7. Einfluß der Tubusgröße auf die Anzahl der Maßnahmen

COPA™ der Größe 10 wurde zehnmal, Größe 11 40-mal eingesetzt. Im geometrischen Mittel wurden bei Einsatz der Größe 10 3,56 Maßnahmen, bei einem 95 %-Konfidenzintervall von 1,48 bis 7,41 Maßnahmen, durchgeführt. Bei Benutzen der Größe 11 wurde ein geometrisches Mittel von 1,07 Maßnahmen bei einem 95 %-Konfidenzintervall von 0,66 bis 1,58 Maßnahmen ermittelt.

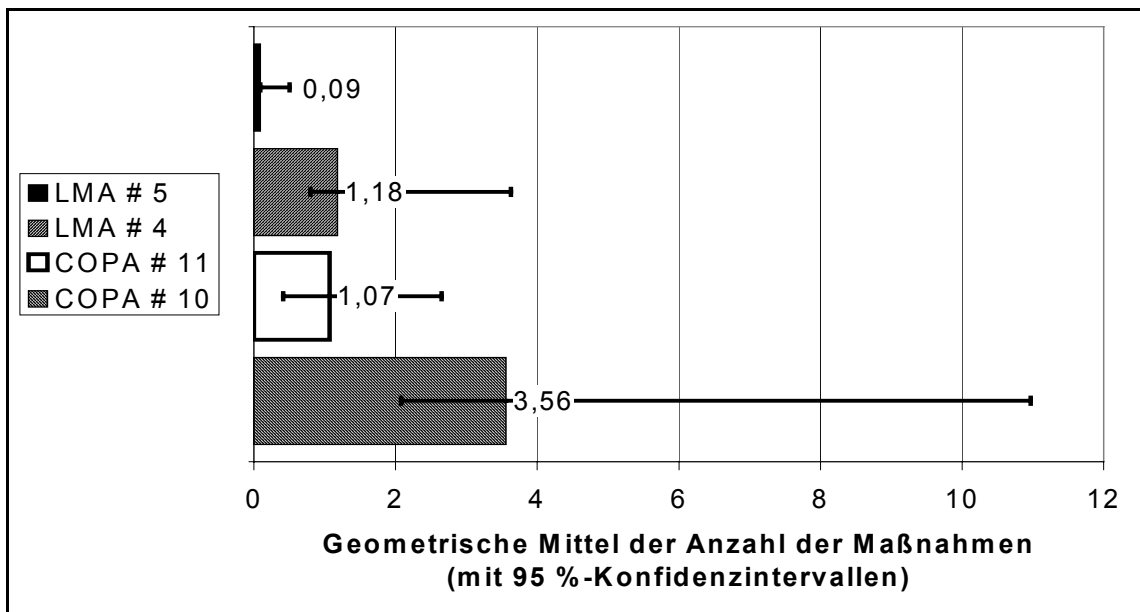
Die LMA der Größe 4 wurde 16-mal, Größe 5 34-mal verwendet. Dabei waren bis zum Erreichen einer zufriedenstellenden Beatmung bei Verwendung der Größe 4 im geometrischen Mittel 1,18 bei einem 95 %-Konfidenzintervall von 0,38 bis 2,45 Maßnahmen, bei Einsatz der Größe 5 0,09 Maßnahmen bei einem 95 %-Konfidenzintervall von 0 bis 0,41 nötig.

Im folgenden wurde weiter untersucht, ob die Unterschiede in der Anzahl der Maßnahmen bis zum Etablieren adäquater Beatmungsbedingungen lediglich vom verwendeten Maskentyp, oder auch von der eingesetzten Maskengröße abhing. Dabei unterschied sich die Anzahl der zur Plazierung der LMA der Größe 5 durchgeführten Maßnahmen signifikant sowohl von COPA™ der Größe 10 ($p = 0,0005$) als auch von COPA™ der Größe 11 ($p < 0,0001$). Aber sie benötigte auch signifikant weniger Maßnahmen als die LMA der Größe 4 ($p < 0,03$). Dagegen waren zwischen der Anzahl der Maßnahmen zur Plazierung

der LMA Größe 4 und COPA™ der Größe 11 keine signifikanten Unterschiede festzustellen ($p = 0,86$). Der Unterschied zwischen LMA Größe 4 und COPA™ der Größe 10 hingegen war signifikant ($p = 0,0066$), ebenso wie der Unterschied zwischen COPA™ Größe 10 und 11 ($p = 0,037$) (siehe Abb.11)

Abbildung 11: Geometrische Mittel der Anzahl der durchgeführten Maßnahmen, aufgeschlüsselt nach den Tubusgrößen

Die durchschnittliche Anzahl der Maßnahmen beim Einbringen der LMA # 5 ist signifikant kleiner als bei der LMA der # 4 und den beiden COPA™-Masken. Die Unterschiede zwischen LMA # 4 und COPA™ # 10 sowie zwischen COPA™ # 10 und # 11 sind ebenfalls signifikant. Die Unterschiede zwischen der LMA # 4 und COPA™ # 11 sind nicht signifikant. # = Größe.



3.3. Fiberoptische Untersuchung

3.3.1. Lage des Tubusendes zur Stimmbandebene

Score 0, schlechte Beatmung und keine Sicht auf die Stimmbandebene, wurde bei der Verwendung von COPA™ in drei Fällen erhoben, bei Untersuchung der LMA wurde dieser Score nicht vorgefunden.

Score 1, bei dem eine gute Beatmung möglich ist, die Stimmbänder jedoch nicht sichtbar sind, war bei COPA™ in 29, bei der LMA in fünf Fällen festzustellen.

Sicht auf die Stimmbänder und die anteriore bzw. ventrale Fläche der Epiglottis, entsprechend Score 2, kam bei COPA™ und LMA jeweils siebenmal vor.

Score 3, bei dem die Glottis und die posteriore bzw. dorsale Fläche der Epiglottis sichtbar sind, wurde bei COPA™ neunmal, bei der LMA 17-mal vorgefunden.

Die Position, in der nur die Stimmbänder zu sehen sind, entspricht Score 4 und wurde bei COPA™ in zwei, bei der LMA in 21 Fällen beobachtet (Tab. 1).

Tabelle 1 : Gegenüberstellung der fiberoptisch bestimmten Scores von COPA™ und LMA
(SE = Stimmbandebene)

	COPA™	LMA	Definition des Scores
Score 0	3	0	Schlechte Beatmung, keine Sicht auf SE
Score 1	29	5	Gute Beatmung, keine Sicht auf SE
Score 2	7	7	SE und ant./ventr. Fläche d. Epiglottis sichtbar
Score 3	9	17	SE und post./dors. Fläche d. Epiglottis sichtbar
Score 4	2	21	Nur SE sichtbar

Bei Verwendung der LMA war also eine gute Beatmung in allen Fällen möglich. Score 3 und 4 konnte in 76 % der Fälle vorgefunden werden. Ein anatomisch nicht perfekter Sitz, allerdings bei guter Beatmung (Score 1 und 2), war nur in 24 % der Fälle gegeben. Der Median der von der LMA erreichten Scores beträgt 3; das Minimum ist 1 und das Maximum 4.

Volle oder teilweise Sicht auf die Stimmbänder ist von Score 2 bis 4 gegeben. Bei der Untersuchung der LMA war die Stimmritze in 45/50 Fällen zu sehen, was einem prozentualen Anteil von 90 % entspricht. Bei COPA™ war dies bei 18/50 Patienten oder 36 % vorzufinden.

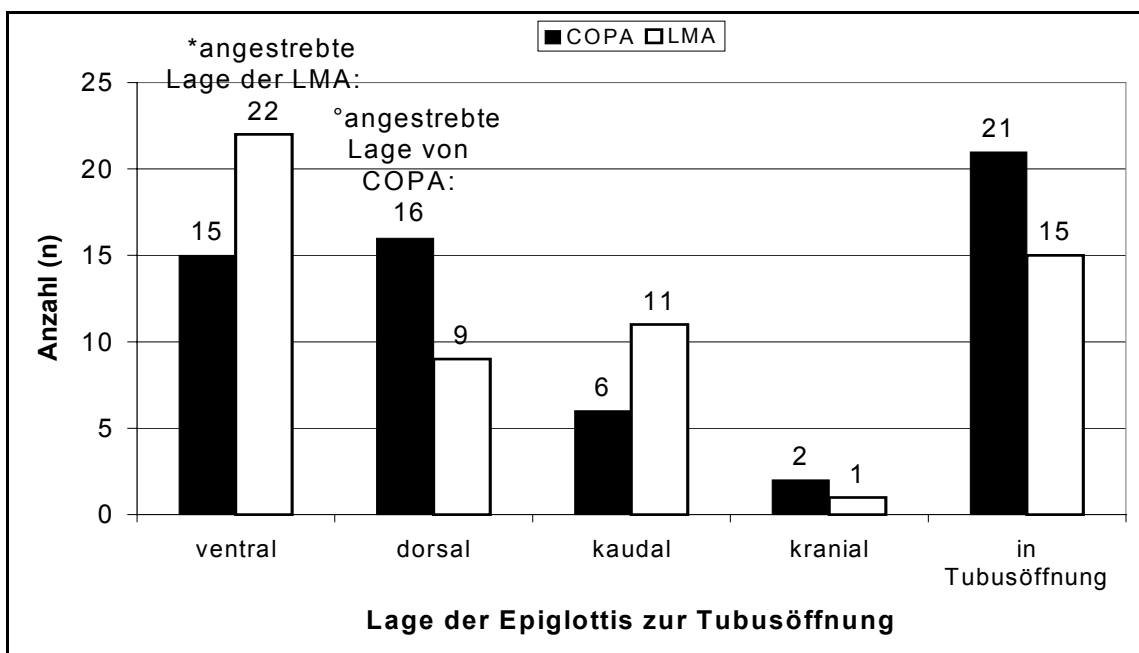
3.3.2. Lage der Epiglottis zur Tubusöffnung

Einen besseren Vergleich der anatomischen Lagen beider Maskentypen ermöglicht die Untersuchung der Lage der Epiglottis zum jeweiligen Tubusende. Bei der vom Erstbeschreiber vorgesehenen korrekten anatomischen Lage der LMA

kommt die Epiglottis ventral der Tubusöffnung zu liegen. Diese Position konnte bei 22 Einsätzen der LMA festgestellt werden. Bei der für COPA™ angestrebten, bestmöglichen Lage des Tubus im Rachenraum befindet sich die Epiglottis, wie beim Guedel-Tubus auch, dorsal der Tubusöffnung. Diese klassische Lage wurde während der Studie 16-mal erreicht.

Eine ventrale Lage der Epiglottis zu COPA™ wurde bei 15 Probanden registriert. Neunmal lag die Epiglottis dorsal der LMA. Bei sechs Eingriffen, bei denen COPA™ benutzt wurde, kam die Epiglottis kaudal, also direkt unterhalb des Tubus, zu liegen, elfmal bei Eingriffen, bei denen die LMA in Gebrauch war. Eine Lage der Epiglottis kranial der Tubusöffnung wurde bei Verwendung von COPA™ zweimal, bei Benutzung der LMA einmal eingenommen. Bei COPA™ lag die Epiglottis 21-mal, bei der LMA 15-mal innerhalb der Tubusöffnung. Eine potentielle Verlegung des Tubus konnte bei COPA™ also häufiger beobachtet werden. Eine offensichtliche Beeinträchtigung der Beatmungsqualität ging in diesen Fällen allerdings nicht damit einher. Die Befunde sind in Abb.12 zusammengefaßt.

Abbildung 12: Lage der Epiglottis zur Tubusöffnung von COPA™ und LMA



3.3.3. Abstand des Tubusendes von der Stimmbandebene

3.3.3.1. COPA™

Der durchschnittliche Abstand vom aboralen Ende von COPA™ zur Stimmbandebene betrug $4,9 \pm 1,27$ cm.

Im Einzelnen betrug der Abstand des Tubusendes zur Stimmritze in zwei Fällen 2,5 cm, dreimal 3 cm, fünfmal 3,5 und viermal 4 cm. Ebenfalls viermal betrug die Distanz 4,5 cm, bei neun Patienten 5 cm und bei vier 5,5 cm. In acht Fällen wurde ein Abstand von 6 cm gemessen und in jeweils zwei Fällen ein Abstand von 6,5 cm und 7 cm. Der größte Abstand vom Ende von COPA™ zur Stimmbandebene betrug 8 cm und wurde einmal vorgefunden.

In sechs Fällen verdeckte die nach hinten umgeklappte Epiglottis die Stimmbandebene, so daß diese mit der Fiberoptik nicht einzusehen war. Die Messung der Distanz zwischen COPA™ und Stimmritze war damit nicht möglich.

3.3.3.2. LMA

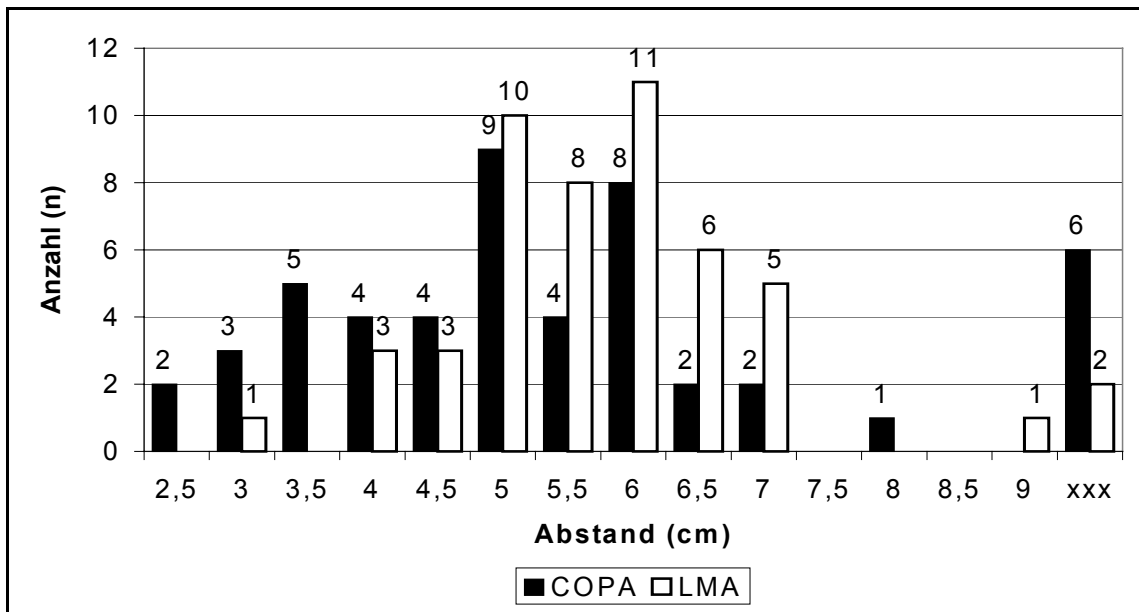
Bei der LMA betrug der durchschnittliche Abstand vom Maskenende zur Stimmbandebene $5,66 \pm 1,02$ cm.

