

Laparoskopie mit Larynxmaske

zulässig oder fahrlässig?

*Diplomarbeit zum diplomierten Experten Anästhesiepflege NDS HF
XUND Bildungszentrum Gesundheit Zentralschweiz
Nachdiplomstudiengang Anästhesiepflege 23F*

August 2024

Abstract

Die Entwicklung der Larynxmaske hat dazu geführt, dass sie als erweiterte Indikation für laparoskopische Eingriffe in Betracht gezogen werden kann. Die Auswirkungen des Pneumoperitoneum führen zu einer Abnahme der funktionellen Residualkapazität, einem Anstieg der Beatmungsdrücke und erfordern letztendlich ein höheres Atemminutenvolumen. Eine ausreichende Ventilation durch die Beatmung mit Larynxmaske wird deshalb in Frage gestellt. Ebenfalls wird ein höheres Regurgitations- und Aspirationsrisiko vermutet. Es stellt sich daher die Frage, inwiefern sich die Larynxmaske für laparoskopische Eingriffe im Vergleich zur endotrachealen Intubation eignet. Dazu wurde eine wissenschaftliche Literaturrecherche aus verschiedenen Studien und Fachartikeln durchgeführt.

Von entscheidender Bedeutung für eine sichere Beatmung ist nebst der korrekten Platzierung der Larynxmaske ein ausreichend hoher oropharyngealer wie auch hypopharyngealer Leckagedruck. Wissenschaftliche Ergebnisse lassen vermuten, dass konstruktionsbedingte Unterschiede einen Vorteil für Larynxmasken mit aufblasbarem Cuff ergeben. Ausschlaggebend für den Einsatz in der Laparoskopie sind die präoperativen Lagetests mit Platzierung einer Magensonde sowie die Bestimmung des oropharyngealen Leckagedrucks und Berechnung des maximal möglichen Atemminutenvolumens.

Die Studienergebnisse deuten darauf hin, dass Larynxmasken der zweiten Generation als sichere Alternative zum Endotrachealtubus für die Beatmung bei elektiven Eingriffen in der Laparoskopie eingesetzt werden können. Dabei zeichnen sich durch die weniger invasive Atemwegssicherung Vorteile für die Larynxmasken ab. Obwohl die Ergebnisse einen ausreichenden Aspirationsschutz vermuten lassen, ist eine intermittierende Absaugung zu empfehlen. Es sind zudem grössere Untersuchungszahlen erforderlich, um die wissenschaftlichen Ergebnisse zu bestätigen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
1.1.	Motivation und Praxisbezug	4
1.2.	Fragestellung	5
1.3.	Ziele	5
1.4.	Eingrenzung	5
1.5.	Methodik	6
2.	Laparoskopische Eingriffe	7
2.1.	Pneumoperitoneum	7
2.2.	Relevante Auswirkungen auf die Beatmung	7
3.	Atemwegsicherung mit Larynxmaske	9
3.1.	Larynxmasken der zweiten Generation	9
3.2.	Korrekte Platzierung	10
3.3.	Lage-Tests	11
3.3.1.	Magensonde	11
3.3.2.	Bubble-Test	11
3.3.3.	Suprasternal notch-Test	11
3.4.	Performance-Tests	11
3.4.1.	Oropharyngealer Leckagedruck-Test	12
3.4.2.	Maximum minute volume-Test	12
3.5.	Ausschlusskriterien zur Anwendung	12
3.6.	Oropharyngealer Leckagedruck	13
3.6.1.	Supreme™ und ProSeal™	14
3.6.2.	Supreme™ und i-gel®	15
3.6.3.	ProSeal™ und i-gel®	16
3.6.4.	ProSeal™ und AuraGain™	16
3.6.5.	AuraGain™ und Supreme™	17
3.7.	Hypopharyngealer Leckagedruck	19
4.	Larynxmaske versus Intubation	21
5.	Diskussion	23
6.	Schlussfolgerungen und Konsequenzen	25
7.	Reflexion, persönliche Erkenntnis und Expertise	27
8.	Danksagung	29
9.	Literaturverzeichnis	30
10.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	34
11.	Selbstdeklaration	35

1. Einleitung

1.1. Motivation und Praxisbezug

Wie sich im eigenen Praxisumfeld gezeigt hat, werden viele abdominelle Operationen laparoskopisch durchgeführt. Das damit verbundene Pneumoperitoneum und die lagebedingten Veränderungen führen dazu, dass viele Anästhesistinnen und Anästhesisten eine Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation bevorzugen. Dass die Sicherung der Atemwege anstelle einer endotrachealen Intubation auch durch eine supraglottische Atemwegshilfe erfolgen kann, zeigte sich durch eine Praxiserfahrung, bei der eine Larynxmaske für eine laparoskopische Leistenhernienoperation eingesetzt wurde. Die Situation verunsicherte mich, da ich wusste, dass supraglottische Atemwegshilfen keine absolute Sicherung der Atemwege gewährleisten. Meine Bedenken fielen auf die steigenden Beatmungsdrücke unter dem Pneumoperitoneum und ich befürchtete, den Patienten nicht mehr ausreichend beatmen zu können. Letzteres war glücklicherweise nicht der Fall. Dennoch beschäftigt mich seither die Frage, weshalb sich dieses Anästhesieverfahren nicht vermehrt durchgesetzt hat. Meine Hypothese, dass die Verwendung einer Larynxmaske bei laparoskopischen Eingriffen im Vergleich zur endotrachealen Intubation mit einem höheren Risiko für Atemwegskomplikationen einhergeht, motiviert mich, die Thematik wissenschaftlich aufzugreifen.

Gemäss Russo und Wulf (2014) hat die Weiterentwicklung der Larynxmaske in den vergangenen 30 Jahren dazu geführt, dass sie sich als Alternative zur endotrachealen Intubation etabliert hat. Die Fachexperten sind der Meinung, dass laparoskopische Eingriffe als erweiterte Indikation für die Verwendung einer Larynxmaske in Betracht gezogen werden können. Ein wichtiges Argument, welches gegen die Anwendung bei diesen Eingriffen spricht, sei jedoch die Besorgnis um ein vermutet höheres Regurgitations- und Aspirationsrisiko unter dem Pneumoperitoneum. Ebenfalls wird eine ausreichend suffiziente Ventilation mittels Larynxmaske in Frage gestellt. Auch Beleña, Ochoa, Núñez, Gilsanz und Vidal (2015) kamen in ihrem Review zu gleichen Erkenntnissen.

Meine persönlichen Gedanken aus der erlebten Praxissituation bestätigen sich mit den oben genannten wissenschaftlichen Argumentationen. Die Verwendung von Larynxmasken für laparoskopische Eingriffe scheint eine aktuelle Thematik in der Anästhesie zu sein. Mehrere Studien evaluierten die Beatmung mit unterschiedlichen Larynxmasken (Shin et al., 2016; Lopez et al., 2017; Zhang et al., 2021) oder überprüften ihre Auswirkungen und Komplikationen im Vergleich mit der endotrachealen Intubation (Hohlrieder, Brimacombe, Eschertzhuber, Ulmer & Keller, 2007; Abdi et al., 2010; Sabuncu et al., 2018).

Im Rahmen der Diplomarbeit zum diplomierten Experten Anästhesiepflege NDS HF will ich mich vertieft über das Anästhesieverfahren mit Larynxmaske bei laparoskopischen Eingriffen auseinandersetzen. Dabei stelle ich mir die Fragen: Ist dieses Verfahren zulässig oder fahrlässig? Worauf muss ich mich bei zukünftiger Verwendung besonders achten? Es ist für mich von zentraler Bedeutung, Sicherheit bei der Anwendung in der Laparoskopie zu erlangen. Dabei fasziniert es mich, die Vorzüge verschiedener Larynxmasken herauszukristallisieren, sie zu vergleichen und ihre Verwendung in der Laparoskopie zu begründen. Ich bin motiviert, ein Expertenwissen aufzubauen und entsprechende Handlungsempfehlungen für den klinischen Alltag abgeben zu können.

1.2. Fragestellung

Aus dem beruflichen Kontext abgeleitet möchte ich im Rahmen der Diplomarbeit zum diplomierten Experten Anästhesiepflege NDS HF folgende Fragestellung bearbeiten:

Inwiefern eignet sich die Larynxmaske für laparoskopische Eingriffe im Vergleich mit der endotrachealen Intubation?

1.3. Ziele

Für die persönliche Expertise sollen im Rahmen der Diplomarbeit folgende Ziele erreicht werden:

- Die Auswirkungen der Verwendung einer Larynxmaske bei Laparoskopien in Bezug auf die Beatmung werden beschrieben und die damit verbundenen perioperativen Risiken aufgezeigt.
- Es werden Faktoren beschrieben, welche die Sicherheit in der Beatmung mit Larynxmasken erhöhen und Tests zur Lagekontrolle und Dichtigkeit vorgestellt.

1.4. Eingrenzung

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Anästhesieführung bei laparoskopischen Eingriffen unter Verwendung einer Larynxmaske. Die Untersuchungsgruppe umfasst erwachsene Patientinnen und Patienten der ASA Stufe I-III mit einem BMI < 35 kg/m², welche sich einem elektiven laparoskopischen Eingriff unterziehen. Dazu werden nebst kleineren abdominellchirurgischen Eingriffen auch gynäkologische Eingriffe betrachtet. Es werden Larynxmasken der zweiten Generation beschrieben und im oben erwähnten Setting mit der

endotrachealen Intubation verglichen. Zu Beginn der Arbeit werden die Auswirkungen des Pneumoperitoneum auf die Beatmung erläutert. Ebenfalls werden Voraussetzungen für eine sichere Anwendung von Larynxmasken bei laparoskopischen Eingriffen beschrieben.

1.5. Methodik

Bei dieser Diplomarbeit handelt es sich um eine literaturgestützte Theoriearbeit. Zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine Literaturrecherche mit den Keywords «laryngeal mask», «supraglottic airway», «laparoscopy» oder «laparoscopic surgery» auf den Datenbanken von Pubmed und Google Scholar durchgeführt. Relevante wissenschaftliche Studien aus aktuellem Zeitraum werden analysiert, verglichen und in die Bearbeitung aufgenommen. Es werden nur Studien ohne Interessenskonflikte berücksichtigt. Zur Validierung der Ergebnisse werden zudem zwei Meta-Analysen miteinbezogen. Ebenfalls werden Fachartikel aus den letzten Jahren sowie Fachbücher hinzugezogen. Aus der Bearbeitung der Studien und Fachliteratur werden Erkenntnisse und Schlussfolgerungen für die Praxis abgeleitet.

2. Laparoskopische Eingriffe

Die laparoskopische Operationstechnik hat sich bei zahlreichen chirurgischen Eingriffen zu einem standardisierten Verfahren entwickelt. Sie bietet Patientinnen und Patienten Vorteile wie geringerer Bedarf an Analgetika, verbesserte postoperative Lungenfunktion, reduzierter Blutverlust und verkürzte Spitalaufenthalte im Vergleich zu offenen Eingriffen (Hömme, 2011). Für die Durchführung von laparoskopischen Eingriffen im Abdomen ist ein Pneumoperitoneum erforderlich, welches anästhesierelevante Auswirkungen mit sich bringt (Larsen, 2016).