Im Einzelnen wurde in einem Fall ein Abstand von 3 cm gemessen, Abstände von 4 cm und 4,5 cm in jeweils drei Fällen. In zehn Fällen betrug die Distanz 5 cm, in acht 5,5 cm und elfmal 6 cm. Bei sechs Patienten betrug die Distanz von LMA-Ende bis zur Stimmritze 6,5 cm und bei fünf Eingriffen 7 cm. Der größte Abstand betrug 9 cm und wurde einmal gemessen. Bei zwei Patienten war die Messung des Abstandes nicht möglich.

In Abbildung 13 sind die bei LMA und COPA™ vorgefundenen Befunde gegenübergestellt zusammengefaßt.

Abbildung 13: Abstände des jeweiligen Tubusendes von LMA und COPA™ von der Stimmbandebene

(xxx= keine Messung durchgeführt)



Weder bei der LMA, noch bei COPA™ befand sich das Tubusende so tief, daß die Stimmbandebene erreicht wurde. Eine Verletzungsgefahr für die Stimmbänder ging somit von keiner Maske aus. Da COPA™ mit einem minimalen Abstand von 2,5 cm tendenziell näher an den Stimmbändern lag, wäre aber eine Verletzung der Stimmbänder eher mit COPA™ denkbar.

Insgesamt zeigte die fiberoptische Untersuchung, daß beide Masken nicht immer die für sie vorgesehene anatomische Lage einzunehmen vermögen, dieses Manko jedoch so ausgleichen können, daß in der überwiegenden Anzahl der Fälle ein gutes Beatmungsergebnis erzielt werden konnte.

3.4. Fiberoptische Untersuchung der Auswirkung verschiedener Beatmungsdrücke auf den oberen Oesophagusphinkter bei Verwendung von COPA™

Bei einem Beatmungsdruck von 10 cmH₂O war in 33 Fällen keine Auswirkung auf die Recessus piriformes und den oberen Oesophaguseingang zu erkennen (Stadium 0). Elfmal war ein Recessus piriformis geöffnet (Stadium 1), die Öffnung beider Recessus piriformes (Stadium 2) wurde einmal beobachtet. Bei drei Beatmungen mit COPA™ waren beide Recessus piriformes und der obere Oesophaguseingang geöffnet (Stadium 3).

Bei einem Beatmungsdruck von 15 cmH₂O wurde bei 22 Untersuchungen keine Auswirkung dieser Druckstärke beobachtet (Stadium 0). Stadium 1 konnte in 13, Stadium 2 in sieben Fällen detektiert werden. Die komplette Öffnung des oberen Oesophagusphinkters (Stadium 3) wurde bei fünf Probanden festgestellt.

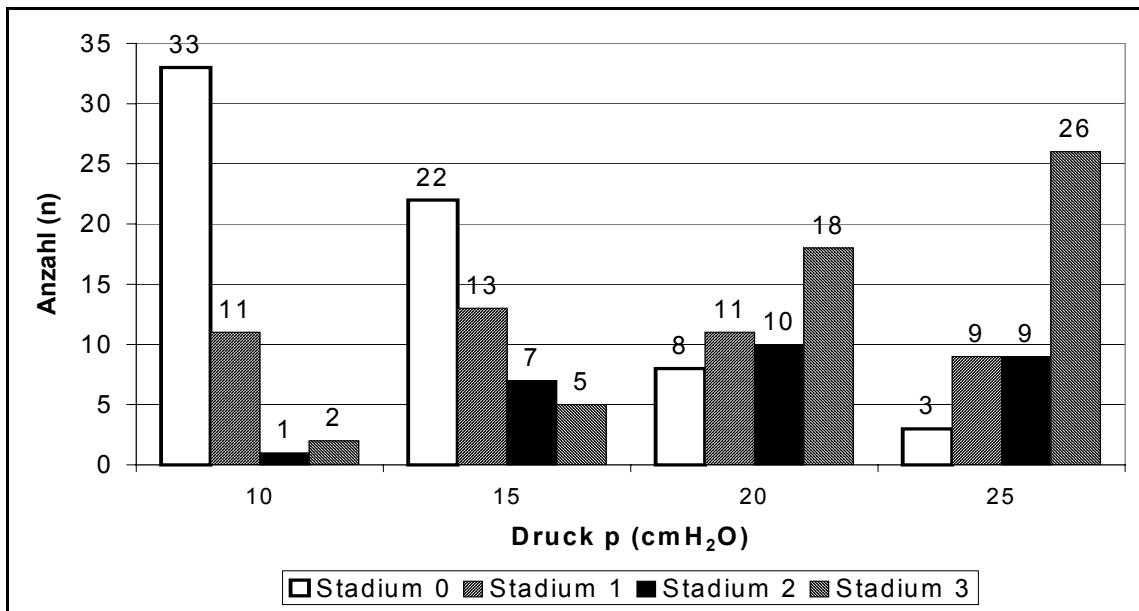
Wurde mit einem Druck von 20 cmH₂O beatmet, konnte lediglich in acht Fällen keine Auswirkung auf die obere Oesophagusöffnung und die beiden Recessus piriformes festgestellt werden (Stadium 0). Stadium 1 stellte sich bei elf, Stadium 2 bei zehn Beatmungen ein. Die komplette Öffnung des Oesophaguseingangs wurde bei 18 mit diesem Druck beatmeten Patienten vorgefunden.

Bei Einstellen eines Beatmungsdruckes von 25 cmH₂O war bei drei Patienten keine Auswirkung im Larynx zu beobachten (Stadium 0). Bei neun Patienten war ein Recessus piriformis aufgebläht (Stadium 1). Stadium 2 wurde ebenfalls in neun Fällen erhoben. Stadium 3 wurde in 26 Fällen vorgefunden.

Dreimal konnte die Untersuchung nicht durchgeführt werden, weil der Hypopharynx nicht einsehbar war (siehe Abb. 14).

Abbildung 14: Verhalten des oberen Oesophaguseingangs und der Recessus piriformes in Abhängigkeit vom Beatmungsdruck p bei Beatmung mit COPA™

(Stadium 0: keine Veränderungen; Stadium 1: ein Recessus piriformis geöffnet; Stadium 2: beide Recessus piriformes geöffnet; Stadium 3: zusätzlich noch oberer Oesophaguseingang geöffnet.)



Wie zu erwarten, zeigt die Graphik eine zunehmende Öffnung des oberen Oesophagussphinkters mit steigendem Beatmungsdruck. Allerdings sind auch schon bei sehr kleinen Drücken geöffnete, oder zumindest stark geweitete Sphinkteren vorzufinden, die ein erhöhtes Risiko der Mageninsufflation und damit auch eine Erhöhung des Regurgitationsrisikos bedeuten könnten.

3.4.1. Endoskopischer Befund und Auftreten von Beatmungsgeräuschen im Magenbereich

Die druckbedingte Dehnung des oberen Oesophagussphinkters könnte zu einer höheren Mageninsufflationsrate führen. Ob der fiberoptische Befund eines geweiteten Oesophaguseingangs mit dem Auftreten auskultierbarer epigastrischer Insufflationsgeräusche einhergeht, wird im Folgenden verglichen. Ein Vergleich der bei COPA™ und LMA aufgetretenen epigastrischen Geräusche wird in Kapitel 3.5.4.2 unternommen.

Auskultierbare Geräusche im epigastrischen Bereich konnten bei einem Beatmungsdruck von 15 cmH₂O in einem Fall und bei einem endoskopischen Befund von Stadium 2 gehört werden. Bei 20 cmH₂O konnten bei drei Probanden mit einem fiberoptischen Befund von Stadium 3 Geräusche auskultiert werden. Bei einer Druckbeatmung mit 25 cmH₂O wurden bei zehn Probanden, davon neunmal bei Stadium 3 und in einem Fall bei Stadium 2 Geräusche im Magenbereich vernommen.

3.5. Dichtigkeitsmessung bei COPA™ und LMA

Bei der Messung der Inspirations- und Expirationsvolumina wurden bei einem mit COPA™ beatmeten Patienten keine Werte gemessen. Dieser Patient wurde folglich auch beim Messen der Atemvolumina bei Beatmung mit der LMA ausgeschlossen. So beziehen sich in der Folge die Messungen nur auf 49 statt 50 Patienten.

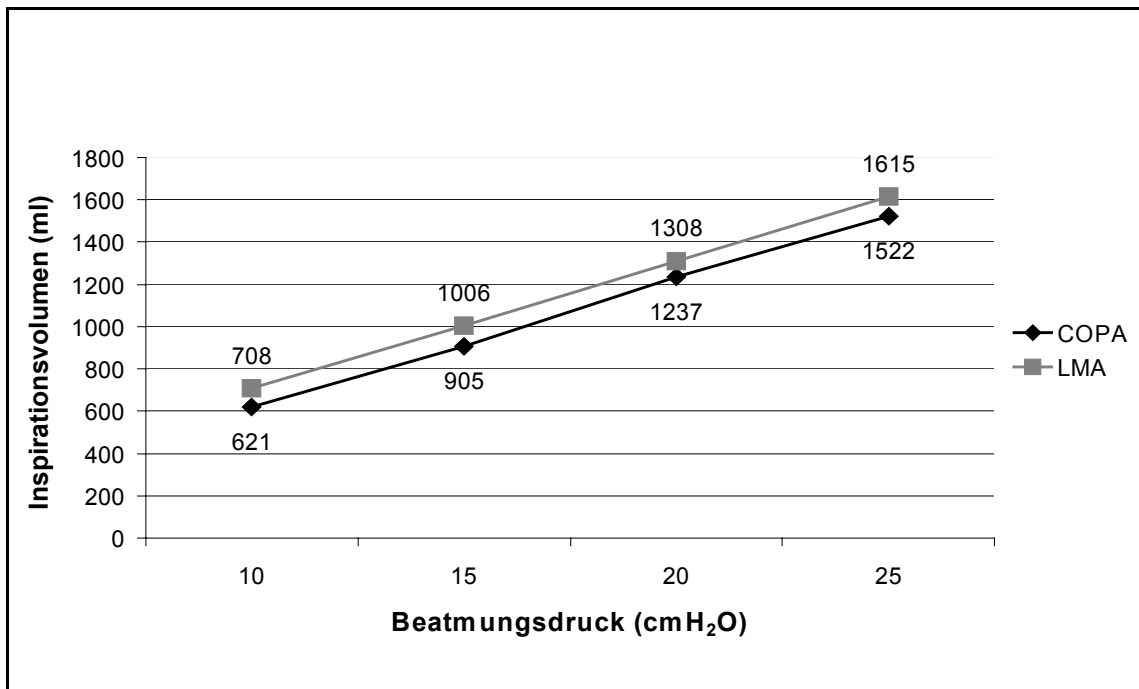
Die Standardabweichung beträgt bei allen Druckstufen etwa 60 ml für COPA™ und etwa 40 ml für die LMA. Dies trifft sowohl für das Inspirations- als auch für das Expirationsvolumen zu.

3.5.1. Vergleich der Inspirationsvolumina bei verschiedenen Beatmungsdrücken

Bei einem Beatmungsdruck von 10 cmH₂O wurde bei Beatmung mit COPA™ ein mittleres Inspirationsvolumen von 621 ml erreicht, bei Verwendung der LMA ein Volumen von 708 ml. Bei einem Beatmungsdruck von 15 cmH₂O wurde bei COPA™ ein durchschnittliches Inspirationsvolumen von 905 ml, bei der LMA von 1006 ml erhoben. Bei 20 cmH₂O wurde für COPA™ ein Inspirationsvolumen von 1237 ml, bei der LMA eines von 1308 ml gemessen. Bei einem Beatmungsdruck von 25 cmH₂O wurde bei Verwendung von COPA™ im Durchschnitt 1522 ml, bei der LMA 1615 ml Inspirationsvolumen registriert. Die statistische Analyse ergibt, daß das Inspirationsvolumen bei beiden Masken linear mit dem Beatmungsdruck ansteigt. Der Zuwachs beträgt etwa 60 ml pro

cmH₂O. Im Mittel kann mit der LMA ein Inspirationsvolumen verabreicht werden, das für alle Beatmungsdrücke um etwa 100 ml größer ist als bei Verwendung von COPA™ (Abb. 15).

Abbildung 15: Durchschnittlich gemessene Inspirationsvolumina bei verschiedenen Beatmungsdrücken

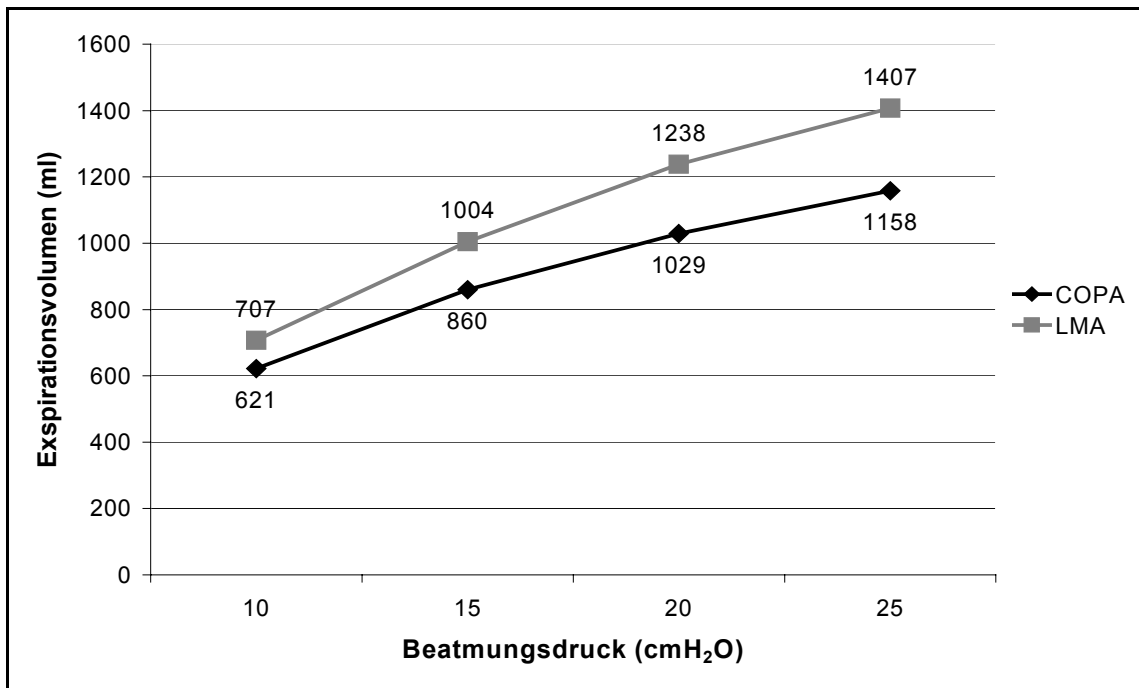


3.5.2. Vergleich der Expirationsvolumina bei verschiedenen Druckeinstellungen

Bei einem eingestellten Druck von 10 cmH₂O wurde bei Verwendung von COPA™ ein mittleres Expirationsvolumen von 621 ml, bei der LMA ein mittleres Volumen von 707 ml erreicht. Bei 15 cmH₂O Beatmungsdruck wurde bei Verwendung von COPA™ ein durchschnittliches Expirationsvolumen von 860 ml, bei Einsatz der LMA ein Volumen von 1004 ml gemessen. Bei einem Insufflationsdruck von 20 cmH₂O wurde bei Beatmung mit COPA™ ein Expirationsvolumen von 1029 ml, bei Verwendung der LMA von 1238 ml registriert. Beim maximalen untersuchten Beatmungsdruck (25 cmH₂O) wurde

unter Beatmung mit COPA™ ein mittleres Expirationsvolumen von 1158 ml, bei Verwendung der LMA von 1407 ml erhoben.