2.1. Pneumoperitoneum

Die Insufflation von Gas ins Abdomen eröffnet den chirurgisch notwendigen Raum zur Durchführung einer Operation. CO₂ wird dabei als Standardgas verwendet und bietet nebst der guten Resorbierbarkeit im Vergleich eine höhere Sicherheit vor einer Gasembolie. Das Pneumoperitoneum, auch Kapnoperitoneum genannt, wird üblicherweise mit einer Veress-Nadel oder einem Insufflationstrokar durchgeführt. Die Veress-Nadel birgt das Risiko einer intravasalen Insufflation (Hömme, 2011).

2.2. Relevante Auswirkungen auf die Beatmung

Das mit Gas gefüllte Abdomen erhöht den intraabdominellen Druck (engl. «intraabdominal pressure», IAP). Mit zunehmendem IAP tritt das Diaphragma höher und beeinflusst den Druck im Thorax. Dadurch nimmt die Compliance der Lunge ab, was zu höheren Beatmungsdrücken führt. Da sich mit der Verschiebung des Diaphragma ebenfalls die Carina nach kranial verlagert, gelangt bei einer Intubationsnarkose die Tubusspitze weiter in die Trachea und es kann eine akzidentell einseitige Tubuslage auftreten. Bereits unter einer Allgemeinanästhesie verändert sich die Lungenfunktion, indem die funktionelle Residualkapazität (FRC) um 20 Prozent abnimmt. Unter dem Pneumoperitoneum sinkt diese weiter ab. Somit steigt einerseits der alveoläre Totraum und andererseits sinkt die Vitalkapazität der Lunge (Hömme, 2011; Larsen, 2016).

Park et al. (2012) verdeutlichen, dass mit steigendem intraabdominellen Druck der Atemwegspitzendruck und Plateaudruck sowie die Resistance zunimmt, während die Compliance abnimmt. Dabei hat die Steigerung des intraperitonealen Drucks von 10 auf 15 mmHg eine grössere Auswirkung als eine Veränderung von der Trendelenburglagerung zur Anti-Trendelenburglagerung. Des Weiteren wird die Zunahme der Beatmungsdrücke durch die Resorption von CO₂ und das damit erforderliche höhere Atemminutenvolumen verstärkt.




Die CO₂-Abatmung durch die Lungen beträgt normalerweise 100-200 ml/min. Durch die Resorption über das Peritoneum erhöht sich bei einer CO₂-Insufflation die Ausscheidung um weitere 14-48 ml/min. Ist die Kapazität der Lunge zur Eliminierung des CO₂ ausgeschöpft, entsteht eine Hyperkapnie und eine azidotische Stoffwechsellage. Das Pneumoperitoneum kann zu einer Hypoxämie führen, die durch ein Missverhältnis zwischen Ventilation und Perfusion sowie intrapulmonalen Shunts verursacht wird. Als weitere relevante Komplikationen können Gasembolien, Barotrauma, Atelektasen, ein subkutanes Emphysem, Pneumothorax oder Pneumomediastinum auftreten (Veekash, Wei & Su, 2010).

3. Atemwegsicherung mit Larynxmaske

3.1. Larynxmasken der zweiten Generation

Die Larynxmaske wurde seit ihrer Erfindung in den 1980er Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Ursprünglich diente sie als eine einfache Methode zur verbesserten Atemwegssicherung anstelle einer Maskenbeatmung, welche zu jener Zeit noch gängig war. Um einen besseren Aspirationsschutz zu erreichen, wurde in der zweiten Generation der Larynxmasken die Dichtigkeit verbessert. Zudem verfügen die neuen Modelle über einen Drainagekanal zur Einführung einer Magensonde. Nebst der Entlastung des Magens kann damit auch die korrekte Lage verifiziert werden (Timmermann, Nickel & Pühringer, 2015). In nachfolgender Tabelle werden die Eigenschaften von häufig verwendeten Larynxmasken der zweiten Generation aufgelistet.

Tabelle 1: Übersicht Larynxmasken zweiter Generation

<p>LMA ProSeal™</p> <ul style="list-style-type: none">• Mehrweglarynxmaske• Durchgehender ösophagealer Drainagekanal umgeht den Pharynx• Ein zweiter Cuff erhöht den Kontakt zum oberen Ösophagussphinkter <p>(Teleflex Medical Europe Ltd., 2014)</p>	 <p>Abbildung 1: Larynxmaske ProSeal™</p>
<p>LMA Supreme™</p> <ul style="list-style-type: none">• Einweglarynxmaske• Ösophagealer Drainagekanal mit verbessertem Verschlussdruck• Elliptische und anatomische Form für erleichtertes Einführen• Fixierungslasche und integrierter Beissblock <p>(Teleflex Medical Europe Ltd., 2014)</p>	 <p>Abbildung 2: Larynxmaske Supreme™</p>
<p>i-gel®</p> <ul style="list-style-type: none">• Einweglarynxmaske• Anatomisch geformt aus thermoplastischem Elastomer ohne aufblasbaren Cuff• Gastrischer Kanal• Integrierter Beissblock <p>(Intersurgical Ltd., 2024)</p>	 <p>Abbildung 3: i-gel® Larynxmaske</p>

Ambu® AuraGain™

- Einweglarynxmaske mit fiberoptischen Intubationsmöglichkeit
- Anatomische Krümmung
- Integrierter gastrischer Zugang
- Integrierter Beissblock
(Ambu® A/S, 2024)



Abbildung 4: Larynxmaske
Ambu® AuraGain™

3.2. Korrekte Platzierung

Eine unerkannte Fehllage ist nebst einem falsch gewählten Patientengut oder mangelnder Narkosetiefe die Hauptursache für eine Aspiration bei Verwendung einer Larynxmaske. Sämtliche in Abbildung 5 dargestellten Fehllagen bieten keinen ausreichenden Aspirationsschutz. Obwohl eine Beatmung oftmals noch möglich ist, wirkt der Beatmungsdruck auf den oberen Ösophagusphinkter und es besteht das Risiko einer Insufflation in den Magen. Es entsteht ein Circulus vitiosus mit zunehmendem intragastralem Druck, abnehmender pulmonaler Ventilation und steigenden Beatmungsdrücken. Sollte es in dieser Situation zu einer Regurgitation kommen, ist das Risiko für eine Aspiration sehr hoch, da die Larynxmaske den Abfluss über den Pharynx versperrt (Timmermann et al., 2015).

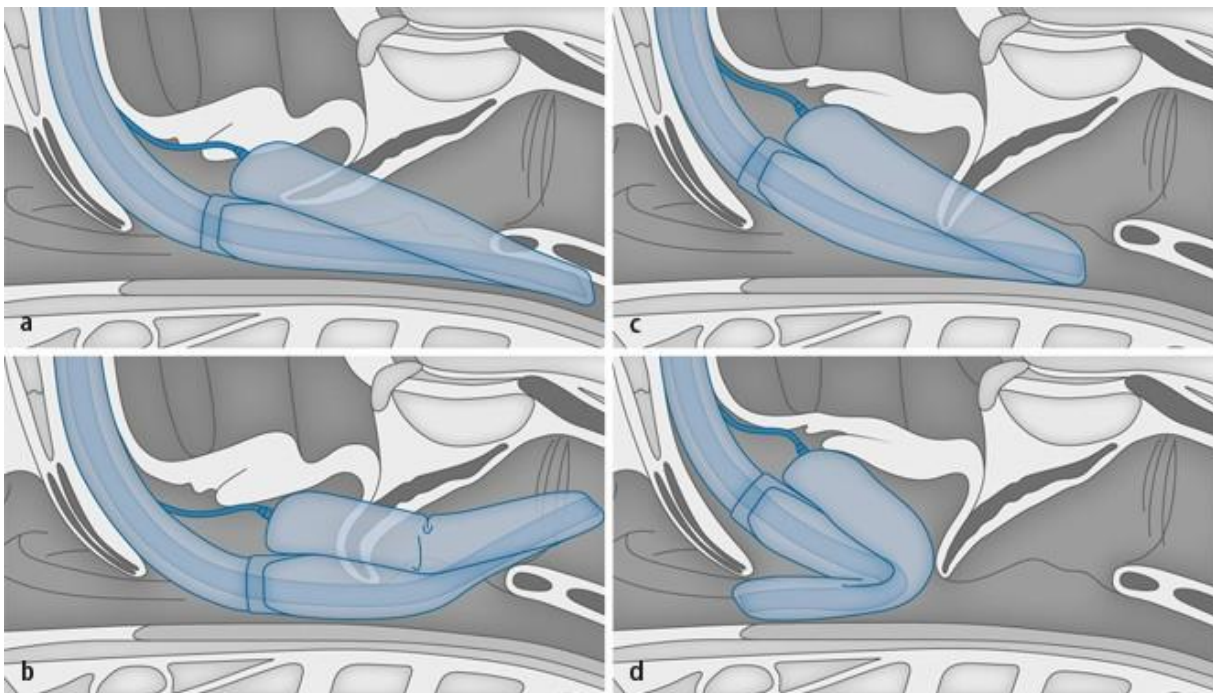


Abbildung 5: korrekt platzierte Larynxmaske (a) und mögliche Fehllagen (b,c,d)

3.3. Lage-Tests

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Testverfahren gemäss Russo und Wulf (2014) und Timmermann et al. (2015) beschrieben, mit welchen die korrekte Lage und Dichtigkeit der Larynxmasken überprüft werden können. Sie dienen als Grundlage für eine sichere Anwendung bei laparoskopischen Eingriffen.

3.3.1. Magensonde

Als primäre Lagekontrolle dient die von der Firma angegebene Markierung der Zahnreihe beziehungsweise die Position des Beissblocks. Damit ein Umknicken der Maskenspitze ausgeschlossen werden kann (*siehe Abbildung 5*), sollte eine passende Magensonde problemlos über den gastrischen Kanal eingeführt werden können. Alternativ kann auch ein Absaugkatheter anstelle einer Magensonde verwendet werden. Konstruktionsbedingte Vorteile der iGel[®] und Supreme[™] verhindern ein akzidentelles Umknicken.

3.3.2. Bubble-Test

Zur Überprüfung der ösophagealen Abdichtung der Larynxmaskenspitze lässt sich der «bubble-test» als sogenannter «Magenleckage-Test» durchführen. Bei diesem Test – ursprünglich für die ProSeal[™] und Supreme[™] entwickelt – wird in den Drainagekanal ein Tropfen Gel gegeben. Dieses sollte während der nachfolgenden Beatmung verbleiben. Bei einer Fehllage würde das Gel beatmungssynchron über die entweichende Luft aus dem Drainagekanal heraustreten.