Abbildung 16: Durchschnittliche Expirationsvolumina bei COPA™ und LMA bei zunehmendem Beatmungsdruck



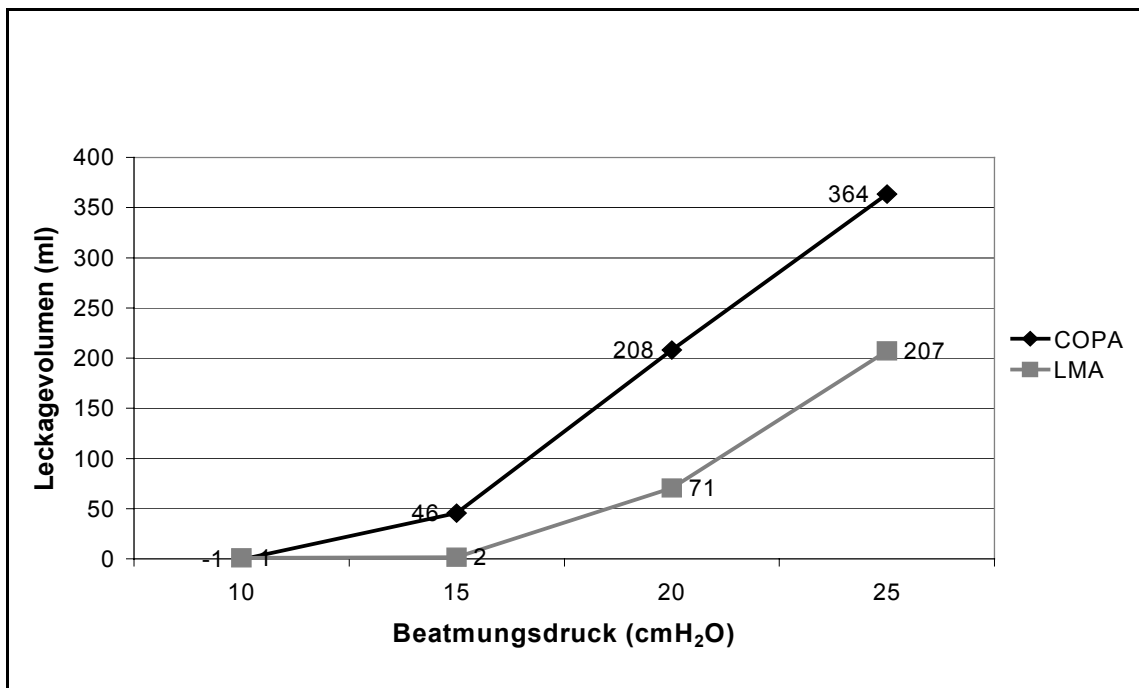
3.5.3. Vergleich der Leckagevolumina

Bei einem Beatmungsdruck von 10 cmH₂O trat sowohl bei COPA™, als auch bei der LMA keine Leckage auf. Bei 15 cmH₂O Beatmungsdruck wurde bei Beatmung mit COPA™ eine Leckage von 46 ml, entsprechend 5 % des durchschnittlich verabreichten Inspirationsvolumens (V_{insp.}), gemessen, bei der LMA von 1,5 ml. Bei einer Druckerhöhung auf 20 cmH₂O betrug die durchschnittliche Größe der Leckage bei COPA™ 208 ml. Dies entspricht 17 % des durchschnittlich verabreichten V_{insp.}. Bei Verwendung der LMA betrug die Leckage bei dieser Druckeinstellung 71 ml, also 5 % von V_{insp.}. Bei einem Beatmungsdruck von 25 cmH₂O wurde bei COPA™ eine Leckage von 364 ml oder 24 % von V_{insp.}, bei der LMA von 207 ml oder 13 % von V_{insp.} gemessen.

Bei Einstellen eines Expirationsvolumens von 10 ml/kgKG ergab sich für COPA™ ein durchschnittlicher Beatmungsdruck von $16,8 \pm 3,4$ cmH₂O, für die LMA $15,5 \pm 2,8$ cmH₂O. Die Leckagewerte sind in Abb. 17 dargestellt.

Abbildung 17: Darstellung des durchschnittlich durch Leckagen entwichenen Volumens von COPA™ und LMA bei steigenden Beatmungsdrücken

(Das Leckagevolumen errechnet sich durch Subtraktion des Expirationsvolumens ($V_{\text{exp.}}$) vom Inspirationsvolumen ($V_{\text{insp.}}$)



Die Abbildung zeigt, daß COPA™ bereits bei geringeren Beatmungsdrücken höhere Leckagevolumina aufweist als die LMA. Die Unterschiede zwischen beiden Masken nehmen mit steigendem Beatmungsdruck zu. Während bei 10 cmH₂O noch kein Unterschied besteht, beträgt der Unterschied bei 15 cmH₂O 50 ml, bei 20 cmH₂O 140 ml und bei 25 cmH₂O 150 ml.

Die LMA entwickelt erst bei einem um etwa 5 cmH₂O höheren Beatmungsdruck ein mit COPA™ vergleichbares Leckageausmaß. Beide Masken zeigen ab einem jeweils bestimmten Schwellenwert (COPA™ ab 15 cmH₂O; LMA ab 20 cmH₂O) ein Ansteigen der Leckage mit steigendem Beatmungsdruck. Bei in der Praxis

angewendeten Beatmungsdrücken bis 15 cmH₂O jedoch sind die Leckagevolumina bei beiden Masken gering.

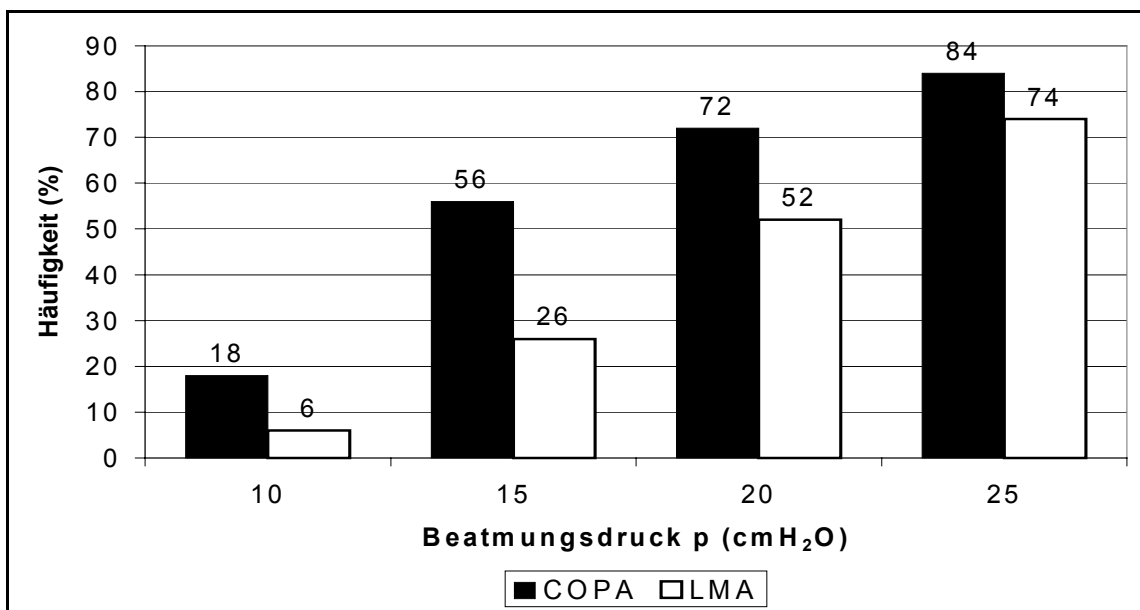
3.5.4. Geräusche im Rachen- und Magenbereich

3.5.4.1 Geräusche im Rachenbereich

Bei einem Beatmungsdruck von 10 cmH₂O waren bei Verwendung von COPA™ in neun (18 %), bei der LMA in drei (6 %) Fällen Geräusche durch neben der Maske austretende Luft zu hören. Wurde der Druck auf 15 cmH₂O erhöht, waren bei COPA™ 28-mal (56 %), bei der LMA 13-mal (26 %) Leckagegeräusche im Rachenraum hörbar. Bei Einstellen eines Beatmungsdruckes von 20 cmH₂O entwich bei COPA™ in 36 (72 %), bei der LMA in 26 (52 %) Fällen hörbar Luft neben der Maske. Bei 25 cmH₂O konnten bei COPA™ bei 42 (84 %) Patienten, bei der LMA bei 37 (74 %) Patienten Geräusche im Rachenraum gehört werden. Das Einstellen eines Expirationsvolumens von 10 ml/kgKG führte bei COPA™ in 16 (32 %), bei LMA in 6 (12 %) Fällen zu hörbaren Geräuschen im Rachenraum (Abb.18).

Abbildung 18: Geräusche im Rachenbereich durch neben der jeweiligen Maske austretende Luft bei verschiedenen Beatmungsdrücken in Prozent

(n gesamt = 49 Probanden)



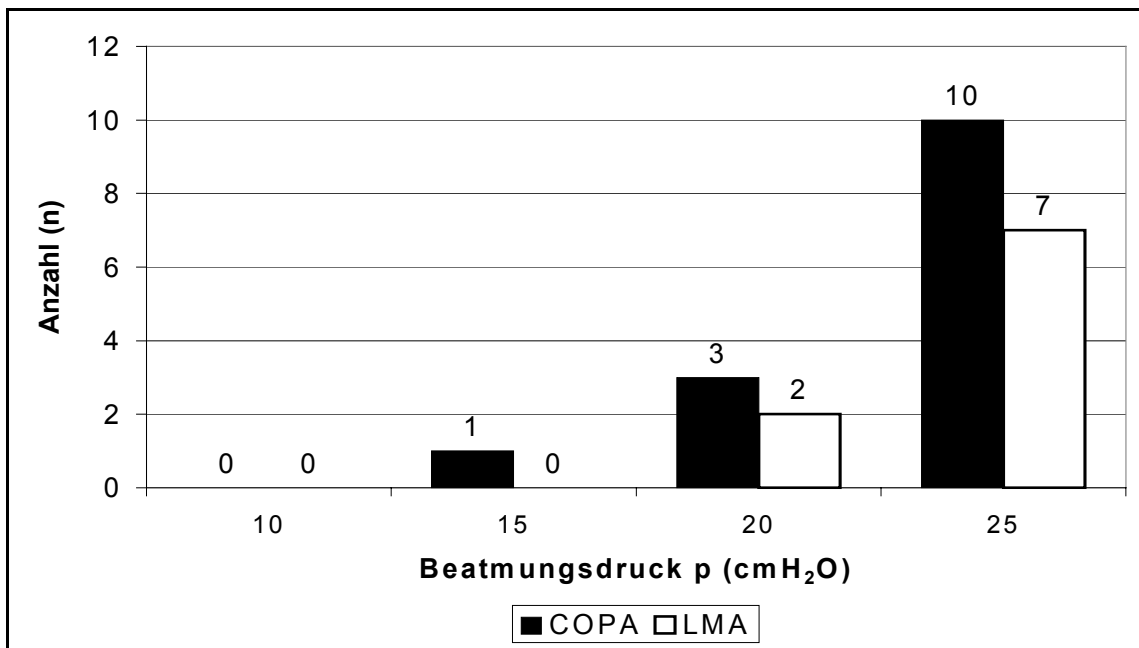
Neben dem zu erwartenden Befund einer steigenden Anzahl von Leckagegeräuschen mit steigendem Beatmungsdruck wurden bereits Leckagegeräusche bei relativ geringen Drücken und bei suffizienter Beatmung vorgefunden. Bei mit COPA™ beatmeten Patienten traten früher und häufiger Leckagegeräusche auf. Eine vergleichbare Entwicklung des Auftretens von Leckagegeräuschen konnte, wie bei den tatsächlich aufgetretenen Leckagevolumina auch, bei der LMA erst ab einem um etwa 5 cmH₂O höheren Beatmungsdruck beobachtet werden.

3.5.4.2 Geräusche im epigastrischen Bereich als Zeichen der Mageninsufflation

Insgesamt wurde eine epigastrisch auskultierbare Insufflation des Magens bei Verwendung von COPA™ bei zehn, bei Beatmung mit der LMA bei sieben Patienten festgestellt. Bei einem Beatmungsdruck von 10 cmH₂O wurden weder bei COPA™, noch bei der LMA beatmungsabhängige Geräusche im Magenbereich auskultiert. Bei 15 cmH₂O Beatmungsdruck wurde lediglich bei COPA™ in einem Fall (2 %) ein Geräusch im Magenbereich registriert. Erhöhte man den Druck auf 20 cmH₂O, konnten insgesamt bei COPA™ dreimal (6 %), bei der LMA zweimal (4 %) Insufflationsgeräusche in der Magengegend auskultiert werden. Bei 25 cmH₂O waren Magengeräusche bei COPA™ zehnmal (20 %), bei der LMA siebenmal (14 %) zu hören. Der Druck bei einem eingestellten Expirationsvolumen von 10 ml/kgKG reichte bei keiner Maske aus, um epigastrisch auskultierbare Geräusche zu erzeugen (Abb.19).

Abbildung 19: Durch Auskultation detektierte Geräusche im Magenbereich bei verschiedenen Beatmungsdrücken

(n gesamt = 49 Probanden)



Der durchschnittliche Beatmungsdruck, bei dem bei Beatmung mit COPA™ erstmals epigastrisch auskultierbare Geräusche auftraten, lag bei $23,0 \pm 3,3$ cmH₂O. Wurde die LMA verwendet, so lag der durchschnittliche Beatmungsdruck beim Auftreten dieser Geräusche bei $23,6 \pm 2,3$ cmH₂O.