3.3.3. Suprasternal notch-Test

Des Weiteren kann durch die Applikation von Gel in den Drainageeingang der «suprasternal notch-test» zur Verifizierung der korrekten Lage der Larynxmaskenspitze durchgeführt werden. Bei diesem Verfahren werden mit einem Finger leichte rhythmische Palpationen auf das Jugulum ausgeübt. Das Gel sollte sich dabei synchron zum Druck bewegen.

3.4. Performance-Tests

Um eine suffiziente Ventilation mit der gewählten Larynxmaske präoperativ abschätzen zu können und eine allfällige Atemwegsobstruktion zu erkennen, wird die Durchführung zweier Performance-Tests empfohlen: Der «oropharyngeale Leckagedruck-Test» und der «maximum minute volume-test» zur Berechnung des möglichen maximalen Atemminutenvolumens.

3.4.1. Oropharyngealer Leckagedruck-Test

Beim oropharyngealen Leckagedrucktest wird das APL-Ventil auf 30 cmH₂O gestellt. Unter Apnoe wird ein zunehmender Druck im Kreissystem abgewartet. Timmermann et al. (2015) empfehlen einen Frischgasflow von mindestens 8l/min, Russo und Wulf (2014) 3l/min für die Testdurchführung. Der oropharyngeale Leckagedruck (engl. «oropharyngeal leak pressure», OLP) entspricht dann jenem Druck, bei dem eine hörbare Leckage entsteht (oral oder durch Auskultation vom Larynx) oder bei dem der Beatmungsdruck nicht weiter ansteigt. Für eine sichere Beatmung in der Laparoskopie sollte der OLP 25 cmH₂O betragen (*siehe Kapitel 3.6*).

3.4.2. Maximum minute volume-Test

Bei Erwachsenen sollte das maximale Minutenvolumen (MMV) über 12 Liter betragen. Für die Testdurchführung wird die Person unter «manuell / spontan», APL-Ventil auf 30 cmH₂O und einem Frischgasflow von 2 l/min für 15 Sekunden wie folgt beatmet: Der Beatmungsbeutel wird möglichst stark zusammengedrückt, ohne dass er kollabiert oder eine oropharyngeale Leckage entsteht. Dabei wird die Atemfrequenz gezählt und gegen Ende des Tests das ausgeatmete Tidalvolumen am Respirator abgelesen – dieses dient als Referenzwert. Das maximale Minutenvolumen wird dann wie folgt berechnet:

$$\text{MMV (l/min)} = 4 \times (\text{Atemzüge} / 15\text{s}) \times (\text{ausgeatmetes Tidalvolumen})$$

Das maximale Minutenvolumen variiert bei unterschiedlicher Atemfrequenz nur geringfügig, da es sich um das Produkt aus Atemfrequenz und Tidalvolumen handelt. Mit geringeren Atemfrequenzen werden grössere Volumina erreicht, während höhere Frequenzen ein kleineres Tidalvolumen ergeben (Stix & O'Connor, 2002; Timmermann et al., 2015).

3.5. Ausschlusskriterien zur Anwendung

Russo und Wulf (2014) teilen die Meinung, dass ein ungenügender OLP (*siehe Kapitel 3.6*) die eigentliche Beschränkung für die Anwendung einer Larynxmaske bei laparoskopischen Eingriffen darstellt. Da unter dem Pneumoperitoneum mit einem Anstieg des Beatmungsdrucks von 8 cmH₂O zu rechnen ist, muss der präoperativ ermittelte OLP mindestens dem zu erwartenden Druckanstieg entsprechen. Schmidbauer, Genzwürker, Ahlers, Proquitte und Kerner (2012) definieren den OLP als maximal tolerierbaren Beatmungsdruck. Wird der Inspirationsdruck höher, so entsteht eine Luftleckage. Dabei ist entscheidend, ob die Luft vollständig über den Mund entweichen kann oder teilweise im Oropharynx eingeschlossen wird und in den Ösophagus gelangt. Dies würde zum Risiko einer

Magenüberblähung und Aspiration führen. Die Gefahr erhöht sich bei forcierter Ventilation und hohen Beatmungsdrücken sowie fehlender Drainage über eine Magensonde (*siehe Kapitel 3.7*). Gemäss Schmidbauer et al. (2012) wird der OLP primär von der Art der Larynxmaske, der korrekten Grösse und der Platzierung beeinflusst. Dazu wurden diverse Studien durchgeführt, welche im nachfolgenden Kapitel thematisiert werden.

Kontraindiziert bei elektiven Eingriffen ist eine Larynxmaske bei nicht nüchternen Personen, schwerem gastroösophagealen Reflux sowie Kiefersperre und geringer Mundöffnung. Davon ausgenommen sind die notfallmedizinische Anwendung und der difficult Airway. Ebenfalls gelten Entzündungen, Blutungen oder Tumore in den oberen Atemwegen als Ausschlusskriterien (Timmermann et al. 2015).

3.6. Oropharyngealer Leckagedruck

Der oropharyngeale Leckagedruck (OLP) – auch als oropharyngealer Verschlussdruck bezeichnet – beschreibt die Abdichtung der Larynxmaske nach oral. Die Dichtigkeit wird durch den Kontakt der Larynxmaske mit der oropharyngealen Schleimhaut erreicht. Dadurch wird bei einem positiven Beatmungsdruck die Beatmung der Patientinnen und Patienten ermöglicht (*vgl. Kapitel 3.5*). Larynxmasken der zweiten Generation weisen einen verbesserten oropharyngealen Leckagedruck auf. Dies ist mit einer verbesserten Abdichtung und einem höheren möglichen Beatmungsdruck in Verbindung zu setzen (Russo & Wulf, 2014; Timmermann et al., 2015). Die Höhe des oropharyngealen Leckagedrucks dient als wichtiger Indikator für die Performance der supraglottischen Atemwegshilfe und sollte bei der Auswahl der Larynxmasken berücksichtigt werden (Zhang et. al., 2021).

In Abbildung 6 wird der oropharyngeale Verschlussdruck an der gegebenen anatomischen Position dargestellt. Nachfolgende Studien mit verschiedenen Larynxmasken liefern wissenschaftliche Erkenntnisse zum OLP und der Auswirkung auf die Beatmung. Die Ergebnisse, Populationsgrösse und das Messverfahren sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

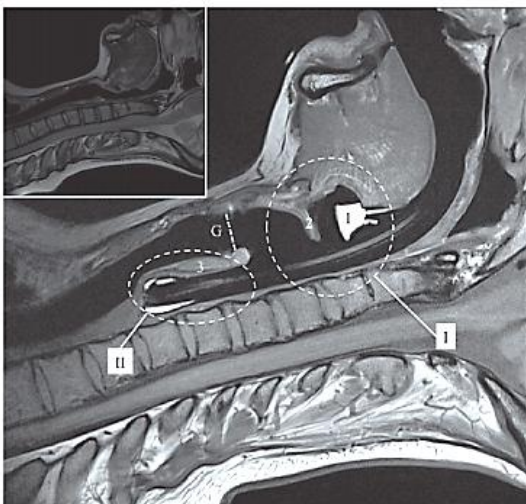


Abbildung 6: Magnetresonanztomographie einer Larynxmaske Supreme™ in situ mit oropharyngealem Verschlussdruck (I) und hypopharyngealem Verschlussdruck (II)

3.6.1. Supreme™ und ProSeal™

Beleña et al. (2013) verglichen die Beatmungseffizienz und den oropharyngealen Leckagedruck der Larynxmasken Supreme™ und ProSeal™ bei 120 elektiven laparoskopischen Cholezystektomien ASA I-III. Für die Studie wurde eine Magensonde über den gastrischen Kanal platziert und die Testpersonen während des operativen Eingriffs relaxiert. Bei der präoperativen Bestimmung des oropharyngealen Leckagedrucks zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede. Die Larynxmaske ProSeal™ erreichte im Mittelwert einen OLP von 30 mbar, während die Supreme™ einen OLP von 26 mbar erzielte. Für die Ventilation konnte die ProSeal™ auch höhere maximale Tidals (im Mittel 511ml) im Vergleich zur Supreme™ (475 ml) liefern. Die Autoren sind der Ansicht, dass die besseren Ergebnisse der ProSeal™ hauptsächlich auf den dorsalen Cuff sowie das Design aus Silikonmaterial und zwei Cuff zurückzuführen sind. Durch das gebogene, halbstarre Design konnte jedoch die Supreme™ einfacher platziert werden. Abgesehen von diesen Unterschieden eignen sich nach Beleña et al. (2013) beide Atemwegshilfen für die laparoskopische Cholezystektomie. Es stellte sich zudem heraus, dass auch bei Personen mit einem BMI bis 35 kg/m² eine ausreichende Sicherheit gewährleistet ist. Laryngospasmus, Bronchospasmus, Hypoxie, Regurgitation oder Aspiration sind nirgends aufgetreten. In zwei Fällen wurde Blut nach Entfernen der ProSeal™ beobachtet. In der Häufigkeit von postoperativen Halsschmerzen gab es keine Unterschiede.

Lee, Tey, Lim und Sia (2009) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Es wurden 70 Patientinnen für einen elektiven laparoskopischen Eingriff in der Gynäkologie untersucht. Für den Narkoseunterhalt diente Sevoflurane und es wurde Lachgas hinzudosiert. Im Vergleich relaxierten Lee et al. (2009) ihre Probandinnen bereits vor Einführen der Larynxmaske. Es wurde eine Magensonde platziert. Der mittlere oropharyngeale Leckagedruck der ProSeal™ (31 mbar) war signifikant höher im Vergleich zur Supreme™ (27 mbar). Ebenfalls konnten mit der ProSeal™ höhere maximale Tidals erreicht werden. Obwohl bei einem beziehungsweise zwei Fällen in der Vergleichsgruppe lediglich einen OLP von unter 20mbar erzielt wurde, konnten alle Patientinnen suffizient beatmet werden. Beide Larynxmasken konnten mit gleichem Erfolg platziert werden. Die Komplikationsraten waren vergleichbar und von geringer Anzahl. Abgesehen davon entstand durch das Lachgas einen kontinuierlichen exzessiven Druckanstieg im Cuff der ProSeal™ nach 30 (92 cmH₂O) beziehungsweise 60 Minuten (110 cmH₂O). Da keinen Einfluss auf den Cuffdruck der Supreme™ nachgewiesen werden konnte, wurde dies auf die Unterschiede in der Materialbeschaffenheit zurückgeführt.

3.6.2. Supreme™ und i-gel®

Studien von Teoh et al. (2010) und Park, Rim, Kim, Lee und Chung (2015) zeigen, dass die Supreme™ vergleichbare oropharyngeale Leckagedrücke aufweist wie die i-gel®. Dabei erfolgte die Relaxierung vor Einführen der Larynxmasken und es wurde eine Magensonde über den gastrischen Kanal platziert. Teoh et al. (2010) führten in ihrer Studie den «suprasternalen notch-test» durch und wählten für den Narkoseunterhalt Sevoflurane. Die Beatmungseffizienz wurde bei 100 gynäkologischen Eingriffen in der Laparoskopie unter Trendelenburg-Position untersucht. Der OLP der i-gel® (25 mbar) zeigte dabei keinen signifikanten Unterschied zur Supreme™ (26 mbar). Auch bei niedrigen oropharyngealen Leckagedrücken von unter 20 mbar in 6% (Supreme™) beziehungsweise 12% (i-gel®), konnten nach erfolgreichem Lagetest alle Patientinnen adäquat beatmet werden. Die Auffassung, dass ein Leckagedruck von unter 20 mbar eine effiziente Beatmung beeinträchtigen kann, wird hierbei in Frage gestellt. Unabhängig vom OLP konnten Teoh et al. (2010) aufzeigen, dass die i-gel® bei vergleichbarem Beatmungsdruck, Atemfrequenz und intraabdominalem Druck eine signifikant höhere Leckage aufweist als die Supreme™. Sie gehen davon aus, dass die Materialbeschaffenheit und der nicht aufblasbare Cuff der i-gel® anfälliger für eine Leckage ist, wenn die Grösse und Position nicht genau passt. Unter dem ermittelten OLP wurde bei keiner Patientin eine Insufflation in den Magen festgestellt und es wurde keine Regurgitation beobachtet. Der mittlere Atemwegsdruck blieb jeweils unter 25 mbar, worunter sich beide Larynxmasken als effektiv erwiesen. Möglicherweise wird dieses Ergebnis durch die Begrenzung des Pneumoperitoneum < 15 mbar und den relativ niedrigen BMI < 25 beeinflusst (Teoh et al., 2010).

Park et al. (2015) führten ihre Studie bei der laparoskopischen Cholezystektomie durch. Die Narkoseführung erfolgte unter TCI mit Propofol und Remifentanyl. Eine fiberoptisch durchgeführte Lagekontrolle beider Larynxmasken zeigte mehrheitlich die Sicht auf die Stimmbänder, gefolgt von zusätzlich posteriorem Anteil der Epiglottis. Der OLP zwischen der i-gel® und Supreme™ war sowohl vor-, während als auch nach dem Pneumoperitoneum nahezu identisch. Der steigende PIP und die sinkende pulmonale Compliance während des Pneumoperitoneum unterschied sich zwischen den beiden Larynxmasken nicht. Der OLP erhöhte sich in der Phase des Pneumoperitoneum bei der i-gel® und Supreme™ signifikant im Vergleich zu ihren Ausgangswerten und stieg über 29 mbar. Aufgrund einer hörbaren Leckage unter dem Pneumoperitoneum mussten in 8.5% (i-gel®) respektive 15% (Supreme™) der Fälle die Positionierung der Larynxmaske angepasst werden. Aspiration, Laryngospasmus, Bronchospasmus oder Hypoxie sind nicht aufgetreten.

3.6.3. ProSeal™ und i-gel®

Der oropharyngeale Verschlussdruck der Larynxmaske ProSeal™ ist gemäss Sharma, Sehgal, Sahai und Sood (2010) signifikant höher im Vergleich zur i-gel®. Die Studie wurde bei 60 elektiven laparoskopischen Cholezystektomien durchgeführt. Dabei erreichten die relaxierten Testpersonen mit der ProSeal™ einen OLP von 38 mbar und die Gruppe der i-gel® einen OLP von 35 mbar. Bei der Erfassung der Beatmungsparameter stellte sich heraus, dass die i-gel® zur signifikant besseren Compliance sowohl vor, während als auch nach dem Pneumoperitoneum führte. Die Resistance der ProSeal™ war nur unwesentlich höher und erzielte vergleichbare Ergebnisse wie die i-gel®. Die Fibreroptische Lagekontrolle beider Testgruppen zeigte jeweils in zweidrittel der Fälle die Sicht auf die Glottis ohne epiglottische Anteile. Bei der i-gel® wurde eine signifikant höhere Malrotation beobachtet, obwohl es keine Unterschiede in der Platzierung gab. Die unterschiedlichen Ergebnisse wurden auf die technische Beschaffenheit der Larynxmasken zurückgeführt: Im Vergleich zur ProSeal™ hat die i-gel® den grösseren Atemwegskanal. Die ProSeal™ bietet aufgrund ihrem aufblasbaren Cuff mit dorsalen und ventralen Anteilen sowie der tieferen Spitze und grösseren Oberfläche den höheren Leckagedruck. Zusammen mit dem grösseren gastrischen Kanal zeugt dies von einem besseren Aspirationsschutz. Die i-gel® verursacht hingegen bei ihrem engeren Drainagekanal einen erhöhten Widerstand gegenüber regurgitierender Flüssigkeit. Dies steigert das theoretische Risiko für eine Aspiration (Sharma et al., 2010).

Eine Metanalyse von Shin et al. (2016) bestätigt den höheren oropharyngealen Leckagedruck der ProSeal™ im Vergleich zur i-Gel® mit einer mittleren Differenz von rund drei Millibar. Die Daten stammen von relaxierten Testpersonen bei laparoskopischen Eingriffen.

3.6.4. ProSeal™ und AuraGain™

Im Vergleich zur ProSeal™ verursacht die AuraGain™ Larynxmaske bei ähnlichen oropharyngealen Verschlussdrücken einen niedrigeren Druck auf die Schleimhaut des Pharynx. Ein hoher Verschlussdruck bei gleichzeitig geringem Druck auf den Pharynx stellt sich als vorteilhaft für unerwünschte Nebenwirkungen dar. Diese Erkenntnisse von Singh und Gurha (2017) bestätigen sich durch den von ihnen ermittelten Druck auf die Schleimhaut des Pharynx, der bei der AuraGain™ in allen Maskengrössen geringer war als bei der ProSeal™. Bei der Standardgrösse vier erreichte dieses Ergebnis statistische Signifikanz. Das benötigte Cuffvolumen zur Verhinderung einer Leckage lag bei beiden Larynxmasken weit unter den vom Unternehmen angegebenen Maximalwerten. Der vergleichbare OLP der AuraGain™ (27 mbar) und der ProSeal™ (28 mbar) überstieg den Atemwegsspitzendruck unter dem Pneumoperitoneum und sorgte für einen ausreichenden Aspirationsschutz. Die AuraGain™

erlaubte in 70% der Fälle die Platzierung einer grösseren Magensonde, wodurch der Magen besser entlastet werden konnte.

3.6.5. AuraGain™ und Supreme™

Lopez et al. (2017) sind der Ansicht, dass bei der präoperativen Bestimmung des OLP die Differenz zum Spitzendruck für eine erfolgreiche Beatmung während der Laparoskopie entscheidend ist. In ihrem Vergleich zwischen den Larynxmasken AuraGain™ und Supreme™ betrug der mittlere Anstieg der inspiratorischen Spitzendrücke unter dem Pneumoperitoneum und der Trendelenburglagerung neun Millibar (60% Erhöhung vom Initialwert). Drei von 29 Patientinnen in der Gruppe der Supreme™ benötigten dabei Anpassungen der Beatmungsparameter oder eine repetitive Gabe an Rocuronium, da der Spitzendruck den OLP überstieg. Die AuraGain™ erzielte hingegen vor, während als auch nach dem Pneumoperitoneum und der Trendelenburglagerung eine grössere Spannweite von den Beatmungsspitzenrücken zum OLP. Im Vergleich zur Supreme™ wurden zu allen Messzeiten statistisch signifikant höhere Leckagedrücke erreicht. Nur zwei (6%) im Vergleich zu acht Personen (28%) in der Gruppe der Supreme™ erreichten den wünschenswerten initialen OLP von 25 mbar nicht. Lopez et al. (2017) platzierten eine 16G Magensonde und konnten keine Regurgitation oder Aspiration feststellen. Ebenfalls waren bei allen Personen die postoperativen Symptome von geringem Ausmass und nach Aufenthalt im Aufwachraum rückläufig. Beide Larynxmasken eigneten sich für eine suffiziente Ventilation. Allerdings bietet die AuraGain™ aufgrund ihres grösseren Atemwegsdurchmessers und der besseren Sicht auf die Glottis die einfachere Möglichkeit einer fiberoptischen Intubation.

Zhang et al. (2021) erzielten ähnliche Ergebnisse. Obwohl die ermittelten oropharyngealen Leckagedrücke niedriger ausfielen, lag die Erfolgsquote bei der ausgewählten Testgruppe in der Anwendung der AuraGain™ bei 95% beziehungsweise 89.8% bei der Supreme™. Da der inspiratorische Spitzendruck den OLP unter CO₂-Insufflation überstieg, musste eine bzw. drei Personen in der Gruppe der Supreme™ intubiert werden. Der präoperativ ermittelte OLP betrug in diesem Zusammenhang bei der Person mit der AuraGain™ und einer Person in der Gruppe der Supreme™ weniger als 20 mbar. Bei der Erfassung des Leckagevolumen wies die AuraGain™ eine geringere Leckage auf, wobei die Supreme™ 30 min nach Operationsbeginn die Differenz verringern konnte. Unter dem ermittelten OLP wurden zu 8-10% in beiden Testgruppen eine Insufflation in den Magen auskultiert. Ebenfalls wurde in 15-20% eine visuelle Magenüberblähung beobachtet. Eine Regurgitation oder Aspiration trat jedoch nicht auf. Zhang et al. (2021) weisen auf die Wichtigkeit der Platzierung einer Magensonde hin und empfehlen eine intermittierende aktive Absaugung, um den Magen zu entlasten.