Die durchschnittlichen Beatmungsdrücke bei Auftreten epigastrisch auskultierbarer Geräusche lagen bei beiden Maskentypen also etwa im selben Bereich. In den Druckbereichen, die normalerweise bei Narkosen angewendet werden, waren epigastrisch auskultierbare Geräusche, bis auf einen Fall bei Verwendung von COPA™, überhaupt nicht festzustellen. Mögliche Konsequenzen der Mageninsufflation in Form von Regurgitationen traten nicht auf.

3.6. Probleme, intraoperativ und postoperativ

Intra- und postoperative Komplikationen traten in der gesamten Studie selten auf. Besonders bei den postoperativen Befunden erwies sich eine Zuweisung zum verursachenden Maskentyp aufgrund des Cross-Over-Studiendesigns als schwierig.

3.6.1. Intraoperative Komplikationen

Während der Narkose husteten je zwei mit COPA™ und LMA beatmete Patienten. Bei Verwendung von COPA™ trat während der fiberoptischen Untersuchung bei einem Patienten ein Laryngospasmus auf. Jede dieser Komplikationen konnte durch eine Vertiefung der Narkose behoben werden.

3.6.2. Schwierigkeiten in der Ausleitungsphase und postoperative Befindlichkeit

3.6.2.1. Postoperative Befindlichkeit der Patienten

Fünf Patienten gaben an, Halsschmerzen zu haben, zwei waren heiser und ein Patient hatte Schluckbeschwerden. Direkt postoperativ trat bei einem Patienten leichter Husten auf, der sich aber im klinischen Verlauf rasch besserte.

3.6.2.2. Verletzungen:

Leichte Verletzungen konnten in 18 Fällen festgestellt werden. Dabei ließ sich nur dann eindeutig ermitteln, welche Maske die Verletzung verursacht hatte, wenn die Blessur nach dem Entfernen des zuerst eingeführten Tubus bemerkt wurde oder die zuerst eingeführte Maske nach Entfernen blutig tingiert war. Wurde die Verletzung nach Entfernen der als zweite eingeführten Maske entdeckt oder war die als zweite eingeführte Maske blutig tingiert, konnte nicht ausgeschlossen werden, daß bereits eine Verletzung durch die erste Maske vorlag und erst später symptomatisch wurde.

COPA™ und LMA ließen sich jeweils drei Läsionen eindeutig zuordnen. In zwölf Fällen konnte nicht eindeutig festgestellt werden, welche Maske die Verletzung verursacht hatte.

Im Einzelnen traten als Verletzungen bei Verwendung von COPA™ eine leichte Schleimhautverletzung der Epiglottisrückseite, die während der fiberoptischen Untersuchung der danach eingesetzten LMA diagnostiziert werden konnte und eine kleine blutige Läsion einer Lippe auf. In einem weiteren Fall war die

COPA™ beim Entfernen leicht blutig tingiert, was auf eine Verletzung schließen läßt, welche jedoch nicht sichtbar war.

Bei Einsatz der LMA traten eine kleine blutige Läsion einer Lippe und eine leichte Schleimhautverletzung des harten Gaumens auf. Bei einem weiteren Patienten war die Maske beim Entfernen blutig tingiert.

Sechs Schleimhautverletzungen des Rachens, zumeist des harten Gaumens, drei blutige Läsionen der Lippe und eine Verletzung des Zahnfleisches wurden vorgefunden, ohne daß ein bestimmtes Maskenmodell als Ursache zuzuordnen war. Bei zwei Patienten war die zuletzt entfernte Maske blutig tingiert.

Bei den erhobenen Blessuren handelte es sich durchweg um leichte Epithelverletzungen.

4. DISKUSSION

4.1 Bemerkungen zur Einführtechnik

Für die LMA herrscht unter Anaesthesisten eine große Varianz in der Wahl der angewendeten Einführmethode. Dabei ist die von Brain vorgesehene "Standardmethode", bei der der Cuff völlig entleert ist, zumindest nach einer in Wales erhobenen Studie, die am häufigsten angewendete, gefolgt von der Einführung mit teilinsuffliertem Cuff (Dingley und Asai, 1996). Vorausgehende Studien sehen die Einführtechnik der Maske mit völlig entleertem Cuff gegenüber Einführtechniken mit teilweiser oder voller Cuffblockung als überlegen an, sowohl hinsichtlich der fiberoptisch kontrollierten Position, die die Maske im Larynx einnimmt, als auch bezüglich des geringeren Auftretens von Problemen bei der Platzierung (Brimacombe und Berry, 1993 c). Dieselbe Studie fand auch eine größere Zahl von Fällen vor, bei denen die Epiglottis durch den teilweise befüllten und damit voluminöseren Cuff zurückgeklappt wurde.

Dafür scheint das Auftreten postoperativer Halsschmerzen und Verletzungen des Rachenraums bei vorgeblocktem Cuff durch die weichere und abgerundete Kante des Cuffs geringer zu sein (Wakeling et al., 1997). Auch eine Stabilisierung des Cuff mit einem selteneren Zurückklappen der Cuffspitze durch Befüllung vor dem Einführen der Maske wird vermutet (Southern et al, 1992).

Die in der vorliegenden Studie angewandte Technik sah eine minimale Blockung des LMA-Cuffs von 5 ml vor und soll einerseits eine sichere Positionierung und andererseits eine Reduzierung von Verletzungen und postoperativem Halsschmerz bewirken. Zum Vergleich wurde in der oben zitierten Studie von Brimacombe und Berry beispielsweise die teilinsufflierte Maske der Größe 4 mit durchschnittlich 17,5 ml Luft befüllt.

Zur Bestätigung war der in vorliegender Studie vorgefundene fiberoptische Score von 3 mit dem Wert vergleichbar, der bei völlig entleertem Cuff in der Studie von Brimacombe und Berry vorgefunden wurde und 3,4 betrug. Verglichen mit

dem dort bei halb befülltem Cuff erhobenem Befund von 2,4 war der in vorliegender Studie vorgefundene Score günstiger.

Dennoch ist eine Beeinflussung des in vorliegender Studie bei der LMA erhobenen Scores durch die angewendete Einführtechnik denkbar.

Der Einfluß auf die postoperativen Komplikationen ließ sich aufgrund des Studiendesigns nicht beurteilen.

Studien zur Einführtechnik von COPA™ liegen derzeit noch nicht vor.

4.2. Lernkurve

Theoretisch wäre eine Verfälschung der in dieser Studie erhobenen Ergebnisse bezüglich der zum Erreichen einer guten Platzierung der Maske notwendigen Maßnahmen durch Lerneffekte denkbar.

Lopez-Gil et al. fanden bei einer Untersuchung von 600 Einsätzen der LMA bei Kindern eine signifikante ($p < 0,05$) Senkung der Problemrate (von 62 % auf 2 % innerhalb von 75 Einsätzen) aufgrund wachsender Erfahrung mit dem Gerät (Lopez-Gil et al., 1996 a). Eine weitere Studie der gleichen Gruppe an 1400 pädiatrischen Patienten bestätigte ihre Beobachtung (Lopez-Gil et al., 1996 b).

Eine Langzeituntersuchung zur LMA bei Erwachsenen gibt Hinweise auf eine Langzeit-Lernkurve (Brimacombe, 1996). In dieser Studie wurden jedoch 1500 LMA-Einsätze durchgeführt und eine Verbesserung der Anwendung der LMA innerhalb der letzten 750 Einsätze, verglichen mit den ersten 750 Einsätzen vorgefunden.

Beide an dieser Studie beteiligten Anaesthesisten konnten zu Studienbeginn je ca. 150 Einsätze sowohl mit der LMA als auch mit COPA™ vorweisen. Damit war ihre Erfahrung größer als die in der Studie von Lopez-Gil angegebenen 75 Einsätze, lag aber noch weit unter der von Brimacombe angegebenen Schwelle von 750 Einsätzen. Darum ist eine deutliche Überlagerung der Studie durch gravierende Lerneffekte der beteiligten Anaesthesisten bei deren Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Studie als unwahrscheinlich anzusehen.

Aussagen über eine mögliche Lernkurve bei Verwendung von COPA™ sind derzeit kaum untersucht. Dounas et al. befanden bei einem Erfolg von 97 % beim ersten Versuch, COPA™ einzuführen, eine Lernperiode für unnötig (Dounas et al, 1999). Brimacombe et al. fanden dagegen in einer Untersuchung von 50 Einsätzen von COPA™ durch zwei Anaesthesisten, zumindest bei dieser begrenzten Anzahl an Erfahrungswerten, weniger Wechsel der verwendeten Maskengröße und seltener die Notwendigkeit der dauerhaften manuellen Kieferunterstützung bei den letzten 25 Einsätzen von COPA™, verglichen mit den ersten 25, vor. Dies könnte einen Hinweis auf eine mögliche Lernkurve darstellen (Brimacombe und Berry, 1998). Danach können die in dieser Studie involvierten Anaesthesisten mit jeweils 150 vorangegangenen Einsätzen als mit dem Gerät erfahren angesehen werden, so daß auch hier eine Verfälschung des Ergebnisses durch Lerneffekte unwahrscheinlich ist.

4.3. Korrekturmaßnahmen

Bei den notwendigen Manipulationen zum Erreichen eines adäquaten Luftwegs beim Einsetzen der Masken zeigten sich zwischen COPA™ und LMA deutliche Unterschiede.

Um eine zufriedenstellende Beatmung der Patienten zu erreichen, mußten bei COPA™ mit 111 Maßnahmen bei 50 Patienten signifikant mehr Korrekturmaßnahmen durchgeführt werden als bei der LMA mit 29 Maßnahmen pro 50 Patienten. Dieser signifikante Unterschied an nötigen Korrekturen zwischen den beiden Maskentypen bestätigt die Befunde der vorausgehenden Studie von Greenberg et al. (Greenberg et al., 1998). In einer Studie von Brimacombe et al. (Brimacombe et al, 1998) wird zwischen größeren Maßnahmen wie dem Auswechseln der Maske oder dauerhaftem Anheben des Kinns einerseits, und kleineren Korrekturen wie Lageveränderungen des Kopfes oder der Maske und Änderung des Cuffvolumens andererseits, unterschieden. Dabei ergab sich für die „größeren“ Maßnahmen ein Verhältnis von etwa 45 % für COPA™ und von

etwa 12 % für die LMA ($p < 0,00004$), für die kleinen Korrekturen eines von etwa 14 % für COPA™ und 0 % bei der LMA ($p < 0,001$).

Ein Unterschied der vorliegenden Studie zu anderen Untersuchungen besteht darin, daß hier wesentlich mehr Korrekturen unternommen wurden. Die Abweichung der Werte erklärt sich durch die Tatsache, daß sich das Spektrum der unternommenen Maßnahmen in der vorliegenden Studie mit dem in den anderen Untersuchungen nicht völlig deckt. Beispielsweise wurde bei Greenberg et al. bei etwa 30 % der Beatmungen mit COPA™ das Kinn dauerhaft manuell angehoben, bei Brimacombe et al. gar bei 42 %. In der vorliegenden Studie hingegen wurde nur solange mit verschiedenen Maßnahmen manipuliert, bis die Qualität der Beatmung soweit stabilisiert werden konnte, daß kein dauerhaftes Eingreifen mehr nötig war. Dadurch war die bei beiden Masken als Vorteil beschriebene Bewegungsfreiheit der Hände gewährleistet. Diese methodischen Unterschiede macht die einzelnen Studien strenggenommen nicht direkt vergleichbar. Die Tendenz, daß COPA™ wesentlich mehr Maßnahmen zum Erreichen eines stabilen Luftwegs benötigt, ist aber in allen Studien deutlich zu sehen. In einer neueren Studie beispielsweise wurde mit 27,8 % bei Verwendung von COPA™ gegen 4,4 % bei Einsatz der LMA ebenfalls eine signifikant höhere Anzahl von Manipulationen durchgeführt ($p < 0,0001$) (Voyagis et al., 1999). Weitere Studien belegen die erheblich höhere Rate an Manipulationen beim Einsetzen von COPA™ (Hsu et al., 1998; Ezri et al., 1999).

Die Unterschiede in der Anzahl der Maßnahmen könnte in der unterschiedlichen anatomischen Position begründet liegen, die die beiden Maskentypen im Pharynx einnehmen. Während nach Greenberg die LMA im engeren und damit leichter abdichtbaren distalen Abschnitt des konisch zulaufenden Hypopharynx platziert wird, liegt die typische Position von COPA™ im weiteren und damit schwerer abdichtbaren proximalen Abschnitt (Greenberg et al., 1998). Brimacombe et al. problematisieren ebenfalls die proximalere Lage von COPA™ im Pharynx. Sie erklären sich die instabilere Lage von COPA™ so, daß hier die Lücke zwischen dem distalen Maskenende und dem Larynxeingang sehr variabel ist, während sie

bei der LMA vernachlässigt werden kann (Brimacombe et al, 1998). Die Größe der Lücke mache COPA™ anfälliger für eine Verlegung durch die erschlaffte Pharynxmuskulatur (Brimacombe und Berry, 1998). Daß der Muskeltonus der Pharynxmuskulatur im vollnarkotisierten Patienten nachläßt, konnte zumindest in einer Studie über die Verabreichung von Thiopental nachgewiesen werden (Drummond, 1989).

Daß der Abstand von Tubusende zu Stimmbandebene bei COPA™ deutlicher variiert als bei der LMA, konnte in der vorliegenden Studie allerdings nicht bestätigt werden. In dieser Untersuchung schwanken die Abstände vom aboralen Tubusende zur Stimmritze bei COPA™ von 2,5 bis acht cm. Der durchschnittliche Abstand betrug $4,9 \pm 1,25$ cm. Bei der LMA waren unterschiedliche Abstände im Bereich von drei bis neun cm zu vermerken. Im Mittel betrug die Distanz $5,66 \pm 1,02$ cm. Dies könnte darauf hinweisen, daß die von Brain (Brain, A.I.J., 1983; Brain et al., 1985) nach anatomischen Modellen geformte LMA eher durch ihre Konstruktionsweise als durch die Distanz zur Stimmritze besser abdichtet als der flexible Cuff der COPA™.

Trotz methodischer und dadurch auch quantitativer Unterschiede bleibt allen Untersuchungen der gemeinsame Befund, daß die LMA bis zum Erreichen adäquater Beatmungsbedingungen signifikant weniger Korrekturmaßnahmen benötigt als COPA™.

4.3.1. Differenzierung nach Maskengrößen

Differenziert man dieses Ergebnis weiter und untersucht die verwendeten Größen des jeweiligen Maskentyps separat, so fällt auf, daß die Häufigkeit der Korrekturmaßnahmen bei der LMA der Größe 4 zu denen der COPA™-Maske der Größe 11 keine Unterschiede zeigt. Verglichen mit COPA™ der Größe 10 sind die Korrekturmaßnahmen bei allen anderen Maskentypen und -größen signifikant geringer. Lediglich die LMA der Größe 5 hebt sich auch gegen die LMA der Größe 4 signifikant ab. Diese Tatsache legt den Schluß nahe, daß sich die voluminösere der beiden Larynxmasken den anatomischen Verhältnissen im

Rachenraum auf Anrieb besser anpaßt und ihn somit auch effektiver abdichtet. Somit wäre die Größe der Maske neben der anatomischen Lage ein weiterer Faktor für das Erreichen eines sicheren Luftwegs. Das bessere Abschneiden der voluminöseren COPA™-Maske bestärkt diese These.