Tabelle 2: Studiendesign und oropharyngealer Verschlussdruck

Studie	Testgruppe: Anzahl / Eingriff	Messverfahren OLP / (Relaxans)	Ermittelter OLP / Typ Larynxmaske
Beleña et al. (2013)	120 Personen / Lap. Cholezystektomie	3 l Flow, Drucklimit 40 cmH ₂ O (Rocuronium)	ProSeal™ = 30 mbar Supreme™ = 26 mbar
Lee et al. (2009)	70 Personen / gynäkologische Lap.	3 l Flow, APL-Ventil zu (Mivacurium)	ProSeal™ = 31 mbar Supreme™ = 27 mbar
Teoh et al. (2010)	100 Personen / gynäkologische Lap.	3 l Flow, APL 40 cmH ₂ O (Atracurium)	Supreme™ = 26 mbar i-Gel® = 25 mbar
Park et al. (2015)	93 Personen / Lap. Cholezystektomie	3 l Flow, APL 40 cmH ₂ O (Rocuronium)	Supreme™ >26 mbar i-Gel® >28 mbar
Sharma et al. (2010)	60 Personen / Lap. Cholezystektomie	5 l Flow, APL 40 cmH ₂ O (Vecuronium)	ProSeal™ = 38 mbar i-Gel® = 35 mbar
Singh & Gurha (2017)	60 Personen / Lap. Cholezystektomie	3 l Flow, Drucklimit 40 cmH ₂ O (Atracurium)	ProSeal™ = 27mbar AuraGain™ = 28 mbar
Lopez et al. (2017)	60 Personen / gynäkologische Lap.	6 l Flow, APL 40 cmH ₂ O (Rocuronium)	AuraGain™ = 33 mbar Supreme™ = 28 mbar
Zhang et al. (2021)	120 Personen / Lap. Cholezystektomie / Inguinalhernienrepair	3 l Flow, APL 70 cmH ₂ O (Atracurium oder Rocoronium)	AuraGain™ = 26 mbar Supreme™ = 21 mbar
Pradeep et al. (2021)	90 Personen / Lap. Appendektomie, Zyst- ektomie, Diagnostik	3 l Flow, APL-Ventil zu (Succinylcholin und Vecuronium)	i-Gel® = 25 mbar Supreme™ = 24 mbar AuraGain™ = 29 mbar

Zum aktuellen Zeitpunkt liess sich keine Studie auf den Datenbanken von Pubmed und Google Scholar ausfindig machen, welche Vergleichsdaten aller vier Larynxmasken im ausgewählten Setting liefert. Wie oben ersichtlich, werden meist die Beatmungseigenschaften zweier Larynxmasken gegenübergestellt. Pradeep et al. (2021) hingegen untersuchten in ihrer Studie den OLP zwischen i-Gel®, Supreme™ und AuraGain™. Dabei lieferte die AuraGain™ eine bessere oropharyngeale Abdichtung mit einem statistisch signifikant höheren Leckagedruck im Vergleich zu den anderen Larynxmasken. Intraoperative Komplikationen wie Regurgitation, Aspiration oder Dislokation sind in keiner Gruppe aufgetreten. Postoperativ sind keine statistisch relevanten Unterschiede in den Komplikationen aufgetreten. In der Gruppe der AuraGain™ waren jedoch die berichteten Fälle von Halsschmerzen sowie Blutresten auf der Larynxmaske am höchsten.

3.7. Hypopharyngealer Leckagedruck

Bei der zweiten Abdichtung, welche von entscheidender Bedeutung für die sichere Anwendung von Larynxmasken ist, handelt es sich um den hypopharyngealen Leckagedruck (HLP) beziehungsweise den hypopharyngealen Verschlussdruck. Er definiert die Abdichtung der Larynxmaske zum Ösophagus hin (siehe Abbildung 6) und trennt den Gastrointestinaltrakt vom Respirationstrakt. Die Abdichtung dient dazu, eine unbeabsichtigte Mageninsufflation zu vermeiden und die Atemwege vor einer möglichen Regurgitation zu schützen. Dafür ist eine korrekte Platzierung der Larynxmaskenspitze zum oberen Ösophagussphinkter von entscheidender Bedeutung (Russo & Wulf, 2014; Timmermann et al., 2015). Russo et al. (2012) sind der Ansicht, dass die Spitze der Larynxmasken für die ösophageale Abdichtung einen massgeblichen Einfluss hat. Sie untersuchten in ihrer Studie die Einführtiefe der Larynxmasken Supreme™ und i-gel® und ihre Auswirkung auf den oberen Ösophagussphinkter. Ihre Resultate zeigen, dass sich die beiden Larynxmasken in der anatomischen Positionierung in situ signifikant unterscheiden. Die Supreme™ dringt tiefer in den oberen Ösophagussphinkter ein, während die i-gel® eine grössere Dilatation im proximalen Bereich des oberen Ösophagussphinkter verursacht. Die i-gel® Larynxmaske hat durch ihre geringere Eindringtiefe möglicherweise weniger Einfluss auf die Reflexe des unteren Ösophagussphinkter, allerdings weist sich die grössere Dilatation im oberen Ösophagussphinkter als nachteilig aus. Ein gleicher Effekt würde durch einen übermässigen Cuffdruck der Supreme™ verursacht. Russo et al. (2012) stellten zudem fest, dass die Larynxmaske Supreme™ im Vergleich mit der i-gel® den Larynxeingang stärker komprimiert und die Glottisöffnung stärker reduziert (siehe Abbildung 7). Diese Unterschiede können die Qualität der Ösophagusabdichtung, das Aspirationsrisiko und den Atemwegswiderstand beeinflussen.

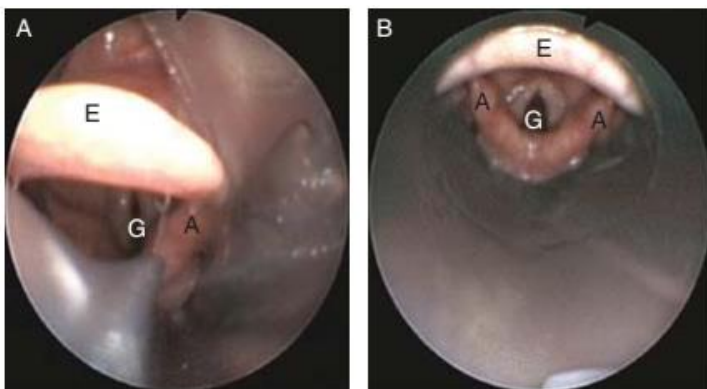


Abbildung 7: fiberoptische Darstellung bei der Verwendung der Supreme™ (A) und der i-gel® (B) Larynxmaske. E = Epiglottis; A = Aryknorpel; G = Glottis

Zur Beurteilung des hypopharyngealen Verschlussdrucks sind gemäss Russo und Wulf (2014) zwei Parameter von Bedeutung: Einerseits der Beatmungsdruck, welcher zu einer unbeabsichtigten Mageninsufflation führen würde, und andererseits der Druck, welcher bei

gastralem Reflux eine Leckage zwischen oberem Ösophagussphinkter und Larynxmaske hervorbringen könnte. Ersteres wurde in einer Studie von Schmidbauer et al. (2012) untersucht. Sie simulierten an menschlichen Präparaten einen maximal erhöhten Atemwegswiderstand, um das Risiko einer ösophagealen Insufflation zu untersuchen. Aus ihren Ergebnissen geht hervor, dass das Risiko und Volumen der Leckage in direktem Zusammenhang mit dem Inspirationsdruck steht. Bei einem Inspirationsdruck von 20 mbar konnte für die Larynxmasken Supreme™, Pro-Seal™ und i-gel® keine ösophageale Insufflation beobachtet werden. Diese Druckgrenze scheint für das Risiko einer Mageninsufflation sicher zu sein. Bei Beatmungsdrücken von 40 und 60 mbar konnte dies nicht mehr verhindert werden, wobei im Vergleich der Larynxmasken die i-gel® die höchste Insufflation erzielte. Die ösophageale Abdichtung im Fall einer Regurgitation oder Emesis untersuchten Schmidbauer et al. (2009) in einer weiteren Studie. Dabei wurde sowohl ein schneller als auch langsamer Druckanstieg im Ösophagus simuliert und der Leckagedruck der Larynxmasken Classic™, Pro-Seal™ und i-gel® bestimmt. In beiden Verfahren erzielte die i-gel® signifikant niedrigere Leckagedrücke im Vergleich zu den anderen Larynxmasken (siehe Tabelle 3). Unabhängig davon konnte über den gastrischen Kanal der i-gel® und Pro-Seal™ eine schnelle und komplette Drainage der Flüssigkeit erreicht werden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei steigendem Druck im Ösophagus die Abdichtung einer Larynxmaske mit aufblasbarem Cuff jener der i-gel® überlegen ist. Für Personen mit erhöhtem Aspirationsrisiko ist aufgrund der Erkenntnisse von Schmidbauer et al. (2009) eine besonders gute ösophageale Abdichtung über einen aufblasbaren Cuff und einen zusätzlichen gastrischen Kanal von Vorteil.

Tabelle 3: ösophageale Dichtigkeit gegenüber Flüssigkeiten

Larynxmaske	HLP langsamer Druckanstieg (mbar)	HLP schneller Druckanstieg (mbar)
Classic™	≈ 36 (25-42)	≈ 45 (35-49)
Pro-Seal™	≈ 57 (31-63)	≈ 58 (54-60)
i-gel®	≈ 13 (12-22)	≈ 21 (16-25)

Russo und Wulf (2014) deuten ausdrücklich darauf hin, dass eine korrekte Fixierung der Larynxmaske von entscheidender Bedeutung ist, damit der Kontakt zum oberen Ösophagussphinkter aufrechterhalten werden kann. Ihren Erfahrungen nach ist bei laparoskopischen Eingriffen eine oropharyngeale Leckage vor einer intragastralen Insufflation zu erwarten. Timmermann et al. (2015) bestätigen den Einfluss der Bauweise und korrekten Platzierung der Larynxmaske auf den hypopharyngealen Verschlussdruck. Gemäss ihren Recherchen sind bis dato keine klinischen Tests verfügbar, um den hypopharyngealen Verschlussdruck individuell zu bestimmen.

4. Larynxmaske versus Intubation

In den bisherigen Kapiteln konnten die Beatmungsleistungen und Sicherheitseigenschaften von Larynxmasken zweiter Generation eine Anwendung in der Laparoskopie begründen. In der Folge werden Performance und Komplikationen im Vergleich zum Tubus dargestellt.

Daten grosser Metaanalysen (n = 1433, n = 2213) belegen, dass supraglottische Atemwegshilfen weniger Husten, Halsschmerzen, Heiserkeit oder Laryngospasmen verursachen als ein Tubus (Park, Ko, Choi, Ahn & Kang, 2016; Kumar, Suman, Kumar, Acharya & Lakra, 2023). Die Autoren sind sich einig, dass im Vergleich zum Tubus weniger Irritationen von Stimmbänder und Trachea sowie ein geringerer Druck auf den Pharynx für eine atraumatischere Atemwegssicherung sorgen. Kumar et al. (2023) betonen, dass durch die Veränderungen des Pneumoperitoneum die Irritationen des Tubus auf die Atemwege weiter verstärkt werden. Zudem stellten sie bei einer Intubationsnarkose eine höhere Inzidenz an Nausea und Emesis fest. In keiner der analysierten Studien wurde über Regurgitation und Aspiration bei Verwendung supraglottischer Atemwegshilfen in der Laparoskopie berichtet. Park et al. (2016) fanden keine Evidenz im Unterschied der gastrischen Insufflation, Entsättigung und Blutverschmutzung der beiden Atemwegshilfen. Obwohl hauptsächlich Daten zwischen Larynxmasken und Endotrachealtubus bearbeitet wurden, sind unter den 17 bzw. 21 analysierten Studien je zwei Studien mit Larynxtuben in die Metaanalysen miteinbezogen worden. Abgesehen davon kommen beide Autorenschaften zum Entschluss, dass Larynxmasken für eine sichere und effiziente Beatmung bei elektiven laparoskopischen Eingriffen eingesetzt werden können.