Die Größe der Maske kann auch durch eine Veränderung des Cuffvolumens erreicht werden. Diese Möglichkeit wurde in vorliegender Studie allerdings nur zweimal wahrgenommen, so daß der Vergleich dieses Mittels gegenüber dem Auswechseln gegen eine größere Maske Gegenstand einer weiteren Untersuchung sein müßte.

Mit zunehmender Größe könnte aber auch der Druck auf die Rachenschleimhaut zunehmen, wodurch die Schleimhautdurchblutung der Patienten gefährlich verringert werden könnte. Diese Vermutung konnte jedoch nach einer Studie von Keller und Brimacombe, die Drücke auf die Rachenschleimhaut bei COPA™ und LMA verglich, bezüglich der LMA nicht bestätigt werden. Diese Studie wies für COPA™ durchweg signifikant höhere Druckwerte an Zungengrund, lateralem und posteriorem Larynx nach. Lediglich für den distalen Oropharynx waren die Druckwerte zwischen COPA™ und LMA vergleichbar. Die für eine gewährleistetete Durchblutung der Kapillaren gesetzte Druckgrenze von 41 cmH₂O wurde bei der LMA nur in einem Fall (5 %) überschritten, bei Verwendung von COPA™ in 30-50 % der Fälle (Keller und Brimacombe, 1999). Ein geschlechtsspezifischer Vergleich der Larynxmasken der Größen vier und fünf bezüglich des Drucks auf die Rachenschleimhaut ergab interessanterweise eine unterschiedliche Druckverteilung bei Frauen und Männern für die Größe 4, jedoch keinen Unterschied für die Maske der Größe 5 (Brimacombe und Keller, 1999).

Obwohl die LMA der Größe 5 ursprünglich für Patienten über 90 kgKG gedacht war, konnten bei der in dieser Studie erweiterten Indikation mit der Verwendung der Größe 5 bereits für Patienten ab 70 kg KG hinsichtlich der Anzahl an Manipulationen sowie der Dichtigkeit sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

4.4. Fiberoptische Untersuchung

4.4.1. Vergleich der Lage der Masken zur Stimmbandenebene

Insgesamt ergab sich für die LMA ein Score mit einem Median von 3, für COPA™ ein Median von 1. Eine ausschließliche und freie Sicht auf die Stimmbänder (Score 4) wurde bei der LMA in 42 %, bei COPA™ nur in 4 % der Fälle festgestellt. Bei einem direkten Vergleich der Maskenpositionen beim gleichen Patienten wurde die LMA in 40/50 Fällen (80 %) mit einem höheren Score bewertet.

Dieser Befund bedarf jedoch differenzierter Betrachtung. Der bei der fiberoptischen Untersuchung verwendete Score wurde von Brimacombe und Berry entwickelt, um fiberoptisch evaluierte Positionen der LMA zu normieren und somit mit anderen LMA-Studien vergleichbar zu machen (Brimacombe und Berry, 1993). Die Anwendung dieses Scores auf COPA™ ist durch ihre von der LMA verschiedene anatomische Lage, die der eines Guedel-Tubus entspricht, nur bedingt möglich, weil sie a priori einen Nachteil für die Bewertung von COPA™ enthält. Bei korrekter Lage von COPA™ kommt die Epiglottis dorsal des Tubusendes zu liegen (Greenberg et al., 1998), womit folglich fiberoptisch durch den Tubus die anteriore Seite der Epiglottis gesehen wird. Die Sicht auf die anteriore Epiglottis bei guter Beatmung entspricht Score 3. Für die LMA ist die vorgesehene Position der Epiglottis ventral des Tubusendes, bei fiberoptischer Sicht durch den Tubus wird also auf die posteriore Epiglottis geblickt, was Score 2 entspricht.

Für die LMA birgt Score 2, bei dem von ventral auf die Epiglottis gesehen wird, die Gefahr, daß bei zu tiefem Sitz des Tubus durch Umklappen des Kehldeckels die Atemwege in beeinträchtigender Weise verlegt werden. Dieses Umklappen wurde bereits in einer vorausgehenden Studie als häufigste Ursache für eine Atemwegsverlegung bei Verwendung der LMA angegeben (Brodrick et al., 1989). Somit könnte dieser Score für die LMA als potentiell gefährlich betrachtet werden. Für COPA™ ist diese Position vom Erstbeschreiber als anatomisch

korrekter Sitz der Maske, analog der eines Guedeltubus, geschildert worden (Greenberg et al., 1998). Somit kann dieses Score-System nicht zum direkten Vergleich von LMA und COPA™ herangezogen werden, erlaubt aber zum einen den Vergleich der in dieser Studie erhobenen Befunde für die LMA mit vorausgegangenen Studien, die dasselbe Score-System verwendet haben und deren Befunde hier bestätigt werden konnten. Zum anderen gibt es bei entsprechend vorsichtiger Interpretation Anhaltspunkte über die Lage von COPA™ zur Stimmbandebene. Da, wie erwähnt, die vorgesehene Lagen von COPA™ und LMA im Larynx nicht identisch sind, ist mit dieser Klassifizierung ein direkter quantitativer Vergleich der von beiden Masken erreichten Scores nicht möglich.

Ein Kriterium der Score-Einteilung ist die Sicht auf die Stimmritze, die von Score 2 bis 4 gegeben ist. In der vorliegenden Studie waren die Stimmbänder bei der LMA bei 90 % der Einsätze zu sehen, was durchaus im Bereich vorausgehender Studien mit 97,1 % bei Brimacombe (Brimacombe 1996), 96 % bei Bapat und Verghese (Bapat und Verghese, 1997) und 87,5 % bei Ezri et al. (Ezri et al., 1999) liegt. Fordert man für einen perfekten Sitz der LMA die fiberoptische Sicht der Stimmbandebene, so wäre in vorliegender Studie eine potentielle Verlegung der LMA in 10 % der Fälle zu attestieren, auch wenn dies hier keinen Einfluß auf die Beatmungsqualität hatte.

Bei Verwendung von COPA™ war die Stimmritze bei 35 % der Anwendungen sichtbar, was etwa dem Befund entspricht, den auch Ezri et al. in ihrer Studie vorgefunden haben. In deren Studie waren die Stimmbänder bei Beatmung mit COPA™ in 40 % der Fälle sichtbar, was aber auch dort die Beatmungsqualität, außer in zwei Fällen, nicht beeinflusste. (Ezri et al., 1999). In einer fiberoptischen Evaluation von COPA™ durch Brimacombe und Berry (Brimacombe und Berry, 1998) waren die Stimmbänder unter Spontanatmung in 29 % der Fälle sichtbar.

Da bei der Untersuchung von COPA™ trotz schlechter Sicht auf die Stimmbandebene keine Beeinflussung der Beatmungsqualität auszumachen war, scheint dies kein Kriterium für die Qualität ihrer Lage darzustellen.

4.4.2. Untersuchung der Lage der Epiglottis zur Tubusöffnung

Vorausgehende fiberoptische Untersuchungen der LMA ergaben eine partielle Atemwegsobstruktion in 10 % der Fälle bei Erwachsenen (Payne, 1989, Brodrick et al., 1989) und sogar von 25-50 % bei Kindern (Rowbottom und Simpson, 1990). Dafür wird eine teilweise Verlegung des Lumens durch Umklappen der Epiglottis oder durch Einfaltung der Plica aryepiglottica verantwortlich gemacht. In der vorliegenden Studie wurde eine zumindest teilweise Verlegung des Tubus durch die Epiglottis bei 21 Beatmungen mit COPA™ (42 %) , bei der LMA in 15 Fällen (30 %) festgestellt. Der Anteil der teilweisen Atemwegsobstruktion bei der LMA erwies sich somit als höher als in der Literatur angegeben. In keinem Fall führte dieser Befund jedoch zu einer klinisch bemerkbaren Beatmungsverschlechterung.

Insgesamt zeigt sich, daß die LMA öfter die Sicht auf die Stimmbandebene ermöglicht als COPA™, auch wenn eine Beeinflussung der Beatmungsqualität damit nicht einhergeht. Trotz partieller Atemwegsverlegungen und manchem anatomisch nicht perfekten Sitz der Masken im Larynx war mit der LMA, aber bis auf drei Fälle auch mit COPA™, immer eine klinisch gesehene gute Beatmung möglich. Dies bestätigt die Erkenntnisse vorhergehender fiberoptischer Untersuchungen bei Erwachsenen und Kindern für die LMA (Pothmann et al., 1992, Rowbottom et al., 1991, Payne, 1989, Brimacombe, 1991)). Auch radiologische (Nandi et al., 1991, Molloy, 1991), computertomographische (Martin, 1990) sowie Magnetresonanz-Untersuchungen (Denman et al., 1991) attestieren der LMA das Vermögen, durch ihre Konstruktionsweise auch schlechte Plazierungen auszugleichen und eine suffiziente Beatmung zu ermöglichen. Brain erklärt diesen Umstand bezüglich der LMA damit, daß die Fiberoptik lediglich eine zweidimensionale Aufsicht auf den Tubusausgang ermöglicht, während in Wirklichkeit Gas seitlich des Latexgitters in den Rachenraum strömen kann und somit der Gasfluß gewährleistet bleibt (Brain, 1991).

Rowbottom et al. (Rowbottom et al., 1991), die die Position der LMA bei Kindern fiberoptisch untersuchten, bieten eine zusätzliche mögliche Erklärung

für die geringe Auswirkung der partiellen Atemwegsverlegung auf die Beatmungsqualität. Diese könnte dadurch entstehen, daß das Maskenende und die Luftröhre im Gegensatz zum Endotrachealtubus nicht direkt ineinandergeschoben werden, sondern praktisch eine End-zu-End Verbindung darstellen, in der der voluminöse Larynx als Verbindungsstück fungiert. Durch das Lumen im Larynxbereich können kleinere Verlegungen umströmt werden.

Dieselben Prinzipien gelten für COPA™. Dies könnte erklären, warum auch bei einer Untersuchung der COPA™ nur eine schwache Beziehung vom fiberoptischen Befund zur Qualität des Luftwegs festgestellt werden konnte (Brimacombe und Berry, 1998).

Diese Befunde zeigen, daß eine partielle Verlegung der LMA bzw. COPA™ nicht zwingend eine mangelhafte Beatmung zur Folge haben muß.

4.4.3. Fiberoptische Untersuchung des oberen Oesophagussphinkters und Vergleich der Mageninsufflationen bei verschiedenen Beatmungsdrücken

Der Widerstand, der überwunden werden muß, damit Luft druckbedingt in den Magen eindringen kann, läßt sich theoretisch in drei Einzelkomponenten aufteilen. Den oberen Oesophagussphinkter, den Oesophagus selbst und den unteren Oesophagussphinkter. Die innerhalb dieser Studie durchgeführte fiberoptische Untersuchung der Auswirkung steigender Beatmungsdrücke auf den oberen Oesophagussphinkter bei Beatmung mit COPA™ zeigte erwartungsgemäß eine häufigere Öffnung des oberen Oesophagussphinkters mit steigendem Beatmungsdruck. So war bei einem Beatmungsdruck von 25 cmH₂O bei 52 % der Probanden eine vollständige Öffnung des oberen Oesophagussphinkters zu sehen. Allerdings war auch bei einem kleinen Anteil von 6 % der Patienten bereits bei einem Beatmungsdruck von 10 cmH₂O der obere Oesophagussphinkter vollständig geöffnet. Das Überwinden des Widerstands des oberen Oesophagussphinkters kann die Gefahr der Mageninsufflation erhöhen, da der untere Oesophagussphinkter dem Beatmungsdruck nunmehr ungeschützt ausgesetzt ist und diesem daher leichter nachgeben wird. Ein großer Teil des

„Gesamtwiderstands“ ist zu diesem Zeitpunkt ja bereits überwunden. Damit ist ein kleiner Teil der Patienten potentiell bereits bei verhältnismäßig schwachen Beatmungsdrücken bereits der Gefahr der Mageninsufflation ausgesetzt.

Eine weitere Komponente, die den Widerstand des Oesophagus beeinflussen kann, ist der Muskeltonus des jeweiligen Sphinkters. Eine Änderung des Tonus des oberen Oesophagussphinkters durch die Verwendung der LMA besteht nach Vanner et al. nicht (Vanner et al., 1992), zu COPA™ liegen bislang keine Untersuchungen vor. Durch die ähnliche Lage und gleiche Narkoseumstände ist ein vergleichbarer Befund wie bei der LMA jedoch wahrscheinlich.

Bezüglich des unteren Oesophagussphinkters fanden Rabey et al. jedoch eine Senkung des mittleren Verschlussdrucks um 3,6 cmH₂O bei Verwendung der LMA vor. Dahingegen erhöhte die Verwendung einer Gesichtsmaske mit Guedel-Tubus den Tonus um 2,2 cmH₂O (Rabey et al., 1992). Die Senkung des Verschlussdrucks könnte durch einen Reflex bedingt sein, der durch den Druck des Cuffs der LMA auf die Pharynxwand ausgelöst wird. Eine ältere Studie bei wachen Probanden, die einen Nahrungsbolus schluckten, wies einen solchen Effekt auf Höhe des Pharynx nach (Ingelfinger, 1958). Diese Abnahme des unteren Oesophagussphinktertonus läßt ein häufigeres Auftreten gastro-oesophagealen Refluxes vermuten.

Eine Studie, die das Auftreten gastro-oesophagealen Refluxes bei Verwendung der LMA im Vergleich zur Gesichtsmaske untersuchte, konnte eine signifikant höhere Inzidenz gastro-oesophagealen Refluxes bei Verwendung der LMA feststellen, fand aber keinen Hinweis auf eine Korrelation zwischen Reflux und Cuffvolumen bzw. Cuffdruck (Roux et al., 1999).

Ein verminderter Tonus des unteren Oesophagussphinkters kann einerseits ein leichteres Aufsteigen von Magenflüssigkeit bewirken, könnte andererseits aber auch eine Insufflation des Magens unter IPPV begünstigen, da der Gesamtwiderstand der Speiseröhre reduziert wird.

Erstaunlicherweise beschreibt eine Arbeit von Ho-Tai et al. beim Vergleich zwischen Gesichtsmaske und LMA aber einen höheren Anteil gastro-oesophagealer

Insufflation bei der Gesichtsmaske (Ho-Tai et al., 1998). Ho-Tai et al. erklären diesen Befund mit einer höheren Leckagerate bei Verwendung der LMA, die bei der Gesichtsmaske durch ständige Kontrolle des Anaesthesisten nicht gegeben sei. Da der Anaesthesist Leckagen der Gesichtsmaske leicht bemerken würde, würde er entsprechend danach trachten, den Sitz der Maske zu verbessern, um somit höhere Dichtigkeit zu erreichen. Da ein erhöhtes Gasvolumen im Rachenraum dann unter Umständen nicht mehr nach außen entweichen könne, steige die Wahrscheinlichkeit der Mageninsufflation.

In der vorliegenden Studie wurden bei Beatmung mit der LMA bei sieben Patienten (14 %) beatmungsabhängige epigastrische Geräusche durch Auskultation des Magenbereichs eruiert. Bei Verwendung von COPA™ wurden bei zehn Patienten (20 %) Geräusche im Magenbereich gehört.

Der Mittelwert der vorliegenden Beatmungsdrücke beim ersten Auftreten einer hörbaren Mageninsufflation bei der LMA betrug $23,6 \pm 2,3$ cmH₂O. Der durchschnittliche Beatmungsdruck bei erstmals auskultierbarer Mageninsufflation bei Beatmung mit COPA™ betrug $23,0 \pm 3,3$ cmH₂O, beide Werte liegen also etwa im selben Bereich. Frühere fiberoptische Untersuchungen der LMA ergaben bei 10 % der Probanden die Öffnung des Oesophagusmundes bei einem Beatmungsdruck über 25 cmH₂O (Pothmann et al., 1992).

Nach einer Studie von Weiler et al. zur LMA, bei der die Beatmung des Magens durch Einsatz eines epigastrischen Mikrophons nachgewiesen wurde, benötigt man bei der LMA einen Druck zwischen 19 und 33 cmH₂O bei einem Median von 29 bis zum Überwinden des unteren Oesophagussphinkters und daraus resultierender gastrischer Insufflation. Weiler et al. verglichen ihre Studie mit einer älteren, von ihnen vorgelegten und vergleichbaren Untersuchung zur Gesichtsmaske (Weiler et al., 1995) und fanden ähnliche Resultate vor. So kamen sie zu dem Schluß, daß die registrierte Magenbeatmung weniger in Zusammenhang mit der Verwendung eines bestimmten Maskentyps zu stehen scheint, sondern vielmehr der Funktionsweise des Oesophagussphinkters zuzuschreiben ist, der sich unabhängig vom verwendeten Maskenmodell bei entsprechend

hohem Beatmungsdruck öffnet (Weiler et al., 1997). Dieser Überlegung ist jedoch die Komponente des gesenkten Sphinktertonus durch die Lage der LMA hinzuzufügen, wie in der bereits oben zitierten Studie von Rabey et al. (Rabey et al., 1992) zum gastro-oesophagealen Reflux bei Gesichtsmaske und LMA gezeigt wurde.

Bedenkt man, daß in vorliegender Studie die Auswirkungen bei maximalem Druck von 25 cmH₂O untersucht wurden, so liegt die Öffnungsrate des unteren Oesophagus sphinkters für beide Maskentypen, bis auf ein auftretendes Magen-geräusch bei einem Druck von 15 cmH₂O bei Verwendung von COPA™, durchaus im Bereich der Studie von Weiler et al.. Dabei ist anzumerken, daß das von Weiler verwendete Mikrophon in den Magen insuffliertes Gas bereits ab einem Volumen von 2 ml detektieren kann. Dagegen registriert das in der vorliegenden Studie verwendete Prinzip der Auskultation über dem Epigastrium mittels Stethoskop insufflierte Volumina erst ab einer Größenordnung von 5 ml (Lawes et al., 1987). Die Tatsache, daß ähnliche Befunde bei vergleichbaren Drücken sowohl bei der LMA als auch bei COPA™ auftraten, folgt sowohl Weilers These, daß die Mageninsufflation vom verwendeten Maskentyp unabhängig lediglich dem steigenden Beatmungsdruck folgt, als auch der Theorie von Rabey et al., da beide Masken durch die Lage ihres Cuffs Reize im Pharynx setzten. Eine andere Studie zur LMA führt ein erhöhtes Maß an gastrischer Insufflation auf eine klinisch nicht bemerkte Fehllage der Maske zurück (Latorre et al., 1998).

Diese Untersuchungen zeigen, daß das Überwinden des Oesophagus sphinkters offensichtlich nicht durch eine einzige Ursache bedingt ist.

Beim resultierenden Druck der üblicherweise bei Narkosen empfohlenen Einstellung von 10 ml/kgKG Atemzugvolumen wurden bei beiden Maskentypen keine epigastrischen Geräusche festgestellt. Der Durchschnittsdruck bei der LMA bei dieser Einstellung betrug $15,5 \pm 2,8$ cmH₂O, bei COPA™ $16,8 \pm 3,4$ cmH₂O. Die Übertragung dieses Wertes auf die Befunde bei den fix gemessenen Beatmungsdrücken ergäbe einen Fall von Mageninsufflation bei

Verwendung von COPA™. Dort wurde bei einer Einstellung von 15 cmH₂O ein Geräusch über dem Epigastrium auskultiert.

Das Risiko der Mageninsufflation erhöht sich bei beiden Masken mit steigendem Beatmungsdruck. Da aber auch bei schwachen Drücken bei einem kleinen Teil der Patienten der obere Oesophagus sphinkter bereits geöffnet ist, oder gar eine Mageninsufflation stattfand, muß immer mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß der Magen mitbeatmet wird. Dies würde das Risiko für Regurgitation und Aspiration für die Patienten erhöhen, wovon keine der beiden Masken schützt. Eine zusätzliche Senkung des Oesophaguswiderstands durch Nachlassen des Sphinktertonus aufgrund der Reizung des Larynx ist für beide Masken denkbar. Aus diesen Gründen ist die obere Druckbegrenzung bei Verwendung beider Masken in der klinischen Routine dringend einzuhalten. Da dies, wie gezeigt, auch keinen absoluten Schutz garantiert, ist zusätzlich die epigastrische Auskultation zum Ausschluß einer potentiellen Mageninsufflation zu empfehlen, um das Regurgitationsrisiko für den Patienten weiter zu reduzieren.

4.5. Atemvolumina und Leckagen

4.5.1. Problematik der Messung des Inspirations- und Expirationsvolumens mit zwei verschiedenen Flußmessern

Die Messung sowohl der Inspirations-, als auch der Expirationsvolumina wurde anhand des Pneumotachographen des Servo-Ventilators durchgeführt. Der verwendete Respiратор mißt die Tidalvolumina jeweils mit einem separaten Flußmesser für die Inspiration und für die Expiration. Dabei hat jeder einzelne Flußmesser eine eigene Abweichung. Die digitale Anzeige des Servo-Ventilators gibt das inspiratorische Tidalvolumen innerhalb eines Bereichs von 0-1999 ml mit einer Meßungengenauigkeit von $\pm 10 \%$ an. Das expiratorische Tidalvolumen wird ebenfalls in einem Bereich von 0-1999 ml bei einer Messungengenauigkeit von $\pm 5 \%$ angezeigt (Siemens-Eléma, 1985). Bei der Berechnung des Leckagevolumens können sich diese Abweichungen addieren und somit eine Ungenauigkeit

von bis zu $\pm 15\%$ bedingen. Unter dieser Prämisse sind die absolut gemessenen Atemvolumina mit gebotener Vorsicht zu betrachten, auch wenn beide Masken mit dem gleichen System und folglich den gleichen Meßgenauigkeiten untersucht wurden.

4.5.2. Vergleich der bei verschiedenen Beatmungsdrücken erzielten Inspirationsvolumina

Bei Verwendung der LMA konnten bei allen gemessenen Beatmungsdrücken durchweg durchschnittlich um etwa 100 ml größere Inspirationsvolumina verabreicht werden als bei Einsatz von COPA™. Dabei steigen bei beiden Masken die Inspirationsvolumina mit steigendem Beatmungsdruck linear an. Dieser Befund unterscheidet sich von Erkenntnissen einer nachfolgenden Studie, die keinerlei Unterschiede zwischen LMA und COPA™ hinsichtlich der verabreichten Inspirationsvolumina feststellte (Van Vlymen et al., 1999). Dieser Unterschied könnte sich dadurch erklären, daß Van Vlymen et al. in ihrer Studie nur Larynxmasken der Größen 3 und 4 zur Verfügung standen, während in vorliegender Studie Masken der Größen 4 und 5 verwendet wurden und könnte ein weiterer Hinweis auf den besseren Sitz der LMA der Größe 5 sein, die ja in dieser Studie bereits für Patienten ab einem Körpergewicht von 70 kg eingesetzt wurde.

4.5.3. Vergleich der bei verschiedenen Beatmungsdrücken erzielten Expirationsvolumina

Die bei der LMA gemessenen Expirationsvolumina waren ebenfalls bei allen vier untersuchten Beatmungsdrücken deutlich höher als bei COPA™. Hier konnte bei beiden Masken ein quadratischer Zusammenhang zwischen steigendem Beatmungsdruck und steigendem Expirationsvolumen festgestellt werden. Der Unterschied in den Expirationsvolumina entspricht den Befunden, die Van Vlymen et al. auch in ihrer Untersuchung vorgefunden haben (Van Vlymen et al., 1999). Dieser Umstand ist durch die deutlich höheren Leckage-

volumina, aber auch die geringeren Inspirationsvolumina bei Verwendung von COPA™ zu erklären (s.u.).

4.5.4. Vergleich der aufgetretenen Leckagen

Vorausgehende Studien zur LMA geben das durchschnittliche Auftreten einer Leckage sowohl bei Erwachsenen (Brodrick et al., 1989), wie bei Kindern (Gursoy et al., 1996) mit einem durchschnittlichen Druck von 17 cmH₂O an, ohne jedoch das Ausmaß der Leckage zu quantifizieren. Dieser Befund konnte in vorliegender Studie bestätigt werden, in der ein erstes Auftreten von relevanten Leckagen bei der LMA bei einem Beatmungsdruck von 20 cmH₂O festgestellt wurde.

Bei 25 cmH₂O verlor COPA™ durchschnittlich 24 % von V_{insp.}, die LMA 13 %. Damit liegt der Volumenverlust bei Beatmung mit der LMA bei diesem Beatmungsdruck im Bereich der Ergebnisse einer vorausgehenden Untersuchung, die einen Verlust von 10 % des Inspirationsvolumens zwischen 25 und 34 cmH₂O angibt (Weiler et al., 1997).

Würde man in vorliegender Studie eine lineare Entwicklung der prozentualen Volumenverluste in Abhängigkeit vom Beatmungsdruck voraussetzen, ergäbe sich durch Extrapolation bei einer Leckage von 10 % ein durchschnittlicher Beatmungsdruck von 23,7 cmH₂O.

LMA und COPA™ sind in den Druckbereichen unter 15 cmH₂O, die normalerweise bei Narkosen erreicht werden, praktisch dicht. Ein Verlust von 10 % des Inspirationsvolumens tritt bei COPA™ jedoch schon zwischen 15 cmH₂O (~ 5 %) und 20 cmH₂O (~ 17 %) auf. Setzt man auch hier eine lineare Erhöhung des Leckagevolumens mit der Zunahme des Beatmungsdrucks voraus, so wäre ein Verlust von 10 % des Inspirationsvolumens bei 16,8 cmH₂O zu erwarten.

Van Vlymen et al. stellten in einer vergleichenden Studie von COPA™ und LMA unter IPPV bei der LMA mit 26 ± 5 cmH₂O einen signifikant ($p < 0,05$) höheren mittleren Leckagedruck fest als bei COPA™ (22 ± 6 cmH₂O). Dies

bestätigt die Ergebnisse der vorliegenden Studie, worin COPA™ ebenfalls wesentlich früher Leckagen zeigt als die LMA. Außerdem ermittelten Van Vlymen et al., wie die vorliegende Studie auch, für COPA™ ein signifikant geringeres Expirationsvolumen im Vergleich zum verabreichten Inspirationsvolumen (Van Vlymen et al., 1999).

Eine Studie zur LMA ergab ein direkt proportionales Verhältnis von Beatmungsdruck und Leckagegröße bei Beatmungsdrücken zwischen 15-30 cmH₂O (Devitt et al., 1994). In dem von uns gemessenen Bereich wurde dieser Befund bestätigt, obwohl in der Studie von Devitt et al. die Maskengrößen drei für Frauen und vier für Männer verwendet wurden, also jeweils eine Nummer kleiner als in vorliegender Untersuchung. Dadurch ließe sich auch erklären, warum in deren Studie wesentlich höhere Leckagevolumina gemessen wurden, als in der vorliegenden Untersuchung. Devitt et al. stellten bei 15 cmH₂O bereits eine Leckage von 13 % fest, während die LMA in der vorliegenden Studie bei diesem Beatmungsdruck praktisch dicht war. Beim höchsten in der vorliegenden Studie gemessenen Druck von 25 cmH₂O wies die LMA lediglich eine Leckage von 13 % auf, während bei Devitt et al. ein Verlust von 25 % vom Inspirationsvolumen registriert wurde. Dieser Befund deutet abermals auf einen Vorteil voluminöserer Masken hinsichtlich der Dichtigkeit des Luftwegs hin.

Im Bereich zwischen 10 und 15 cmH₂O, der in der Studie von Devitt et al. nicht untersucht wurde, vermag der Beatmungsdruck bei der LMA nach unseren Feststellungen keine nennenswerten Leckagen auszulösen. Aber auch bei Betrachtung von COPA™ ist das Leckageausmaß bei diesen Einstellungen äußerst gering. Mit steigenden Beatmungsdrücken entwickelt die LMA jedoch erst ab einem um ca. 5 cmH₂O höheren Beatmungsdruck der COPA™ vergleichbare Leckagen. Außerdem werden die Unterschiede im Leckageausmaß zwischen beiden Masken mit steigendem Beatmungsdruck immer größer.

4.5.5. Rachengeräusche und Leckage

Mit steigendem Beatmungsdruck steigen bei COPA™ und LMA die spezifischen Geräusche im Rachenraum, die auf ein Entweichen der Luft neben der Maske hinweisen. Bei der LMA liegt der Mittelwert des Beatmungsdrucks, bei dem zum ersten Mal beatmungsabhängige Geräusche im Halsbereich auftraten, bei $19,3 \pm 4,7$ cmH₂O. In einer frühen Studie von Brodrick et al. (Brodrick et al., 1989) zur LMA wurde ein mit den in dieser Studie gewonnenen Erkenntnissen vergleichbarer durchschnittlicher Druck von 17 cmH₂O gemessen, bis Leckagegeräusche gehört werden konnten. Brimacombe ermittelte einen Mittelwert von 33 cmH₂O bei der Untersuchung der LMA Größe 5, wobei in seiner Untersuchung bis zu einem Beatmungsdruck von 45 cmH₂O gemessen wurde (Brimacombe, J.R., 1997). Dies könnte erklären, warum in der vorliegenden Studie, in der nur bis zu einem Beatmungsdruck von 25 cmH₂O gemessen wurde, trotz des Einsatzes der LMA der Größe 5 bei Patienten ab 70 kgKG niedrigere Mitteldrücke ermittelt wurden. Dennoch scheint die Weiterentwicklung der LMA mit Einführung der Größe 5 eine positive Auswirkung auf die Abdichtung der Maske im Halsbereich gehabt zu haben und die Beatmung mit wesentlich höheren Peakdrücken zu ermöglichen (Van Damme, E., 1994).

Beim Einsatz von COPA™ waren durchschnittlich bei einem Beatmungsdruck von $16,3 \pm 4,8$ cmH₂O erste Geräusche im Rachen zu vernehmen. Bei COPA™ treten also im Mittel bei einem um 3 cmH₂O geringeren Druck als bei der LMA erstmals Leckagegeräusche auf. COPA™ zeigt bei jedem gemessenen Beatmungsdruck häufiger Zeichen von neben der Maske entweichender Luft als die LMA.. Bei Betrachtung des Auftretens von Leckagegeräuschen, aber auch der Leckageentwicklung (Abb. 17 u. 18), fällt auf, daß die LMA erst später und geringere Leckagen entwickelt als COPA™. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß innerhalb der gemessenen Beatmungsdrücke ähnliche Werte bei der LMA erst beim um jeweils 5 cmH₂O höheren Beatmungsdruck auftreten als bei COPA™.

Die Tatsache, daß Luft neben der Maske entweicht, muß jedoch nicht unbedingt als Nachteil gesehen werden. Nach einer bereits zitierten Studie von Weiler et al. (Weiler et al., 1997), die den Zusammenhang zwischen Leckage und Mageninsufflation bei der Larynx- und der Gesichtsmaske verglich, hat eine erhöhte Leckage gleichzeitig eine niedrigere Mageninsufflationsrate zur Folge. Bei hohen Beatmungsdrücken kann die Leckage der Maske wie ein Ventil wirken, das eine druckbedingte Fortleitung des Atemgases in den Magen reduzieren kann. Das verabreichte Gas wird den Weg des geringsten Widerstands wählen und je nach dem in den Magen strömen, oder an der Maske vorbei durch die oberen Luftwege entweichen.

In vorliegender Studie zeigte sich jedoch, daß bei COPA™ sowohl die Leckage, als auch der Anteil der Mageninsufflationen größer war als bei der LMA. Da bei beiden Masken aber grundsätzlich die Möglichkeit des Druckausgleichs durch eine Leckage im Rachenraum gegeben ist, muß dies der Theorie der oben genannten Studie aber nicht widersprechen und kann als Vorteil beider Maskensysteme angesehen werden. Möglicherweise führt doch eine bessere Lage der LMA zur Trachea oder eine effizientere Abdeckung des Oesophaguseingangs durch das LMA-Design zu diesem Ergebnis.

4.6. Komplikationen

Die Diskussion der in dieser Studie aufgetretenen Verletzungen und postoperativen Beschwerden der Patienten erweist sich als schwierig, da wegen der Durchführung der Untersuchung als Cross-Over-Studie eine Zuordnung dieser Probleme zu einem bestimmten Maskentyp im Nachhinein selten eindeutig möglich war.

Intraoperative Komplikationen, wie Husten oder das Auftreten eines Laryngospasmus, konnten in allen Fällen durch ein Vertiefen der Narkose behoben werden. Der Grund für das Auftreten dieser Komplikationen wird darum eher in der Narkoseführung als beim benutzten Maskentyp zu suchen sein.

Postoperative Halsschmerzen traten in vorliegender Studie bei insgesamt 10 % der Patienten auf. Rechnet man Komplikationen wie Schluckbeschwerden und Heiserkeit zu diesem Beschwerdebild dazu, so liegt dieser Symptomenkomplex mit 16 % im Bereich vorhergehender Studien.

Eine COPA™ und LMA vergleichende Studie fand bei Verwendung der LMA mit 20 % der Patienten ein doppelt so häufiges Auftreten postoperativer Halsschmerzen wie nach Einsatz von COPA™ mit 10 % der Patienten (Ezri et al., 1999). Hsu et al. fanden ebenfalls nach Verwendung der LMA ein vermehrtes und mit der Studie von Ezri et al. vergleichbares Auftreten postoperativer Halsschmerzen. (Hsu et al., 1998). Brimacombe et al. hingegen fanden ein signifikant häufigeres postoperatives Auftreten von Halsschmerzen bei Verwendung von COPA™ (36 % vs. 14 %) vor (Brimacombe et al., 1998).

Außerdem wurde in der Studie von Ezri et al. bei 2/80 Patienten Blut auf der LMA, nicht jedoch bei COPA™, festgestellt. Die Autoren erklären dies mit dem engeren Sitz der LMA im Larynx (Ezri et al., 1999). Im Gegensatz dazu wurde in der bereits erwähnten Studie von Brimacombe et al. nach Entfernen bei 14 % der Patienten Blut auf der COPA™ vorgefunden, bei der LMA hingegen nur bei 3 % (Brimacombe et al., 1998).

Diese Ergebnisse zeigen, daß auch unter Zuhilfenahme der Datenlage fremder Studien nur schwer eine einheitliche Aussage hinsichtlich der durch einen bestimmten Maskentyp hervorgerufenen postoperativen Komplikationen gemacht werden kann.

4.7. Schlußfolgerung

Sowohl COPA™ als auch LMA sind für Narkosen bei nicht aspirationsgefährdeten Patienten unter IPPV geeignet. Mit beiden Masken können ausreichende Atemzugvolumina verabreicht werden, die Inzidenz gastrischer Insufflationen ist bei beiden Typen gering. Ein Einfluß der Maskenposition auf die Beatmungsqualität konnte nicht festgestellt werden, da beide Masken auch anatomisch suboptimale Plazierungen gut ausgleichen.

Mit der LMA, besonders der Größe 5, werden aber wesentlich weniger Manipulationen zum Erreichen eines stabilen Luftwegs benötigt. Weiter können bei jedem gegebenen Beatmungsdruck höhere Atemzugvolumina erzielt werden. Die Leckage ist bei der LMA besonders bei niedrigen Beatmungsdrücken geringer. Mit ansteigendem Inspirationsdruck steigt bei beiden Masken das Leckagevolumen, aber auch die Gefahr der Mageninsufflation an. Dabei ist die Grenze bei der LMA um ca. 5 cmH₂O höher gelegen als bei COPA™. Für die klinische Routine ergibt sich damit als Forderung, daß ein Spitzendruck einzuhalten ist und eventuell die Auskultation des Magens als Sicherheitsmaßnahme durchgeführt werden sollte. Außerdem sollten Patientengruppen, die einen höheren Beatmungsdruck benötigen, von dieser Art der Beatmung ausgeschlossen werden.

Im direkten Vergleich ergibt sich ein eindeutiger Vorteil der LMA gegenüber COPA™, so daß die Notwendigkeit dieses neue „device“ fraglich ist, zumal sich die LMA schon jahrelang in der klinischen Routine bewährt hat. Für einen direkten größenabhängigen Vergleich zwischen beiden Maskentypen wäre freilich eine der LMA der Größe 5 vergleichbare COPA™, etwa der Größe 12, erforderlich.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Cross-Over-Studie verglich LMA und COPA™ unter IPPV bei 50 Erwachsenen. COPA™ benötigte signifikant mehr Maßnahmen, um adäquate Beatmungsbedingungen zu etablieren. Bei einer Unterscheidung nach Maskengrößen fiel aber auf, daß sich die LMA der Größe 4 hinsichtlich der Anzahl der Manipulationen nicht signifikant von COPA™ der Größe 11 unterschied. Die LMA der Größe 5 unterschied sich hingegen signifikant von allen anderen Masken. Die Stimmbänder konnten fiberoptisch bei der LMA in 90 % der Fälle gesehen werden, bei COPA™ in 35 %. Dies läßt eine höhere Rate an potentiellen Atemwegsverlegungen bei COPA™ vermuten. Eine klinische bemerkbare Beatmungsverschlechterung trat jedoch nicht auf, was darauf hinweist, daß COPA™ und LMA anatomische Fehllagen gut ausgleichen. Mit der LMA können größere Inspirationsvolumina und Expirationsvolumin sowie kleinere Leckagevolumina erreicht werden als mit COPA™. Bei Druckwerten um 10 cmH₂O waren beide Masken dicht. Bei der nur bei COPA™ durchgeführten Untersuchung des oberen Oesophagusphinkters konnte gezeigt werden, daß unter den Patienten, bei denen Geräusche über dem Epigastrium auftraten, mehr Probanden waren, die eine fiberoptisch evaluierte Öffnung des oberen Oesophagusphinkters aufwiesen. Sowohl COPA™ als auch LMA sind für Narkosen bei nicht aspirationsgefährdeten Patienten unter IPPV geeignet. Mit beiden Masken können ausreichende Atemzugvolumina verabreicht werden, die Inzidenz gastrischer Insufflationen ist bei beiden Typen gering. Mit der LMA werden aber wesentlich weniger Manipulationen zum Erreichen eines stabilen Luftwegs benötigt und es können bei jedem gegebenen Beatmungsdruck höhere Atemzugvolumina erzielt werden. Ein Einfluß der Maskenposition auf die Beatmungsqualität konnte nicht festgestellt werden, da beide Masken auch anatomisch suboptimale Plazierungen gut ausgleichen können. Im direkten Vergleich erzielt die seit Jahren in der klinischen Routine bewährte LMA günstigere Ergebnisse als COPA™, so daß die Notwendigkeit der Einführung dieses neuen „device“ fraglich ist.

6. TABELLEN- UND ABBILDUNGEN

6.1. Tabellen

	Seite
<u>Tabelle 1</u> : Gegenüberstellung der fiberoptisch bestimmten Scores von COPA™ und LMA.....	28

6.2. Abbildungen

<u>Abbildung 1</u> : LMA.....	2
<u>Abbildung 2</u> : COPA™.....	5
<u>Abbildung 3</u> : Häufigkeiten der vorgenommenen Operationen.....	17
<u>Abbildung 4</u> : Altersverteilung der Patienten.....	18
<u>Abbildung 5</u> : Durchgeführte Maßnahmen zur Lageoptimierung von COPA™.....	20
<u>Abbildung 6</u> : Anzahl der Korrekturmaßnahmen zur Platzierung von COPA™.....	21
<u>Abbildung 7</u> : Durchgeführte Maßnahmen zur Lageoptimierung der LMA.....	22
<u>Abbildung 8</u> : Anzahl der Maßnahmen zur Platzierung der LMA.....	23
<u>Abbildung 9</u> : Gegenüberstellung der Art der durchgeführten Maßnahmen bei COPA™ und LMA.....	24
<u>Abbildung 10</u> : Vergleich der Häufigkeit von Korrekturmaßnahmen bei COPA™ und LMA.....	25
<u>Abbildung 11</u> : Geometrische Mittel der Anzahl der durchgeführten Maßnahmen, aufgeschlüsselt nach den Tubusgrößen.....	27
<u>Abbildung 12</u> : Lage der Epiglottis zur Tubusöffnung von COPA™ und LMA.....	29
<u>Abbildung 13</u> : Abstände des jeweiligen Tubusendes von LMA und COPA™ von der Stimmbandebene.....	31

<u>Abbildung 14:</u> Verhalten des oberen Oesophaguseingangs und der Recessus piriformes in Abhängigkeit vom Beatmungsdruck p bei Beatmung mit COPA™.....	33
<u>Abbildung 15:</u> Durchschnittlich gemessene Inspirationsvolumina bei verschiedenen Beatmungsdrücken.....	35
<u>Abbildung 16:</u> Durchschnittliche Expirationsvolumina bei COPA™ und LMA bei zunehmendem Beatmungsdruck.....	36
<u>Abbildung 17:</u> Darstellung des durchschnittlich durch Leckagen entwichenen Volumens von COPA™ und LMA bei steigenden Beatmungsdrücken.....	37
<u>Abbildung 18:</u> Geräusche im Rachenbereich durch neben der jeweiligen Maske austretende Luft bei verschiedenen Beatmungsdrücken in Prozent.....	38
<u>Abbildung 19:</u> Durch Auskultation detektierte Geräusche im Magenbereich bei verschiedenen Beatmungsdrücken.....	40

7. LITERATURVERZEICHNIS

- Alexander, R., Hodgson, P., Lomax, D., Bullen, C. (1993)
A comparison of the laryngeal mask airway and Guedel airway, bag and face-mask for manual ventilation following formal training
Anaesthesia, 48 (3), 231-234
- Asai, T., Koga, K., Jones, R.M., Stacey, M., Latto, I.P., Vaughan, R.S. (1998)
The cuffed oropharyngeal airway - its clinical use in 100 patients
Anaesthesia, 53, 810-822
- Bapat, P.P., Verghese C. (1997)
Laryngeal mask airway and the incidence of regurgitation during gynecological laparoscopies
Anesth. Analg., 85 (1), 139-143
- Berry, A., Brimacombe, J. (1997)
An evaluation of the cuffed oropharyngeal airway (COPA)
Anaesth. Intensive Care, 23, 173
- Berry, A., Brimacombe, J., Keller, C., Verghese, C. (1999)
Pulmonary airway resistance with the endotracheal tube versus laryngeal mask airway in paralyzed anesthetized adult patients
Anesthesiology, 90 (2), 395-397
- Bickler, P.E., Dueck, R., Prutow, R.J. (1987)
Effects of barbiturate anesthesia on functional residual capacity and ribcage/diaphragm contributions to ventilation
Anesthesiology, 66, 147-152
- Brain, A.I.J. (1983)
The laryngeal Mask - A new concept in airway management
Br. J. Anaesth., 55, 801-805
- Brain, A.I.J., McGhee, T.D., McAteer, E.J., Thomas, A., Abu-Saad, M.A.W., Bushman, J.A. (1985)
The laryngeal mask airway - Development and preliminary trials of a new type of airway
Anaesthesia, 40, 356-361

- Brain, A.I.J. (1991)
The development of the Laryngeal Mask-a brief history of the invention, early clinical studies and experimental work from which the Laryngeal mask evolved
Eur. J. Anaesthesiol. Suppl., 4, 5-17
- Brain, A.I.J. (1991)
Letter: Studies on the laryngeal mask: first, learn the art
Anaesthesia, 46, 417-418
- Brimacombe, J (1991)
Letter: Cricoid pressure and the laryngeal mask airway
Anaesthesia, 46, 986-987
- Brimacombe, J. (1996)
Analysis of 1500 laryngeal mask uses by one anaesthetist in adults undergoing routine anaesthesia
Anaesthesia, 51 (1), 76-80
- Brimacombe, J.R. (1997)
Positive pressure ventilation with the size 5 laryngeal mask
J. Clin. Anesth., 9 (2), 113-117
- Brimacombe, J., Berry, A. (1993 a)
A proposed Fiber-Optic Scoring System to Standardize the Assessment of Laryngeal Mask Airway Position
Anesth. Analg., 76, 457
- Brimacombe, J, Berry, A. (1993 b)
Preliminary Experience of the size 5 Laryngeal Mask Airway
Anaesth. Intensive Care, 21, 888-889
- Brimacombe J., Berry, A. (1993 c)
Insertion of the laryngeal mask airway - A prospective study of four techniques
Anaesth. Intensive Care, 21, 89-92
- Brimacombe, J.R., Berry, A. (1995)
The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: a meta-analysis of published literature
J. Clin. Anesth., 7 (4), 297-305
- Brimacombe, J., Berry, A. (1998)
The cuffed oropharyngeal airway for spontaneous ventilation anaesthesia. Clinical appraisal in 100 patients
Anaesthesia, 53 (11), 1074-1079

Brimacombe J.R., Brimacombe J.C., Berry, A.M., Morris R., Mecklem, D. Clarke, G., Barry, J., Kirk, T. (1998)

A Comparison of the Laryngeal Mask Airway and Cuffed Oropharyngeal Airway in Anesthetized Adult Patients

Anesth. Analg., 87, 147-152

Brodrick, P.M., Webster, N.R., Nunn, J.F. (1989)

The laryngeal mask airway. A study of 100 patients during spontaneous breathing

Anaesthesia, 44, 238-241

Bundesverband der Pharmazeutischen Industrie e.V. (1995)

Rote Liste 1995

ECV, Editio Cantor, Aulendorf/Württ.

Cameron, A.E., Sievert, J., Asbury, A.J., Jackson, R. (1996)

Gas leakage and the laryngeal mask airway. A comparison with the tracheal tube and facemask during spontaneous ventilation using a circle breathing system

Anaesthesia, 51 (12), 1117-1119

Denman, W., Goudsouzian, N.G., Cleveland, R., Shorten, G. (1991)

The position of the laryngeal mask as determined by magnetic resonance imaging. Abstract.

Anesthesiology, 75, A1045

Devitt, J.H., Wenstone, R., Noel, A.G., O'Donnell, M.P. (1994)

The Laryngeal Mask Airway and Positive-pressure Ventilation

Anesthesiology, 80, 550-555

Dingley, J., Whitehead, M.J., Wareham, K. (1994)

A comparative study of the incidence of sore throat with the laryngeal mask airway

Anaesthesia, 49 (3), 251-254

Dingley, J., Asai, T. (1996)

Insertion methods of the laryngeal mask airway - A survey of current practice in wales

Anaesthesia, 51, 596-599

Doerges, V., Sauer, C., Ocker, H., Wenzel, V., Schmucker, P. (1999)

Airway management during cardiopulmonary resuscitation - a comparative study of bag-valve-mask, laryngeal mask airway and combitube in a bench model

Resuscitation, 41 (1), 63-69

Dounas, M., Leon, O., Bonnet, V., Peyrol, M.T., Mercier, F.J., Benhamou, D. (1999)

Apprentissage de la mise en place d'une nouvelle canule oropharyngée (Copa)
Ann. Fr. Anesth. Reanim., 18 (3), 309-312

Drummond, G.B. (1989)

Influence of thiopentone on upper airway muscles
Br. J. Anaesth., 63, 12-21

Ezri, T., Ady, N., Sznuk, P., Glanz, L., Shklar, B., Katz, J., Geva, D. (1999)

Use of the cuffed oropharyngeal vs. laryngeal mask airway in elderly patients
Can. J. Anaesth., 46 (4), 363-367

Greenberg, R.S., Brimacombe, J.R., Berry, A., Gouze, V., Piantadosi, S., Dake, E.M. (1998)

A randomized controlled trial comparing the cuffed oropharyngeal airway and the laryngeal mask airway in spontaneously breathing anesthetized adults
Anesthesiology, 88 (4), 970-977

Greenberg, R.S., Toung T. (1992)

The cuffed oro-pharyngeal airway - A pilot study
Anesthesiology, 77, A 558

Gursoy, F., Algren, J.T., Skjonsby, B.S. (1996)

Positive Pressure Ventilation with the Laryngeal Mask Airway in Children
Anesth. Analg., 82, 33-38

Hedenstierna, G., Strandberg, A., Brismar, B., Lundquist, H., Svensson, L., Tokics, L. (1985)

Functional residual capacity, thoracoabdominal dimensions and central blood volume during general anesthesia with muscle paralysis and mechanical ventilation
Anesthesiology, 62, 247-254

Ho-Tai, L.M., Devitt, J.H., Alva, G.N., O'Donnell, M.P. (1998)

Gas leakage and gastric insufflation during controlled ventilation: face mask versus laryngeal mask airway
Can. J. Anaesth., 45 (3), 206-211

Hsu, Y.W., Pan, M.H., Huang, C.J., Cheng, C.R., Wu, K.H., Wei, T.T., Chen, C.T. (1998)

Comparison of the cuffed oropharyngeal airway and laryngeal mask airway in spontaneous breathing anesthesia
Acta Anaesthesiol. Sin., 36 (4), 187-192

- Hunter, J.M. (1995)
New neuromuscular blocking drugs
N. Engl. J. Med., 332, 1691-1699
- Joh, S., Matsuura, H., Kotani, Y., Sugiyama, K., Hirota, Y., Kiyomitsu, Y., Kubota, Y. (1987)
Change in tracheal blood flow during endotracheal intubation
Acta Anaesthesiol. Scand., 31, 300-304
- John, R.E., Hill, S., Hughes, T.J. (1991)
Airway protection by the laryngeal mask. A barrier to dye placed in the pharynx
Anaesthesia, 46, 366-367
- Jones, M.W., Catling, S., Evans, E., Green, D.H., Green, J.R. (1992)
Hoarseness after tracheal intubation
Anaesthesia, 47, 213-216
- Kambic, V., Radsel, Z. (1978)
Intubation lesions of the larynx
Br. J. Anaesth., 50, 587-590
- Keller, C., Brimacombe, J. (1999)
Mucosal pressures from the cuffed oropharyngeal airway vs. the laryngeal mask airway
Br. J. Anaesth., 82 (6), 922-924
- Klockgether-Radke, A., Gerhardt, D., Mühlendyck, H., Braun, U. (1996)
Einfluß der Kehlkopfmaske auf postoperatives Erbrechen und Halsschmerzen bei Kindern
Anaesthesist, 45, 1085-1088
- Koehli, N. (1991)
Aspiration and the laryngeal mask airway
Anaesthesia, 46, 419
- Krayer, S., Rehder, K., Vettermann, J., Didier, E.P., Ritman, E.L. (1989)
Position and motion of the human diaphragm during anesthesia-paralysis
Anesthesiology, 70, 888-891
- Larsen, R. (1994)
Anästhesie
4.Aufl., Urban und Schwarzenberg, München; Wien; Baltimore

Latorre, F., Eberle, B., Weiler, N., Mienert, R., Stanek, A., Goedecke, R., Heinrichs, W. (1998)

Laryngeal mask airway position and the risk of gastric insufflation
Anesth. Analg., 86 (4), 867-871

Lawes, E.G., Campbell, I., Mercer, D. (1987)

Inflation pressure, gastric insufflation and rapid sequence induction
Br. J. Anaesth., 59, 315-318

Leach, A.B., Alexander, C.A. (1991)

The Laryngeal Mask - an overview
Eur. J. Anaesthesiol. Suppl., 4, 19-31

Lipp, M., Kleemann, P.P., Kolb, C., Dick, W. (1991)

Einsatz der Larynxmaske - eine praktikable Methode?
Anaesthesist, 40, 245-248

Lopez-Gil, M., Brimacombe, J., Cebrian, J., Arranz, J. (1996 a)

The laryngeal mask airway in pediatric practice: A prospective study of skill acquisition by anaesthesia residents
Anesthesiology, 84 (4), 807-811

Lopez-Gil, M., Brimacombe, J., Alvarez, M. (1996 b)

Safety and efficacy of the laryngeal mask airway. A prospective survey of 1400 children
Anaesthesia, 51 (10), 969-972

Lusmann, R.F., Gerber, H.R. (1997)

Schwere Aspirationspneumonie mit Larynxmaske
Anesthesiol. Intensivmed. Notf.Med. Schmerzther., 32, 194-196

Maltby, J.R., Loken, R.G., Watson, N.C. (1990)

The laryngeal mask airway: clinical appraisal in 250 patients
Can. J. Anaesth., 37 (5), 509-513

Martin, D.W. (1990)

Letter: Kinking of the laryngeal mask airway in two children
Anaesthesia, 45, 487-488

Martin, P.D., Cyna, A.M., Hunter, W.A., Henry, J., Ramayya, G.P. (1993)

Training nursing staff in airway management for resuscitation. A clinical comparison of the facemask and laryngeal mask
Anaesthesia, 48 (1), 33-37

- Max, M., Dembinski, R. (2000)
Pulmonaler Gasaustausch in Narkose
Anaesthesist, 49, 771-783
- Molloy, A.R. (1991)
Letter: Unexpected position of the laryngeal mask airway
Anaesthesia, 46, 592
- Nandi, P.R., Nunn, J.F., Charlesworth, C.H., Taylor, S.J. (1991)
Radiological study of the Laryngeal Mask
Eur. J. Anaesthesiol. Suppl., 4, 33-39
- Nanji, G.M., Maltby, J.R. (1992)
Vomiting and aspiration pneumonitis with the laryngeal mask airway
Can. J. Anaesth., 39:1, 69-70
- Payne, J. (1989)
Letter: The use of the laryngoscope to confirm the the position of the laryngeal mask
Anaesthesia, 44, 865
- Pothmann, W., Füllekrug, B., Schulte am Esch, J. (1992)
Fiberoptische Befunde zum Sitz der Kehlkopfmaske
Anaesthesist, 41, 779-784
- Rabey, P.G., Murphy, P.J., Langton, J.A., Barker, P., Rowbotham, D.J. (1992)
Effect of the laryngeal mask airway on lower oesophageal sphincter pressure in patients during general anaesthesia
Br. J. Anaesth., 69, 346-348
- Roewer, N., Thiel, H. (1999)
Anästhesie Compact
Thieme Verlag; Stuttgart, New York
- Roux, M., Drolet, P., Girard, M., Grenier, Y., Petit, B. (1999)
Effect of the laryngeal mask airway on oesophageal pH: influence of the volume and pressure inside the cuff
Br. J. Anaesth., 82 (4), 566-569
- Rowbottom, S.J., Simpson, D.L. (1990)
Partial obstruction of the laryngeal mask airway
Anaesthesia, 45, 892

- Rowbottom, S.J., Simpson, D.L. Grubb, D. (1991)
Forum. The laryngeal mask airway in children. A fiberoptic assessment of positioning
Anaesthesia, 46, 489-491
- Siemens-Elema, 1985
Servo Ventilator 900C - Betriebsanleitung
3rd German Edition, o.O., May 1985, S.14:2
- Southern, D.A., Lake, A.P.J., Wadon, A.J. (1992)
The laryngeal mask - a modification in its use and design
Anaesthesia, 47, 530
- Van Damme, E. (1994)
Die Larynxmaske Größe 5 - Erste Erfahrungen
Anesthesiol. Intensivmed. Notf.Med. Schmerzther., 29, 293
- Vanner, R.G., Pryle, B.J., O'Dwyer, J.P., Reynolds, F. (1992)
Upper oesophageal sphincter pressure during inhalational anaesthesia
Anaesthesia, 47 (11), 950-954
- Van Vlymen, J.M., Fu, W., White, P.F., Klein, K.W., Griffin, J.D. (1999)
Use of the Cuffed Oropharyngeal Airway as an Alternative to the Laryngeal Mask Airway with Positive-pressure Ventilation
Anesthesiology, 90, 1306-1310
- Verghese, C., Brimacombe, J.R. (1996)
Survey of Laryngeal Mask Airway Usage in 11,910 Patients: Safety and Efficacy for Conventional and Nonconventional Usage
Anesth. Analg., 82, 129-133
- Verghese, C., Smith, T.G.C., Young, E. (1993)
Prospective survey of the use of the laryngeal mask airway in 2359 patients
Anaesthesia, 48, 58-60
- Voyagis, G.S., Dimitrou, V.K., Kyriakis, K.P. (1999)
Comparative evaluation of the prolonged use of the cuffed oropharyngeal airway and the laryngeal mask airway in spontaneously breathing anesthetized patients
Eur. J. Anaesthesiol. , 16 (6), 371-375
- Wakeling, H.G., Butler, P.J., Baxter, P.J.C. (1997)
The laryngeal mask airway: A comparison between two insertion techniques
Anesth. Analg., 85, 687-690

Weiler, N., Heinrichs, W., Dick, W. (1995)
Assessment of pulmonary mechanics and gastric insufflation pressure during mask ventilation
Prehospital Disaster Med., 10, 101-105

Weiler, N., Latorre, F., Eberle, B., Goedecke, R., Heinrichs, W. (1997)
Respiratory Mechanics, Gastric Insufflation Pressure, and Air Leakage of the Laryngeal Mask Airway
Anesth. Analg., 84, 1025-1028

Wilkins, C.J., Cramp, P.G.W., Staples, J., Stevens, W.C. (1992)
Comparison of the Anesthetic Requirement for Tolerance of Laryngeal Mask Airway and Endotracheal Tube
Anesth. Analg., 75, 794-797

8. LEBENS LAUF

Persönliche Daten:

Name:	Markus Johannes Gröger
Geburtsdatum:	11.10.1970
Geburtsort:	Nürtingen
Ausbildung:	
1977	Grundschule, Weil im Schönbuch
1978-1981	Grundschule der Deutschen Schule Paris (DSP)
1981-1987	Lise-Meitner-Gymnasium, Böblingen
1987-1990	Schönbuch-Gymnasium, Holzgerlingen
1990	Abitur
1990-1991	Zivildienst, Tübingen
1992-1994	Studium Germanistik / Sportwissenschaften, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
1994	Freiwilliges Soziales Jahr, Freiburg
1994	Studium der Humanmedizin, Eberhard-Karls-Universität Tübingen
1996	Ärztliche Vorprüfung
1997	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
1998-1999	Auslandsaufenthalt im Rahmen des Erasmus / Sokrates-Studienprogramms, Bordeaux
2001	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
bis 05/2002	Praktisches Jahr am Klinikum Stuttgart
05/2002	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung und Abschluß des Studiums
09/2002-03/2004	Arzt im Praktikum, Abteilung für Anaesthesie und Intensivmedizin am Marienhospital Stuttgart

Mein herzlichster Dank gilt denen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

PD Dr. med. H. Guggenberger

PD Dr. med. U. Bissinger

Prof. Dr. K. Dietz

Dr. med. Michael Plaß

Dr. med. Christian Nern

Anja Rützel

Frank Hanses

Eva-Maria Stickel

Kornelia und Horst Gröger

Weil im Schönbuch im Februar 2004