Larynxmasken haben eine vorteilhafte Auswirkung auf die Hämodynamik im Vergleich zum Endotrachealtubus. Gemäss Sabuncu et al. (2018) sind Herzfrequenz und Blutdruck zu Anästhesiebeginn durch die Laryngoskopie signifikant höher. Sie bevorzugen die Verwendung der Larynxmasken AuraGain™ und i-Gel® bei der laparoskopischen Cholezystektomie. Der Spitzendruck unter Larynxmaske und Relaxation fiel zu allen Zeitpunkten signifikant geringer aus. Dabei erzielte die AuraGain™ die niedrigeren Beatmungsdrücke, was auf ihre anatomische Form und dem grösseren Atemwegsdurchmesser im Gegensatz zur i-Gel® zurückgeführt wurde. Sabuncu et al. (2018) konnten im Hinblick auf die perioperativen Komplikationen vergleichbare Ergebnisse zwischen Larynxmaske und Endotrachealtubus verzeichnen. Der Ersterfolg und die Einführungsdauer fiel mit den Larynxmasken besser aus. Dabei liess sich die i-Gel® am leichtesten platzieren. Abdi et al (2009) benötigten mit der Supreme™ ebenfalls weniger Zeit für das Atemwegsmanagement als mit dem Endotrachealtubus. Sowohl die Platzierung der Larynxmaske als auch die Extubation nach den gynäkologischen Eingriffen fielen kürzer aus. Die Supreme™ erwies sich unter

kontinuierlicher Relaxation als ebenso wirksame Atemwegsicherung wie der Endotrachealtubus. Die pharyngolaryngealen Beschwerden (Heiserkeit, Halsschmerzen und Schluckstörungen) waren nach Intubation deutlich erhöht. Postoperative Auswertungen zeigten, dass sich die Häufigkeit an Nausea und Emesis sowie den Bedarf an Analgetika zwischen den beiden Gruppen nicht unterschieden. Hohlrieder et al. (2007) konnten bei gleicher Zielgruppe mit der ProSeal™ ein geringeres Auftreten an Nausea innerhalb der ersten sechs Stunden postoperativ feststellen. In der Anzahl an Dysphonie, Halsschmerzen und Schluckstörungen wurden hingegen keine Unterschiede erreicht. Die Autoren beobachteten im Vergleich zum Endotrachealtubus mit der ProSeal™ eine geringere Schmerzintensität sowohl zwei als auch sechs Stunden postoperativ. Dies erklärt auch den geringeren Verbrauch an Morphin innerhalb der ersten 24 Stunden. Die patientenkontrollierte Analgesie (PCA-Pumpe) fiel innerhalb der ersten sechs Stunden rund 30 Prozent und nach 24 Stunden rund 23 Prozent niedriger aus als bei der Vergleichsgruppe. Hohlrieder et al. (2007) sind der Meinung, dass ein supraglottischer Cuff weniger Reiz verursacht als der endotracheale Cuff. Es wird vermutet, dass dadurch die Schmerzzentren intraoperativ weniger stimuliert werden und die postoperative Schmerzschwelle erhöht wird.

5. Diskussion

Der Verwendung von Larynxmasken in der Laparoskopie geht ein vermutet höheres Regurgitations- und Aspirationsrisiko sowie eine fraglich ausreichende Beatmung bei zunehmenden Beatmungsdrücken voraus. Basierend auf dieser Ausgangslage wurde in den vorangehenden Kapiteln die Auswirkungen der Larynxmaske in der Laparoskopie beschrieben sowie Risiken und Sicherheitsempfehlungen dargestellt.

Entscheidend für eine sichere und suffiziente Beatmung mit Larynxmaske ist ein ausreichend hoher oropharyngealer und hypopharyngealer Leckagedruck sowie die Verifizierung der korrekten Lage. Allerdings sind die Lage- und Performancetests (*siehe Kapitel 3.3 / 3.4*) relativ aufwendig zu messen und der hypopharyngeale Leckagedruck kann nicht individuell bestimmt werden. Timmermann et al. (2015) empfehlen für den oropharyngealen Leckagedrucktest eine Druckbegrenzung auf 30 cmH₂O und einen Frischgasflow von mindestens 8 l/min. Zur sicheren Anwendung in der Laparoskopie sollte der OLP mindestens 25 cmH₂O betragen. Wie in Tabelle 2 ersichtlich ist, haben alle Untersuchende für dieses Verfahren einen geringeren Frischgasfluss gewählt. Auffällig ist, dass bei höherem Flow ein vergleichbar höherer OLP ermittelt wurde. Die Werte erreichten bis auf die Ergebnisse von Zhang et al. (2021) den von Timmermann et al. (2015) empfohlenen Leckagedruck. Russo und Wulf (2014) teilen deren Meinung, dass ein ungenügender OLP eine Verwendung bei laparoskopischen Eingriffen limitiert. Ihrer Ansicht nach sollte dieser mindestens dem zu erwartenden Druckanstieg von 8 cmH₂O unter dem Pneumoperitoneum entsprechen. Lopez et al. (2017) stimmen dem zu und betonen, wie entscheidend die Differenz zwischen präoperativ ermitteltem OLP und intraoperativem Spitzendruck ist. Allerdings kann dieser Druck nicht bestimmt werden und es wird mit einem durchschnittlichen Anstieg des Beatmungsdrucks von 60% gerechnet.

Die besseren Beatmungseigenschaften der ProSeal™ im Vergleich zur Supreme™ zeigen die Ergebnisse von Beleña et al. (2013) wie auch jene von Lee et al. (2009). Letztere ermittelten in Einzelfällen einen OLP von unter 20 mbar, bei welchem – entgegen der Meinung von Timmermann et al. (2015) – eine ausreichende Ventilation sichergestellt werden konnte. Auch Teoh et al. (2010) stellten die Annahme eines inadäquaten Leckagedrucks von unter 20 mbar in Frage. In ihrer Studie konnten keine signifikanten Unterschiede im OLP zwischen Supreme™ und i-Gel® nachgewiesen werden. Zu denselben Erkenntnissen kamen Park et al. (2015). Auf Grundlage ihrer Ergebnisse konnte zudem festgestellt werden, dass sich der OLP in der Phase des Pneumoperitoneum erhöht.

Aus den Ergebnissen zum OLP (*siehe Tabelle 2*) wird ersichtlich, dass bei gleichen Larynxmasken unterschiedliche Werte ermittelt wurden. Im Vergleich zu Lopez et al. (2017)

ermittelten Zhang et al. (2021) wesentlich geringere Leckagedrücke. Die Differenz des OLP der beiden Larynxmasken ist jedoch gleich. Den höheren Leckagedruck der AuraGain™ wird zudem durch die Studie von Pradeep et al. (2021) bestätigt. Die Gleichwertigkeit zwischen AuraGain™ und ProSeal™ nach den Ergebnissen von Singh und Gurha (2017) kann durch den jeweils höheren OLP im Vergleich mit der Supreme™ belegt werden (vgl. Beleña et al., 2013; Lee et al., 2009; Lopez et al., 2017; Zhang et al., 2021).

Wie aus verschiedenen Studien zu entnehmen ist, scheinen konstruktionsbedingte Unterschiede einen Einfluss auf die Dichtungsdrücke und Performance der Larynxmasken zu haben. In Übereinstimmung mit Beleña et al. (2013) betonen Sharma et al. (2010), dass der höhere Leckagedruck der ProSeal™ auf dessen Cuff mit dorsalen und ventralen Anteilen zurückzuführen ist. Teoh et al. (2010) gehen davon aus, dass der nicht aufblasbare Cuff und die Materialbeschaffenheit der i-Gel® anfälliger für eine Leckage ist. Sharma et al. (2010) teilen diese Erkenntnis und konnten darüber hinaus bei der fiberoptischen Lagekontrolle eine signifikant höhere Malrotation im Vergleich zur ProSeal™ feststellen. Die i-Gel® bot allerdings aufgrund ihres grösseren Atemwegkanals eine signifikant bessere Compliance. Dazu konnten Russo et al. (2012) eine geringere Komprimierung des Larynxeingang und bessere Glottisöffnung mit der i-Gel® im Vergleich zur Supreme™ feststellen. Allerdings fanden sie für die i-Gel® eine nachteilig grössere Dilatation im oberen Ösophagusphinkter. Diese Erkenntnis wird durch den ermittelten HLP von Schmidbauer et al. (2012) untermauert. Im Vergleich zur Supreme™ und ProSeal™ erzielte die i-Gel® die höhere Luftinsufflation. Die Überlegenheit eines aufblasbaren Cuffs zeigt auch der signifikant bessere HLP gegenüber Flüssigkeiten (vgl. *Tabelle 3*) (Schmidbauer et al. 2009).

In der Analyse aller Vergleichsstudien zwischen Larynxmasken sowie Metaanalysen im Vergleich mit dem Tubus ist kein Fall von Aspiration und Regurgitation bekannt. Allerdings wird nicht beschrieben, wie dies untersucht wurde. Zhang et al. (2021) liefern zudem beachtenswerte Zahlen über eine Auskultation von Luft in den Magen in 8-10% der Fälle sowie eine visuelle Magenüberblähung in 15-20% der Fälle. Sie weisen auf die Wichtigkeit einer Magensonde hin und empfehlen eine intermittierende Absaugung. Russo und Wulf (2014) erwarten eine oropharyngeale Leckage vor einer intragastralen Insufflation. Allerdings konnte die Studie von Schmidbauer et al. (2012) lediglich belegen, dass ein Inspirationsdruck von 20 mbar vor einer ösophagealen Insufflation schützt. Kumar et al. (2023) stimmen Park et al. (2016) zu, dass Larynxmasken für eine sichere und effiziente Beatmung in der Laparoskopie eingesetzt werden können. Sabuncu et al. (2018) belegen einen geringeren Beatmungsspitzenruck sowie bessere Ergebnisse zu Ersterfolg und Einführungsdauer. Übereinstimmend liefern Abdi et al. (2009) Zahlen über eine kürzere Dauer des Atemwegsmanagements. Entgegengesetzt derer Resultate konnten Hohlrieder et al. (2007) einen reduzierten postoperativen Analgetikabedarf bei Larynxmasken feststellen.

6. Schlussfolgerungen und Konsequenzen

Diese Diplomarbeit befasste sich mit der Thematik, Larynxmasken in der Laparoskopie einzusetzen. Dabei stellte sich die Frage, inwiefern sich Larynxmasken im Vergleich zum Endotrachealtubus für laparoskopische Eingriffe eignen. Durch die Bearbeitung der Literatur lässt sich zusammengefasst sagen, dass Larynxmasken der zweiten Generation wahrscheinlich als sichere Alternative zum Endotrachealtubus für eine effiziente Beatmung in der Laparoskopie eingesetzt werden können. Womöglich sind die anfänglichen Bedenken über eine zunehmende Leckage unter dem Pneumoperitoneum sowie die Besorgnis um ein höheres Risiko für Atemwegskomplikationen unbegründet.

Die steigenden Beatmungsdrücke und reduzierte Compliance unter laparoskopischen Eingriffen werden hauptsächlich durch die Höhe des intraperitonealen Druck bestimmt. Ausschlaggebend für eine suffiziente Beatmung mit Larynxmaske ist ein ausreichend hoher oropharyngealer Leckagedruck. Als sichere Grenze wird ein OLP von mindestens 25 cmH₂O beschrieben. Hingegen können auch niedrigere Leckagedrücke bereits ausreichend sein. Der Abstand vom intraoperativen Spitzendruck zum OLP ist von entscheidender Bedeutung. Er sollte mindestens dem zu erwartenden Druckanstieg von 60% unter dem Pneumoperitoneum entsprechen. Einzelne Studien weisen auf eine Erhöhung des OLP unter dem Pneumoperitoneum hin. Die Abschätzung einer ausreichenden Ventilation ist letztendlich massgebend und soll durch die präoperative Bestimmung des oropharyngealen Leckagedrucks und die Berechnung des maximal möglichen Atemminutenvolumen erfolgen (Park et al., 2012; Timmermann et al., 2015; Park et al., 2015; Lopez et al., 2017).

Sowohl Ergebnisse aus Einzelstudien wie auch Metaanalysen belegen, dass Larynxmasken der zweiten Generation einen ausreichenden Schutz vor einer Aspiration und Regurgitation bieten. Ausschlaggebend für den hypopharyngealen Verschlussdruck ist die richtige Position und der Kontakt der Larynxmaske zum oberen Ösophagussphinkter. Dies kann durch den «bubble-test» und «suprasternal notch-test» verifiziert werden. Von klinischer Bedeutung ist die Platzierung einer Magensonde zur Lageprüfung und Drainage. Eine intermittierende Absaugung wird empfohlen. Larynxmasken mit aufblasbarem Cuff scheinen konstruktionsbedingte Vorteile zu haben (Russo & Wulf, 2014; Timmermann et al., 2015; Schmidbauer et al., 2009/2012).

Eine atraumatischere Atemwegssicherung mit geringeren postoperativen pharyngolaryngealen Beschwerden sowie eine niedrigere Inzidenz an Nausea und Emesis sprechen für die Larynxmasken. Ergänzt wird dies durch bessere Ergebnisse im Platzierungserfolg und Einführungsdauer. Es zeichnen sich zudem vorteilhafte hämodynamische Auswirkungen, eine

Reduktion der Beatmungsdrücke und geringere Schmerzintensität ab (Kumar et al., 2023; Sabuncu et al., 2018; Hohlrieder et al., 2007). Weiterführende Studien sind jedoch notwendig, um diese Ergebnisse zu bestätigen. Aufgrund der Resultate ist eine Reduktion der perioperativen Kosten denkbar. Dazu sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Die bearbeiteten Studien haben einige Limitationen. Als Erstes ist die heterogene Datenlage zu erwähnen. Die Populationsgruppe, Studiengröße, das Anästhesieverfahren und die Bestimmung der oropharyngealen Leckagedrücke unterscheidet sich zwischen den Studien. Es ist denkbar, dass aufgrund der geringen Untersuchungszahlen gar keine Aspiration auftreten konnte. Auch bleibt offen, welchen Einfluss die unterschiedlichen Messverfahren auf den Leckagedruck haben. Gewisse Untersuchende haben den OLP vor der Relaxation ermittelt. Die Auswirkung der Relaxantien auf den Leckagedruck wurde in dieser Diplomarbeit nicht untersucht und müsste weiterführend untersucht werden. Des Weiteren stammen die analysierten Studien aus unterschiedlichen Ländern mit unterschiedlicher medizinischer Entwicklung. Es ist denkbar, dass die Studien durch verschiedene Ansichten über das Gesundheitssystem sowie unterschiedliche Voraussetzungen und Absichten geprägt wurden. Die Einführung der Larynxmasken und Bestimmung des Leckagedruck wurde ohne Verblindung durchgeführt und es wurden vorwiegend zwei Atemwegshilfen untersucht. Dies könnte die Vergleichbarkeit mit anderen Studienergebnissen schmälern.

Die gewonnenen Ergebnisse liefern dennoch wichtige Erkenntnisse für den klinischen Alltag. Unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien scheint die Verwendung von Larynxmasken zweiter Generation bei elektiven Eingriffen höchstwahrscheinlich sicher zu sein. Die erläuterten Lage- und Performance-Tests dienen dabei als Voraussetzung und sollten in die Anästhesieführung mit Larynxmaske implementiert werden. Für wissenschaftliche Beweise sind weitere klinische Studien mit deutlich grösseren Untersuchungsgruppen und homogenen Daten erforderlich.

7. Reflexion, persönliche Erkenntnis und Expertise

Die vorliegende Arbeit hat meine persönliche Arbeitsweise in der Anästhesieführung mit Larynxmaske nachhaltig verändert. Rückblickend waren meine anfänglichen Bedenken über eine ausreichende Beatmung, die Besorgnis um eine Mageninsufflation und ein höheres Aspirationsrisiko mit unserer Standardlarynxmaske i-Gel® teilweise berechtigt. Zu diesem Zeitpunkt verfügte ich weder die Erfahrung noch die notwendige Expertise bei der Verwendung von Larynxmasken in der Laparoskopie. Aus heutiger Sicht betrachte ich es als «fahrlässig» ohne die notwendige Expertise eine Larynxmaske in der Laparoskopie anzuwenden. Hingegen ist die Verwendung grundsätzlich «zulässig». Dafür müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein, welche ich hier nochmals tabellarisch zusammenfasse und in mein Anästhesiemanagement mit Larynxmaske integriert habe:

Tabelle 4: Voraussetzungen beim Anästhesieverfahren mit Larynxmaske in der Laparoskopie

Elektiver Eingriff (nüchtern)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ausschlusskriterien berücksichtigen ✓ Relaxation für den Eingriff
Lagebestimmung	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Position des Beissschutz ✓ Platzierung der Magensonde ✓ Bubble-Test ✓ Suprasternal notch-Test
Performance-Tests	<ul style="list-style-type: none"> ✓ OLP bestimmen ✓ Maximales Minutenvolumen berechnen
Magensonde / Absaugkatheter	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intermittierend absaugen

Nebst der Berücksichtigung dieser Aspekte würde ich an heutiger Stelle für einen laparoskopischen Eingriff eine Larynxmaske mit aufblasbarem Cuff verwenden. Die konstruktionsbedingten Vorteile heben sich vor allem durch den verbesserten hypopharyngealen Leckagedruck hervor (*siehe Kapitel 3.7 / Tabelle 3*). Aus meiner Sicht ist ein ausreichend hoher HLP für einen ausreichenden Aspirationsschutz von elementarer Bedeutung. Da dieser nicht individuell bestimmt werden kann, zeigen lediglich die Daten von Schmidbauer et al. (2012), dass ein Inspirationsdruck von maximal 20 mbar vor einer ösophagealen Insufflation schützt. Meinungen wie jene von Russo und Wulf (2014) über das Auftreten einer oropharyngealen Leckage vor einer hypopharyngealen Leckage hinterfrage ich kritisch. Die ermittelten oropharyngealen Verschlussdrücke (*siehe Tabelle 2*) zeigen allesamt einen höheren OLP an. Auf Basis dieser Ergebnisse erachte ich ein intermittierendes Absaugen über eine platzierte Magensonde als grundlegende Massnahme zum Schutz vor einer Aspiration und Regurgitation bei Verwendung einer Larynxmaske.

Die gewonnenen Ergebnisse über einen ausreichenden Schutz vor einer Aspiration und Regurgitation bei der Verwendung von Larynxmasken zweiter Generation in der Laparoskopie stehen im kontroversen Verhältnis zu den verhältnismässig hohen Fallzahlen an intragastraler Insufflation. Nebst grösseren Untersuchungsgruppen für wissenschaftliche Daten braucht es aus meiner Sicht für die Praxis eine besonders wachsame Anästhesieführung. Die Lage- und Performance-Tests sind zwar zielführend und müssen in den Praxisalltag implementiert werden. Dennoch betrachte ich die weiteren Umstände wie Erfahrung des Operateurs / der Operateurin, die Patientenanamnese und ASA-Klassifizierung sowie die zusätzliche Anwesenheit des Anästhesisten / der Anästhesistin als Faktoren, welche in die Entscheidung über eine Anästhesieführung mit Larynxmaske bei laparoskopischen Eingriffen miteinbezogen werden müssen. Zudem sollte aus meiner Sichtweise auch bei Verwendung einer Larynxmaske stets eine Intubationsbereitschaft als «Plan B» sichergestellt werden.

Die Bearbeitung der Fragestellung führte zu einer vertieften Auseinandersetzung und einem Wissenszuwachs, den ich so nicht erwartet hätte. Die Anästhesieführung mit Larynxmaske bedeutete für mich Alltag – jedoch nicht bei laparoskopischen Eingriffen. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern einen grossen Sicherheitszuwachs bei der Anwendung einer Larynxmaske – auch abgesehen von der Verwendung in der Laparoskopie. Erste Praxiserfahrungen mit der Ambu® AuraGain™ bestätigen einen höheren oropharyngealen Leckagedruck und lassen eine bessere Performance vermuten. Die unterschiedlichen Studienergebnisse zeigen jedoch, dass eine ausreichende Beatmung nicht allein durch die Höhe des OLP bestimmt wird. Somit kann auch nicht bewiesen werden, dass ein höherer OLP zugleich ein besseres Outcome bedeutet. Während des Schreibprozesses führte diese Erkenntnis zu persönlicher Ernüchterung. Das Kapitel 3.6 stellte sich dabei als grössere Hürde dar. Durch den Austausch mit Mitstudierenden konnte ich jedoch neue Ideen für die eigene Arbeit gewinnen. Die Erstellung von Tabellen und Unterkapiteln förderte die Übersichtlichkeit und Orientierung am roten Faden. Das gewonnene Wissen und ausreichende Zeitpuffer weckten auch nach weniger effizienten Schreibphasen wieder meine Motivation. Die Bearbeitung vorwiegend englischsprachiger Fachliteratur erforderte anfänglich viel Zeit, zahlte sich jedoch durch Wiederholungen von Fachbegriffen im Laufe des Schreibprozesses wieder aus. Die Orientierung an der Disposition und dem provisorischen Inhaltsverzeichnis zeigte sich für mich stets als wegweisende Orientierungshilfe.

Abschliessend liefert mir die vorliegende Arbeit einen erfüllenden Wissenszuwachs für meine berufliche Tätigkeit. Obwohl eine bessere wissenschaftliche Beweisführung der Studien wünschenswert wäre, kann auf Grundlage dieser Arbeit eine differenzierte Meinung über die Verwendung von Larynxmasken bei laparoskopischen Eingriffen gemacht werden.

8. Danksagung

Ich bedanke mich an dieser Stelle bei allen Personen, welche mich im Rahmen dieser Diplomarbeit unterstützt haben. Ein grosses Dankeschön richtet sich an das Team meiner Berufsbildner und Berufsbildnerinnen sowie an Dr. med. Daniel Hodel für das fachliche Gegenlesen der Arbeit. Ebenfalls möchte ich mich bei meiner Studiengangsleiterin Frau Karin Müller für ihre wertvollen Feedbacks und die Unterstützung im Schreibprozess bedanken.

9. Literaturverzeichnis

- Abdi, W., Amathieu, R., Adhoum, A., Poncelet, C., Slavov, V., Kamoun, W., ... & Dhonneur, G. (2010). Sparing the larynx during gynecological laparoscopy: a randomized trial comparing the LMA Supreme™ and the ETT. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 54(2), S. 141-146
- Ambu® A/S (2024). Datenblatt Ambu® AuraGain™ Einweg-Larynxmasken. Abgerufen am 17.03.2024 unter DB_AuraGain_LBL-00688422_V02_012023.pdf
- Beleña, J. M., Núñez, M., Anta, D., Carnero, M., Gracia, J. L., Ayala, J. L., ... & Yuste, J. (2013). Comparison of Laryngeal Mask Airway Supreme and Laryngeal Mask Airway Proseal with respect to oropharyngeal leak pressure during laparoscopic cholecystectomy: a randomised controlled trial. *European Journal of Anaesthesiology EJA*, 30(3), S. 119-123
- Beleña, J. M., Ochoa, E. J., Núñez, M., Gilsanz, C. & Vidal, A. (2015). Role of laryngeal mask airway in laparoscopic cholecystectomy. *World journal of gastrointestinal surgery*, 7(11), S. 319-325
- Hohlrieder, M., Brimacombe, J., Eschertzhuber, S., Ulmer, H. & Keller, C. (2007). A study of airway management using the ProSeal LMA® laryngeal mask airway compared with the tracheal tube on postoperative analgesia requirements following gynaecological laparoscopic surgery. *Anaesthesia*, 62(9), S. 913-918
- Hömme, R. (2011). Anästhesie bei laparoskopischen Eingriffen. *Der Anästhesist*, 60, S. 175-188
- Intersurgical Ltd. (2024). Produktinformation i-Gel®. Abgerufen am 17.03.2024 unter IS6.3-i-gel-information-sheet-INT-issue-17-web.pdf
- Kumar, T., Suman, S., Kumar, S., Acharya, G. & Lakra, L. (2023). Supraglottic airway devices versus endotracheal intubation for laparoscopic surgeries: an updated systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Indian Journal of Anaesthesia*, 67(5), S. 409-419

- Larsen, R. (2016). Abdominalchirurgie. In R. Larsen (Hrsg.). *Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*, (S. 425-426). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Lee, A. K. Y., Tey, J. B. L., Lim, Y. & Sia, A. T. H. (2009). Comparison of the single-use LMA supreme with the reusable ProSeal LMA for anaesthesia in gynaecological laparoscopic surgery. *Anaesthesia and intensive care*, 37(5), S. 815-819
- Lopez, A. M., Agusti, M., Gambus, P., Pons, M., Anglada, T. & Valero, R. (2017). A randomized comparison of the Ambu AuraGain versus the LMA supreme in patients undergoing gynaecologic laparoscopic surgery. *Journal of clinical monitoring and computing*, 31, S. 1255-1262
- Park, J. S., Ahn, E. J., Ko, D. D., Kang, H., Shin, H. Y., Baek, C. H., ... & Koo, G. H. (2012). Effects of pneumoperitoneal pressure and position changes on respiratory mechanics during laparoscopic colectomy. *Korean journal of anesthesiology*, 63(5), S. 419-424
- Park, S. K., Ko, G., Choi, G. J., Ahn, E. J. & Kang, H. (2016). Comparison between supraglottic airway devices and endotracheal tubes in patients undergoing laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 95(33), S. 1-8
- Park, S. Y., Rim, J. C., Kim, H., Lee, J. H. & Chung, C. J. (2015). Comparison of i-gel® and LMA Supreme® during laparoscopic cholecystectomy. *Korean J Anesthesiol*, 68(5), S. 455-461
- Pradeep, M. S., Nandanwankar, N. K., Lahane, P. V., Memon, N. Y., Yennawar, S. D. & Pathak, R. G. (2021). A Randomised comparison and evaluation of I-gel, Supreme laryngeal mask airway and Ambu Auragain in Laparoscopic surgeries under general anaesthesia with controlled ventilation. *Asian Journal of Medical Sciences*, 12(4), S. 68-75
- Russo, S. G., Cremer, S., Eich, C., Jipp, M., Cohnen, J., Strack, M., ... & Mohr, A. (2012). Magnetic resonance imaging study of the in vivo position of the extraglottic airway devices i-gel™ and LMA-Supreme™ in anaesthetized human volunteers. *British journal of anaesthesia*, 109(6), S. 996-1004

- Russo, S. G. & Wulf, H. (2014). Erweiterte Indikationen der Larynxmaske–Wo liegen die Limitationen?. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*, 49(03), S. 152-161
- Sabuncu, U., Kusderci, H. S., Oterkus, M., Abdullayev, R., Demir, A., Uludag, O., ... & Goksu, M. (2018). AuraGain™ and i-Gel® laryngeal masks in general anesthesia for laparoscopic cholecystectomy: Performance characteristics and effects on hemodynamics. *Saudi Medical Journal*, 39(11), 1082-1088
- Schmidbauer, W., Bercker, S., Volk, T., Bogusch, G., Mager, G. & Kerner, T. (2009). Oesophageal seal of the novel supralaryngeal airway device I-Gel™ in comparison with the laryngeal mask airways Classic™ and ProSeal™ using a cadaver model. *British Journal of Anaesthesia*, 102(1), S. 135-139
- Schmidbauer, W., Genzwürker, H., Ahlers, O., Proquitte, H. & Kerner, T. (2012). Cadaver study of oesophageal insufflation with supraglottic airway devices during positive pressure ventilation in an obstructed airway. *British journal of anaesthesia*, 109(3), S. 454-458
- Sharma, B., Sehgal, R., Sahai, C. & Sood, J. (2010). PLMA vs. I-gel: a comparative evaluation of respiratory mechanics in laparoscopic cholecystectomy. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, 26(4), S. 451-457
- Shin, H. W., Yoo, H. N., Bae, G. E., Chang, J. C., Park, M. K., You, H. S., ... & Ahn, H. S. (2016). Comparison of oropharyngeal leak pressure and clinical performance of LMA ProSeal™ and i-gel® in adults: meta-analysis and systematic review. *Journal of International Medical Research*, 44(3), S. 405-418
- Singh, K. & Gurha, P. (2017). Comparative evaluation of Ambu AuraGain™ with ProSeal™ laryngeal mask airway in patients undergoing laparoscopic cholecystectomy. *Indian Journal of Anaesthesia*, 61(6), S. 469-474
- Stix, M. S. & O'Connor Jr, C. J. (2002). Maximum minute ventilation test for the ProSeal™ laryngeal mask airway. *Anesthesia & Analgesia*, 95(6), S. 1782-1787

Teleflex Medical Europe Ltd. (2014). Factsheet LMA ProSeal™. Abgerufen am 17.03.2024 unter <https://www.lmaco.com/sites/default/files/31817-LMA-ProSeal-A4Data-0214-LORES-fnl.pdf>

Teleflex Medical Europe Ltd. (2014). Factsheet LMA Supreme™. Abgerufen am 17.03.2024 unter <https://www.lmaco.com/sites/default/files/31817-LMA-Supreme-A4Data-0214-LORES-fnl.pdf>

Teoh, W. H. L., Lee, K. M., Suhitharan, T., Yahaya, Z., Teo, M. M. & Sia, A. T. H. (2010). Comparison of the LMA Supreme vs the i-gel™ in paralysed patients undergoing gynaecological laparoscopic surgery with controlled ventilation. *Anaesthesia*, 65(12), S. 1173-1179

Timmermann, A., Nickel, E. A. & Pühringer, F. (2015). Larynxmasken der zweiten Generation. *Anaesthesist*, 64, S. 7-15

Veekash, G., Wei, L. X. & Su, M. (2010). Carbon dioxide pneumoperitoneum, physiologic changes and anesthetic concerns. *Ambulatory Surgery*, 16(2), S. 41-46

Zhang, J., Drakeford, P. A., Ng, V., Seng, Z., Chua, M., Tan, N., ... & Teoh, W. H. (2021). Ventilatory performance of AMBU® AuraGain™ and LMA® Supreme™ in laparoscopic surgery: A randomised controlled trial. *Anaesthesia and Intensive Care*, 49(5), S. 395-403

10. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

<i>Abbildung 1. Larynxmaske ProSeal™. Abgerufen am 17.03.2024 unter</i> https://www.lmaco.com/products/lma%C2%AE-proseal%E2%84%A2-airway	S. 9
<i>Abbildung 2. Larynxmaske Supreme™. Abgerufen am 17.03.2024 unter</i> https://www.lmaco.com/products/lma-supreme%E2%84%A2/references	S. 9
<i>Abbildung 3. i-gel® Larynxmaske. Abgerufen am 17.03.2024 unter</i> https://www.intersurgical.com/products/airway-management/i-gel-supraglottic-airways	S. 9
<i>Abbildung 4. Larynxmaske Ambu® AuraGain™. Abgerufen am 17.03.2024 unter</i> https://www.ambu.de/atemwegsmanagement-anasthesie/larynxmasken/produkt/ambu-auragain-disposable-laryngeal-mask	S. 10
<i>Abbildung 5. Korrekt platzierte Larynxmaske und mögliche Fehllagen, nach Timmermann et al. (2015).</i>	S. 10
<i>Abbildung 6. Magnetresonanztomographie einer Larynxmaske Supreme™ in situ, nach Russo und Wulf (2014).</i>	S. 13
<i>Abbildung 7. Fiberoptische Darstellung bei der Verwendung der Supreme™ und i-gel® Larynxmaske, nach Russo et al. (2012).</i>	S. 19
<i>Tabelle 1. Übersicht Larynxmasken zweiter Generation, erstellt durch den Autor</i>	S. 9
<i>Tabelle 2. Studiendesign und oropharyngealer Verschlussdruck, erstellt durch den Autor</i>	S. 18
<i>Tabelle 3. Ösophageale Dichtigkeit gegenüber Flüssigkeiten, nach Schmidbauer et al. (2009).</i>	S. 20
<i>Tabelle 4. Voraussetzungen beim Anästhesieverfahren mit Larynxmaske in der Laparoskopie, erstellt durch den Autor</i>	S. 27

11. Selbstdeklaration

Ich bestätige,

dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst habe und dass fremde Quellen, welche in der Arbeit enthalten sind, deutlich gekennzeichnet sind.

dass alle wörtlichen Zitate als solche gekennzeichnet sind.

dass ich die Bereichsleitung Weiterbildung vorgängig informiere, wenn die Arbeit als Ganzes oder Teile davon veröffentlicht werden.

Ich nehme zur Kenntnis, dass das Bildungszentrum Xund über die Aufnahme der Diplomarbeit in der Bibliothek, einer Aufschaltung auf der Homepage des Bildungszentrums Xund oder auf Homepages von Fachgesellschaften entscheidet. Sie kann ebenso zu Schulungszwecken für den Unterricht in den NDS Studien AIN verwendet werden.

Doppleschwand, 01.08.2024

Jonas Zihlmann

Unterschrift:

