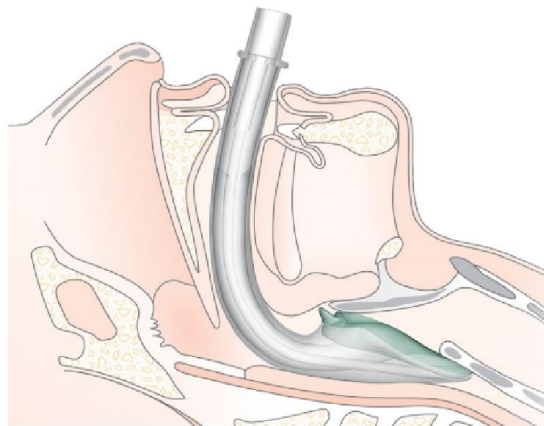


Larynxmasken und positiv endexpiratorischer Druck

Diplomarbeit zum diplomierten Experte Anästhesiepflege NDS HF



Gino Abé

Klosterstrasse 12

6003 Luzern

gino.abe@luks.ch

Januar 2016

Mentor: Sven von Niederhäusern

Luzerner Kantonsspital

Kurs 13_14_AN

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
1.1 Hinführung zum Thema	2
1.2 Fragestellung	3
1.3 Zielsetzung	3
1.4 Eingrenzung	3
2 Hauptteil	4
2.1 PEEP und seine Auswirkungen	4
2.1.1 Was ist PEEP	4
2.1.2 Auswirkungen von PEEP	6
2.2 Probleme bei der Anwendung von PEEP bei Larynxmasken	7
2.2.1 Leckagen	7
2.2.2 Insufflation von Gasen in den Gastrointestinaltrakt.....	8
2.3 Anwendung von PEEP bei Larynxmasken	10
2.3.1 Oxygenierung bei PEEP	10
2.3.2 Wie viel PEEP wird in der Literatur empfohlen?	12
2.4 Beatmungsdrücke bei Larynxmasken	14
2.4.1 Empfohlene Beatmungsdrücke bei Larynxmasken	14
2.4.2 Maximale Beatmungsdrücke bei Larynxmasken	14
3 Diskussion	16
4 Schlussfolgerung	19
5 Reflexion	20
6 Danksagung	21
Literaturverzeichnis	22
Abbildungsverzeichnis	23
Tabellenverzeichnis	24
Anhang	25

1 Einleitung

1.1 Hinführung zum Thema

In meiner Diplomarbeit befasse ich mich mit der Anwendung von positiv endexpiratorischem Druck (PEEP) bei Allgemeinanästhesien mit Larynxmasken (LMA). Bei einer Vielzahl von Eingriffen werden Larynxmasken eingesetzt. Dabei habe ich festgestellt, dass die Anwendung von PEEP in der Praxis unterschiedlich gehandhabt wird. Ich konnte beobachten, dass Allgemeinanästhesien mit Larynxmasken oft ohne PEEP durchgeführt werden.

Auf Nachfragen bei Arbeitskollegen/innen bezüglich der Anwendung von PEEP, sagten mir aber viele, man könne auch bei Larynxmasken PEEP anwenden. Im Luzerner Kantonsspital werden Patienten mit Larynxmasken im druckkontrollierten Modus beatmet. Das obere Limit für den Beatmungsdruck soll 15 mbar nicht übersteigen. Es ist mir aufgefallen, dass sich durch die Anwendung von PEEP die Beatmungsdrücke verändern können. Die Grenze für den maximalen Inspirationsdruck von 15 mbar ist bei der Anwendung von PEEP oftmals schneller erreicht als wenn kein PEEP angewendet wird.

Bei Intubationsnarkosen (ITN) ist es eigentlich üblich, dass bei der Beatmung ein PEEP von 5 mbar eingestellt wird. Es ist bekannt, dass PEEP den Verschluss der kleinen Atemwege während der Expiration vermindert und kollabierte Alveolen eröffnet. Dadurch nimmt die funktionelle Residualkapazität zu. Des Weiteren verbessert PEEP den pulmonalen Gasaustausch, wenn ein intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt die Ursache einer Hypoxämie ist. Bei Allgemeinanästhesien mit Larynxmasken habe ich den Eindruck gewonnen, dass der Anwendung von PEEP eine geringe Beachtung geschenkt wird. Eigentlich sollte doch auch bei Larynxmasken dem PEEP ein ähnlich hoher Stellenwert eingeräumt werden wie bei Intubationsnarkosen. Daher ist für mich die Frage aufgekomen, ob ich bei der Verwendung von Larynxmasken PEEP anwenden soll oder nicht. Für mich ist unklar, weshalb bei Larynxmasken nicht häufiger PEEP angewendet wird. Vielleicht hat es damit zu tun, dass es durch die Veränderung der Beatmungsdrücke zu vermehrten Problemen kommen kann. Es können Leckagen resultieren, welche wiederum ungenügende Oxygenierung (schlechte Tidalvolumen) oder Insufflation von Gas in den Magen zur Folge haben können. Sind Ängste für solche möglichen Komplikationen gerechtfertigt? Kommen solche Komplikationen überhaupt vor und sind sie in der Literatur beschrieben oder erforscht? Mein Interesse ist dahingehend zu erfahren, ob die Anwendung von PEEP bei Larynxmasken hinsichtlich der genannten Problematiken zu empfehlen ist oder nicht.

1.2 Fragestellung

Welche Empfehlungen über die Anwendung von PEEP bei Larynxmasken sind in der Literatur zu finden und welche Empfehlungen sind daraus für die Praxis ersichtlich?

1.3 Zielsetzung

Ziel meiner Arbeit ist es, herauszufinden, ob die Anwendung von PEEP bei Larynxmasken sinnvoll ist. Ich möchte am Ende der Arbeit wissen, wie ich PEEP in der Praxis konkret anwenden soll.

1.4 Eingrenzung

Als Kriterium, ob die Anwendung von PEEP sinnvoll ist, möchte ich mich mit den möglichen Veränderungen und Schwierigkeiten, die eine Anwendung von PEEP mit sich bringt, auseinandersetzen. Dabei möchte ich mich auf Erwachsene ASA (American Society of Anesthesiologists) I bis ASA III Patienten beschränken.

2 Hauptteil

2.1 PEEP und seine Auswirkungen

2.1.1 Was ist PEEP

Von einem positiv endexpiratorischen Druck spricht man, wenn bei der Expiration der Atemwegsdruck nicht bis auf den atmosphärischen Druck abgelassen wird, sondern auf einem supraatmosphärischen Niveau bleibt. Über den gesamten Atemzyklus ist auf die Lunge ein positiver transthorakaler Druckgradient wirksam. Das in der Lunge zusätzliche zurückgebliebene Restvolumen korreliert mit der Höhe des PEEP. Der transthorakale Druckgradient verteilt sich auf die Rückstellkräfte von Lunge und Thoraxwand (Laux, 2012).

Der am Beatmungsgerät eingestellte PEEP wird als extrinsischer PEEP ($PEEP_e$) bezeichnet, dies im Gegensatz zum intrinsischen PEEP ($PEEP_i$), welcher sich bei obstruktiven Atemwegserkrankungen oder bestimmten Atemmodi mit verlängerter Expirationszeit und unvollständiger Ausatmung aufbauen kann. Besteht ein intrinsischer PEEP und es wird gleichzeitig ein extrinsischer PEEP angewandt, ist für die meisten Wirkungen der Gesamt- PEEP entscheidend. Bei unterschiedlichen Erkrankungen müssen aber verschiedenen Wechselwirkungen beachtet werden. Bei restriktiven Lungenerkrankungen verhält sich der intrinsische und der extrinsische PEEP additiv $\rightarrow PEEP_{total} = PEEP_i + PEEP_e$. Bei obstruktiven Lungenerkrankungen hingegen führt der extrinsische PEEP erst dann zu einer Erhöhung des totalen PEEP, wenn er höher ist als der intrinsische PEEP $\rightarrow PEEP_{total} = <PEEP_i + PEEP_e$ (Larsen & Ziegenfuss, 2012).

Wie viel PEEP beziehungsweise Druck sich auf den intrathorakalen Raum und somit auf das Herz und die grossen Gefässe überträgt, ist abhängig von der Elastance (Retraktionskraft) der Lunge und der Thoraxwand. Beim gesunden Menschen überträgt sich der intrapulmonale Druck zu etwa 50% auf den intrapleuralen Druck und die grossen Gefässe. Unter pathologischen Umständen können sich diese Verhältnisse jedoch verändern. Beim Lungenödem wird die Lunge beispielsweise steifer und die Thoraxwand bleibt weich. Der intrapulmonale Druck überträgt sich dann zu weniger als 50% auf den intrathorakalen Druck. Ähnlich verhält es sich bei der Verwendung von Muskelrelaxanzien. Die Lunge bleibt gleich und die Thoraxwand wird weicher. Umgekehrt verhält es sich, wenn die Thoraxwand steifer wird und die Lunge relativ gleich (gesund) bleibt. Eine solche Veränderung kommt bei erhöhtem intraabdominellen Druck vor. Der PEEP überträgt sich in diesem Fall zu mehr als 50% auf den intrapleuralen Druck und die grossen Gefässe. Dadurch entsteht eine erhebliche Behinderung des venösen Rückstroms unter PEEP. Werden Lunge und Thoraxwand in gleichem Masse steifer, wie zum Beispiel beim Intensivpatient mit Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS), überträgt sich der Druck weiterhin zu etwa 50% auf den intrapleuralen Druck (Larsen & Ziegenfuss, 2012).

Ein weiterer wichtiger Parameter, welcher oft im Zusammenhang mit PEEP vorkommt, ist die Dehnbarkeit oder Compliance (C) der Lunge. Die Compliance der Lunge gibt an, wie gross die Volumenzunahme pro Drucksteigerung ist ($C = \Delta V / \Delta p$). Beim gesunden Erwachsenen liegt der Normalwert bei 70-100ml/mbar. Die Compliance ist hoch, wenn ein grosses Volumen bei geringem Druck in die Lunge gelangt. Ist die Compliance erniedrigt, muss für das gleiche Volumen ein höherer Druck aufgewendet werden. Der elastische Widerstand von Lunge und Thorax bestimmen die Compliance des Atemapparats (Schäfer, Kirsch, Scheuermann & Wagner, 2011).

Wenn die Compliance der Lunge isoliert abnimmt, wird mehr Kraft (Druckgradient) zur Überwindung der intrapulmonalen Rückstellkräfte benötigt. Somit steht für die Dehnung der Thoraxwand nur noch ein geringerer Druckanteil (Druckgradient) zur Verfügung. In dieser Situation ist das Verhältnis von PEEP und intrathorakalem Druckanstieg geringer als bei guter Compliance der Lunge (Laux, 2012). In der folgenden Abbildung ist ersichtlich, dass durch die maschinelle Beatmung der Pleuradruck steigt. Im Gegensatz zur Spontanatmung kommt es bei der maschinellen Beatmung zur Verminderung des venösen Rückstroms zum Herzen. Durch PEEP wird die Atemmittellage angehoben und die FRC erhöht oder bei verminderter Compliance aufgrund von Atelektasen wieder normalisiert (Oczenski, 2012).

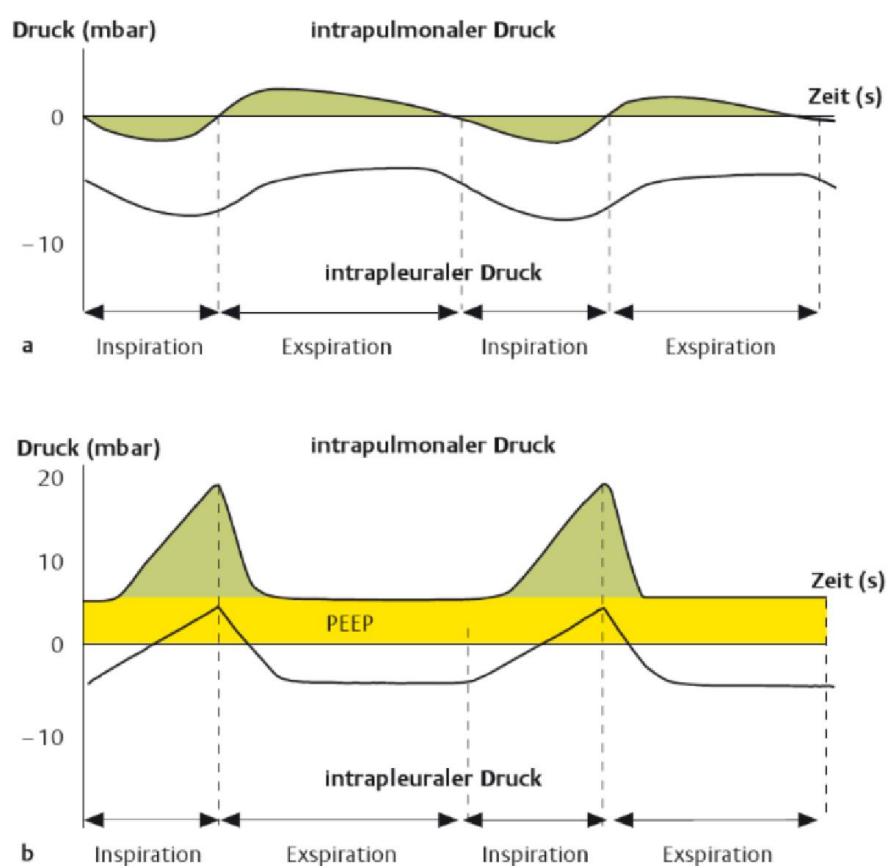


Abbildung 1: Spontanatmung (a) & Maschinelle Beatmung (b), (Oczenski, 2012, S. 41)

2.1.2 Auswirkungen von PEEP

PEEP hat verschiedene erwünschte, aber auch unerwünschte Auswirkungen auf das Organsystem. In der folgenden Tabelle werden die positiven wie auch die negativen Effekte des PEEP aufgezeigt.

Tabelle 1: Auswirkungen von PEEP (adaptiert von Larsen & Ziegenfuss, 2013 & Laux, 2012)

Lungenfunktion
Vorteile: <ul style="list-style-type: none">• Erhöhung der FRC und dadurch Verminderung des Rechts-Links-Shunt• Weniger Atelektasenbildung und bereits vorhandene Atelektasen werden möglicherweise wieder eröffnet• Rekrutierung von Alveolen am Ende eines Inspirationshubes (beim Atemwegspitzendruck)• Zyklisches Kollabieren und Wiedereröffnen von gewissen Alveolarbezirken wird verhindert• Verbesserung der Compliance der Lunge• Vermindertes Pneumonierisiko• Protektive Wirkung auf das Surfactantsystem durch Verminderung der Auswaschung von Surfactant in das Bronchialsystem aus kollabierenden Alveolen• Verminderung des alveolären Lungenödems
Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Hohe PEEP Werte führen zu einer Abnahme der Compliance• Durch den erhöhten intrathorakalen Druck wird die Lymphdrainage der Lunge beeinträchtigt. Dadurch nimmt das extravasale Lungenwasser eher zu• Extravasales Lungenwasser kann aufgrund einer Umverteilung der Flüssigkeit aus den Alveolen in das Interstitium zunehmen. Die extravasale Flüssigkeit wird vom perialveolären in den peribronchiolären Raum umgelagert• Durch Überdehnung und Kompression von Kapillaren gut durchbluteter Alveolen, kann alveolärer Totraum erhöht werden und die Elimination von Kohlendioxid wird beeinträchtigt• Baro- bzw. Volutrauma durch zu hohen PEEP
Herz- Kreislauf
Vorteile: <ul style="list-style-type: none">• Bei schwerer Herzinsuffizienz kann sich durch die Senkung des Preloads die Herzfunktion verbessern und bei Hypervolämie sogar das Herzzeitvolumen ansteigen• Der Afterload des linken Ventrikel wird durch den erhöhten intrathorakalen Druck gesenkt und kann sich dadurch positiv auf eine Linksherzinsuffizienz auswirken
Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Der Preload des rechten und indirekt auch des linken Herzens sinkt. Beim gesunden Herzen kann das Herzzeitvolumen dadurch abfallen und das Sauerstoffangebot (trotz besserer Oxygenierung) an die Organe abnehmen• Die Nachlast des rechten Ventrikel erhöht sich aufgrund der PEEP bedingten Kompression der Lungenkapillaren. Der pulmonale Gefässwiderstand steigt an und die Schlagarbeit des rechten Ventrikels nimmt zu. Eine erhöhte Druckbelastung des rechten Ventrikel kann zu einer Ventrikelseptumverschiebung in Richtung linkem Ventrikel führen und dadurch zu einer Abnahme der Compliance des linken Ventrikels führen• Bei Herzfehlern mit Shunt (z.B. Vorhofseptum-/Ventrikelseptumdefekt) kann PEEP ein Rechts-Links-Shunt verstärken oder auslösen und somit Oxygenierungsstörungen hervorrufen
Hirn
Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Der Einstrom des Blutes in die V. cava superior wird durch den erhöhten intrathorakalen Druck gehemmt und dadurch kann der intrakranielle Druck ansteigen
Leber- und Splanchnikusdurchblutung
Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Der Abfluss des Blutes aus der V. cava inferior, V. portae und den Mesenterialvenen wird gehemmt. Dadurch vermindert sich der effektive Perfusionsdruck der betreffenden Organe
Niere
Nachteile: <ul style="list-style-type: none">• Aufgrund des Druckanstieges in der Nierenvene, Abfall des Herzzeitvolumens und humoralen Mechanismen, können der renale Blutfluss, die glomeruläre Filtrationsrate und die Natriumausscheidung abnehmen

2.2 Probleme bei der Anwendung von PEEP bei Larynxmasken

2.2.1 Leckagen

Die Dichtigkeit von extraglottischen Atemwegshilfen (EGA) kann nach der Abdichtung gegenüber Gasen, Flüssigkeiten oder ihrer anatomischen Lokalisation differenziert werden. Anatomisch wird eine Abdichtung nach oral und hypopharyngeal (HLP), im englischen auch oft 2nd Seal genannt, unterschieden. Die orale Abdichtung wird erreicht durch den Kontakt der Atemwegshilfe mit der oropharyngealen Mukosa. Sie ermöglicht die Applikation eines positiven Beatmungsdrucks und dadurch die Beatmung des Patienten. Der Beatmungsdruck wird durch den oropharyngeal leak pressure (OLP) quantifiziert. Dieser ist bei unterschiedlichen extraglottischen Atemwegshilfen verschieden hoch. Durch die orale Abdichtung werden die Atemwege auch vor Sekret und Blut aus Oro- und Nasopharynx Bereich geschützt. Die hypopharyngeale Dichtigkeit wird mit dem Kontakt und der Insertion des distalen Anteils der EGA mit, beziehungsweise in den oberen Ösophagussphinkter (OES) beschrieben. Mit dieser Dichtigkeit wird der Gastrointestinaltrakt vor iatrogener Luftinsufflation geschützt. Im Falle einer Regurgitation werden dadurch auch die Atemwege geschützt (Russo & Wulf, 2014).

Klinisch kann die korrekte Lage der Larynxmaske mittels Leckage-Tests kontrolliert werden. Mit dem „gastric leak test“ oder auch „bubble test“ kann festgestellt werden, ob die Spitze der Larynxmaske korrekt positioniert ist. Der Test wurde für die Anwendung bei der ProSeal® LMA und LMA Supreme™ beschrieben. Durch das Verschliessen des Drainagekanals mit einem Tropfen Gel, kann die korrekte Lage überprüft werden. Wenn die Larynxmaske richtig platziert ist, entweicht keine Luft und der Tropfen bleibt im Drainagekanal stehen. Falls eine Fehllage besteht, zum Beispiel wenn die Larynxmaske zu wenig tief inseriert wurde oder die Spitze der Maske vor den Stimmbändern liegt, entweicht beatmungssynchron Luft aus dem Drainagekanal. Mit dem „suprasternal notch test“ wird ebenfalls mittels Gel der Drainagekanal verschlossen. Anschliessend soll mit einem Finger ein leichter Druck auf das Jugulum ausgeübt werden. Durch den Druck auf das Jugulum wird die Spitze der Larynxmaske komprimiert. Bewegt sich das Gel nun synchron mit dem applizierten Druck, ist die Lage der Larynxmaske korrekt. Als weitere positive Lagekontrolle kann auch die problemlose Einlage einer Magensonde gewertet werden (Timmermann, Nickel & Pühringer, 2015).

In gewissen Situationen, beispielsweise bei Anästhesien mit adipösen Patienten oder bei Laparoskopien, müssen teilweise erhöhte Atemwegsdrücke bewältigt werden. Zusätzlich kann es durch die Einlage einer Larynxmaske erschwerend hinzukommen, dass es zu einer glottischen Engstellung kommen kann. Damit nun trotzdem vorhersehbar eine ausreichende Ventilation sichergestellt werden kann, besteht die Möglichkeit, vor Beginn der Operation zwei Performance Tests durchzuführen. Der oropharyngeale Leckagedrucktest und der Maximum Minute Volume Test (MMV). Beim oropharyngealen Leckagedrucktest wird das Druckbegrenzungsventil geschlossen und die Druckgrenze auf 30 cmH₂O (1cmH₂O = 0.981 mbar) gestellt. Als Frischgasflow wählt man acht Liter pro

Minute. Der OLP ist erreicht, wenn der Beatmungsdruck nicht weiter ansteigt oder eine hörbare Leckage auftritt. Da der obere Beatmungsdruck bei Anästhesien mit adipösen Patienten oder bei laparoskopischen Bedingungen auf 23 bis 24 cmH₂O ansteigen kann, sollte der OLP schon etwa 25 cmH₂O betragen.

Mit dem Maximum Minute Volume Test wird das maximale erreichbare Minutenvolumen errechnet. Es werden für 15 Sekunden vier tiefe Atemzüge appliziert, oberes Druckniveau 30 cmH₂O, Atemfrequenz 16 und I:E (Inspiration-Expiration) Verhältnis 1:1. Bei einem erreichten maximalen Minutenvolumen von mindestens 12 Liter/Minute kann davon ausgegangen werden, dass die erhöhten Anforderungen an die Ventilation geleistet werden können (Timmermann et al., 2015).

2.2.2 Insufflation von Gasen in den Gastrointestinaltrakt

Um eine hypopharyngeale Dichtigkeit zu erreichen, ist es wichtig, dass die EGA korrekt positioniert ist. Die Positionen von verschiedenen Larynxmasken können aber unterschiedlich sein. Die i-gel® Larynxmaske beispielsweise kommt im proximalen Bereich des oberen Ösophagussphinkters zu liegen. Bei der LMA-Supreme™ dringt die Spitze bis tief in den oberen Ösophagussphinkter ein. Bei der Betrachtung der hypopharyngealen Dichtigkeit sind zwei Parameter wichtig. Der Beatmungsdruck, bei dem iatrogen Luft in den Gastrointestinaltrakt insuffliert werden könnte, falls die Dichtigkeit nicht ausreicht um dem Atemwegsdruck standzuhalten und der Druck, bei dem während Regurgitation beziehungsweise aktivem Erbrechen die Verbindung zwischen EGA und oberem Ösophagussphinkter undicht wird und Regurgitat in die Maskenschalen und damit in die Trachea fließen könnte (Russo & Wulf, 2014).

Daten über den maximal sicheren Beatmungsdruck sind kaum bekannt. In einer Studie mit klassischen Larynxmasken wurde bei 17% der Fälle auskultatorisch eine Luftinsufflation in den Magen festgestellt, bevor eine Atemwegsleckage nach extern erkennbar wurde. Der HLP war also niedriger als der OLP. Der mittlere Beatmungsdruck, bei dem eine Leckage auftrat, lag mit 31 cmH₂O deutlich höher als der durchschnittlich beschriebene OLP für klassische Larynxmasken (Brimacombe, 1997, zitiert in Russo & Wulf, 2014).

Bei Untersuchungen an Leichen konnte bei einem Beatmungsdruck von 20 cmH₂O keine Luftinsufflation in den Magen festgestellt werden. Bei Drücken von 40 und 60 cmH₂O jedoch schon (Schmidbauer et al., 2012).

Bei adipösen Patienten oder laparoskopischen Eingriffen werden in der Regel höhere Beatmungsdrücke notwendig. Von daher ist es wichtig, dass man sich überlegt, ob Luft unbemerkt in den Gastrointestinaltrakt gelangen könnte. Das kann vorkommen, obwohl nach exoral keine Luft im Rahmen einer Undichtigkeit entweicht. In der Regel liegt der OLP unterhalb des HLP. Also wäre zuerst die Ventilation beeinträchtigt, bevor Luft in den Magen insuffliert wird.

Es kann aber aufgrund von Lageveränderungen zu hypopharyngalen Undichtigkeiten kommen. Eine korrekte Fixierung der Larynxmaske ist deshalb wichtig, damit der Kontakt der Maskenspitze zum oberen Ösophagusphinkter aufrechterhalten bleibt. Durch die Anwendung einer Magensonde durch den Drainagekanal besteht die Möglichkeit, dass Mageninhalt (Luft und Flüssigkeit) passiv nach extern entweichen kann (Russo & Wulf, 2014).

Bei einer Fehllage besteht ein unzureichender Aspirationsschutz und der Atemwegsdruck wirkt direkt auf den oberen Ösophagusphinkter. Dadurch kann es zu einem Circulus vitiosus der Ventilationsabnahme durch die Mageninsufflation kommen (Timmermann et al., 2015).

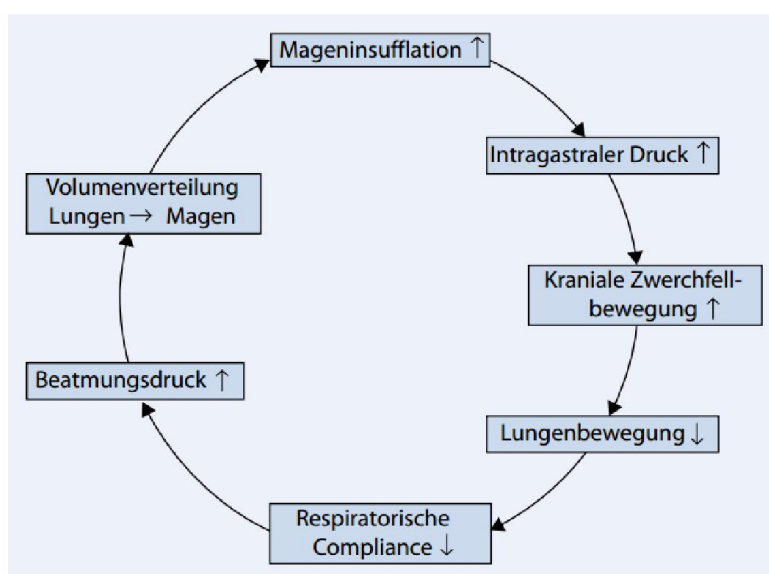


Abbildung 2: Circulus vitiosus der Ventilationsabnahme bei Mageninsufflation (Timmermann, Nickel & Prühringer, 2015, S.12)

Ein Circulus vitiosus ist ein „Teufelskreis“ und bedeutet in der Medizin ein gleichzeitiges Vorhandensein zweier oder mehrerer krankhafter Zustände, die sich gegenseitig ungünstig beeinflussen (Pschyrembel, 1998).

Durch die Mageninsufflation steigt der gastrointestinale Druck, dies führt zu einer erhöhten Gefahr der Regurgitation und Aspiration von Mageninhalt. Weiter führt der erhöhte gastrointestinale Druck auch zu einem Zwerchfellhochstand. Aus Folge daraus sinkt die normale Ausdehnung der Lunge. Die Lungen- Compliance verschlechtert sich stetig, was wiederum eine Umverteilung des Beatmungsvolumens in den Magen hat (Timmermann et al., 2015).

2.3 Anwendung von PEEP bei Larynxmasken

2.3.1 Oxygenierung bei PEEP

Unter Narkose werden Störungen des pulmonalen Gasaustausches beobachtet und zählen zu den häufigsten Ursachen der perioperativen Morbidität. Bei der Einleitung einer Allgemeinanästhesie kommt es regelmässig durch die Tonusänderung der inspiratorischen Muskulatur und der Verlagerung des Zwerchfells nach kranial zu einer Reduktion der funktionellen Residualkapazität (FRC). Dadurch nimmt die Compliance des respiratorischen Systems ab, eine Minderventilation der abhängigen Lungenbezirke entsteht, so dass es in diesen Bezirken zur Bildung von Kompressionsatelektasen und einer Störung des Gasaustauschs durch die Zunahme des intrapulmonalen Shunts kommt. Die Minderventilation der abhängigen Lungenbezirke ist manchmal auch noch Stunden nach Beendigung der Narkose nachweisbar. Betroffen von diesen Veränderungen sind häufiger und ausgeprägter ältere und übergewichtige Patienten. Mit Ausnahme von Ketamin treten die Folgen, unabhängig von eingesetzten Medikamenten und Narkoseverfahren, bei Spontanatmenden und unter kontrollierter Beatmung gleichermaßen auf (Max, 2000).

Kim, Chang, Jung, Byen & Jo (2013) untersuchten die Oxygenierung bei 40 gesunden Patienten während einer Allgemeinanästhesie mittels arteriellen Blutgasanalysen. Als Probanden wurden ASA I und II Patienten im Alter zwischen 20 und 60 Jahren mit einem Body Mass Index (BMI) unter 30 kg/m² ausgewählt. Die Patienten wurden im volumenkontrollierten Modus beatmet. Die Messungen erfolgten jeweils eine Stunde nach Induktion einer i-gel® Larynxmaske. Das angewendete PEEP-Niveau betrug bei jeweils 20 Patienten 5 cmH₂O beziehungsweise 0 cmH₂O PEEP. Die Autoren sind zum Schluss gekommen, dass die Anwendung von 5 cmH₂O PEEP bei gesunden erwachsenen Patienten nicht zu einer Verbesserung der Oxygenierung führt.

Goldmann, Gerlach & Borntäger (2011) haben die Anwendung von 0 cmH₂O, 5 cmH₂O und 8 cmH₂O PEEP bei normalgewichtigen und adipösen Patienten (BMI ≥ 30 und ≤ 36 kg/m²) mit der ProSeal®- Kehlkopfmaske unter PCV (pressure controlled ventilation) untersucht.

Gemäss Weltgesundheitsorganisation (WHO) liegt eine Adipositas ab einem BMI von 30 kg/m² vor (www.de.wikipedia.org). Das Anästhesieverfahren wurde mit Propofol, Fentanyl und Remifentanyl und ohne Verwendung von Muskelrelaxanzien durchgeführt. 50 Minuten nach Narkosebeginn wurde eine arterielle Blutgasanalyse abgenommen. Die inspiratorische Sauerstofffraktion betrug bei Beginn der Präoxygenierung 100% und wurde nach 20 Minuten auf 30% reduziert. Bei den adipösen, nicht aber bei den normalgewichtigen Patienten, resultierte eine Verbesserung der Oxygenierung. Weshalb es bei den normalgewichtigen Patienten nicht zu einer Verbesserung der Oxygenierung kam, könnte gemäss den Autoren darin liegen, dass Patienten ohne Risikofaktoren von vornherein keine oder nur geringe Einschränkungen des pulmonalen Gasaustausches unter Allgemeinanästhesie entwickeln. Eigentlich wäre durch die 20-minütige Anwendung eines FiO₂ von 100% ein

gewisses Mass an Atelektasenbildung zu erwarten gewesen. Es könnte aber sein, dass beim Einsatz der Kehlkopfmaske aufgrund der supraglottischen Lage nicht die gleichen Reaktionen hervorgerufen werden wie beim endotrachealen Tubus (ETT). Wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich des Gasaustausches unter Allgemeinanästhesie wurden zu grossem Teil unter Verwendung des ETT durchgeführt und können nicht ohne weiteres auf die Larynxmaske übertragen werden. Arbeiten von Berry et al. (1999), sowie Kim und Bishop (1999) (zitiert in Goldmann et al. 2011) deuten darauf hin, dass beim Einsatz der Larynxmaske in deutlich geringerem Mass eine Bronchokonstriktion mit Verschluss von „small airways“ auftritt.

Renner et al. (2004) zeigte ähnliche Erkenntnisse. Er konnte aufzeigen, dass in der Ausleitung bei Anwendung der Larynxmaske, anders als beim Tubus, das Atmen von reinem Sauerstoff nicht zu einer Atelektasenbildung führt (zitiert in Goldmann et al. 2011).

Die Spontanatmung ist ein oft angewendeter Beatmungsmodus bei Patienten mit Larynxmasken. Froessler et al. (2010) haben bei 80 Patienten untersucht, ob die Anwendung von PEEP zu einer Verbesserung der Sauerstoffsättigung führt. Die Sauerstoffsättigung wurde mittels Pulsoxymetrie vor der Narkose, nach Platzierung der Larynxmaske, während der Narkose und im Aufwachraum gemessen. Die Anwendung von 7 cmH₂O PEEP führte zu keiner Verbesserung der Sauerstoffsättigung. Daher empfehlen die Autoren die Anwendung von PEEP im Zusammenhang mit einer Larynxmasken nicht.

In der folgenden Abbildung sind die Oxygenierungswerte bei Verwendung von unterschiedlichen PEEP- Niveaus dargestellt. Die rote Markierung zeigt die signifikanten Unterschiede bei adipösen Patienten auf.

Tabelle 2: Arterielle Blutgasanalysen (Goldmann, Gerlach & Bornträger, 2011, S. 913)

Gruppe	Höhe des endexpiratorischen Drucks (PEEP; cm H ₂ O)	Anzahl (n)	Arterieller Sauerstoffpartialdruck (p _a O ₂ ; mmHg)	Arterieller Kohlen säurepartialdruck (p _a CO ₂ ; mmHg)	pH-Wert
Gruppe N (Normalpopulation)					
N1a	0	9	139±28	42±5,4	7,40±0,04
N1b	5	9	141±28	41±2,1	7,40±0,02
N2a	5	27	127±24	43±3,1	7,39±0,03
N2b	8	26	134±26	41±2,6	7,39±0,03
Gruppe A (Adipositas)					
A1a	0	9	75±12**	43±1,9	7,39±0,03
A1b	5	8	94±18**	41±3,1	7,40±0,03
A2a	5	26	92±21*	40±2,3	7,40±0,03
A2b	8	27	103±18*	40±2,2	7,39±0,02

„a“ kennzeichnet niedriges und „b“ hohes PEEP-Niveau in der jeweiligen Versuchsgruppe.

* und ** kennzeichnen p<0,05: * p=0,04 und ** p=0,02

2.3.2 Wie viel PEEP wird in der Literatur empfohlen?

Bei der Spontanatmung entsteht durch Husten, Räuspern, Sprechen, Seufzen und partiellen Glottisverschluss intermittierend ein erhöhter Atemwegsdruck. Nach der Intubation fallen diese Mechanismen aus und dadurch nimmt die FRC ab. Durch die Anwendung eines geringen PEEP von 3 - 5 mbar wird der Verlust der physiologischen Expirationsbremse und der verminderten FRC in Narkose teilweise kompensiert. Daher sollte bei jeder Narkose ein geringer PEEP angewendet werden (Laux, 2012).

Um die Problematik des verschlechterten Gasaustausches bei einer Allgemeinanästhesie zu kompensieren, wird gewöhnlich eine erhöhte inspiratorische Sauerstofffraktion ≥ 0.3 verwendet, Tidalvolumina (8-10ml/kgKG) erhöht und PEEP appliziert. Für gewisse Patientengruppen kann ein PEEP von 5 cmH₂O ausreichend sein, aber es kann auch sein, dass ein höherer PEEP angewendet werden muss, um den gewünschten Effekt zu erreichen (Goldmann et al., 2011).

Wichtige Ansätze in der Wahl der Höhe des PEEP sind die Oxygenierung und die Lungenmechanik. In der Praxis ist es weit verbreitet, dass man den PEEP anhand der Oxygenierung wählt. Dabei wird der PEEP umso höher eingestellt, je schlechter die Oxygenierung ist (Larsen & Ziegenfuss, 2012). Als Zielwerte werden bei einem FiO₂ < 0.6 eine Sauerstoffsättigung von über 90%, beziehungsweise ein pO₂ < 60 mmHg angestrebt (Schäfer et al. 2011). Einige Beatmungsmediziner fordern bei der Wahl der Höhe des PEEP eine Orientierung an der Druck-Volumenkurve (Lungenmechanik), welche die statische Compliance der Lunge beschreibt. Die Orientierung nur an der Oxygenierung erachten sie als unzureichend (Larsen & Ziegenfuss, 2012).

Die Druck-Volumen-Kurve (pV Kurve), auch Ruhedehnungskurve genannt, verläuft in charakteristischer S- Form (Siehe Abb.3). Unterschieden werden drei Kurvenabschnitte. Im unteren flachen Abschnitt der Kurve wird eine hohe Druckdifferenz benötigt, um der Lunge ein geringes Volumen zuzuführen. Der mittlere Teil der Kurve verläuft nahezu linear. Mit einer kleinen Druckdifferenz wird ein relativ grosses Volumen zugeführt. Im oberen Abschnitt der Kurve kann durch eine weitere Zunahme des Druckes kaum noch Volumen zugeführt werden. Durch das Erreichen der Elastizitätsgrenze der Lunge droht ein pulmonales Baro-/Volutrauma. Die beiden Knickpunkte der Ruhedehnungskurve werden als „lower“ beziehungsweise „upper“ inflection point bezeichnet. Am deutlich geringsten ist die Atemarbeit im steilen Kurvenabschnitt, also oberhalb des „lower inflection point“ und unterhalb des „upper inflection point“. Bei maschinell beatmeten Patienten sollten sich die Beatmungsparemeter innerhalb des mittleren linearen Kurvenabschnitts befinden. Der PEEP sollte oberhalb des unteren „inflection points“ eingestellt werden. Der Inspirationssdruck sollte den „upper inflection point“ nicht übersteigen (Schäfer et al., 2011).

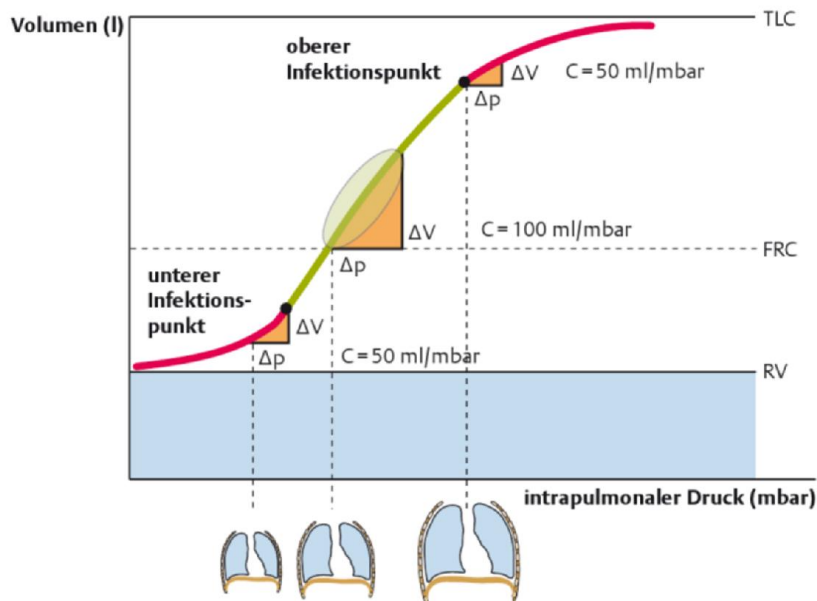


Abbildung 3: Druck-Volumen-Diagramm (Oczenzki, 2012, S. 69)

Bei der Anwendung von Larynxmasken und der Wahl des PEEP besteht die Problematik der Leckage, welche bei der Intubationsnarkose kein Problem darstellt. Bei der LMA –Classic beispielsweise wird wegen den niedrigeren Leckage-Drücke (p_{leak}) ein Tidalvolumina von 6-8 ml/kgKG und zero PEEP empfohlen. Dadurch wird ein Überschreiten des p_{leak} durch hohe Atemwegsspitzen drücke vermieden. Neuere, weiterentwickelte Larynxmasken haben nun den Vorteil, dass deutlich höhere Atemwegsdrücke angewendet werden können. Somit ist es möglich, PEEP anzuwenden, ohne dass dabei die Gefahr besteht, den Leckagedruck zu überschreiten. Durch die Problematiken, welche eine Allgemeinanästhesie mit sich bringt, ist es wünschenswert, wenn man vielleicht generell, aber sicherlich bei bestimmten Patientengruppen, welche zu einer verstärkten Atelektasenbildung neigen, einen PEEP anwenden könnte. Somit könnte es in ähnlicher Weise wie unter Verwendung eines Endotrachealtubus zu einer Verbesserung des Gasaustausches kommen (Goldmann et al., 2011).

Kim et al. (2013) sagen in ihrer Studie, dass sie denken, dass die Anwendung eines PEEP zu einer adäquaten Ventilation beiträgt und Atelektasen vorbeugt. In ihrer Studie wurde ein PEEP von 5 cmH₂O angewandt. Aus der Studie geht hervor, dass ein PEEP in der Höhe von 5 cmH₂O problemlos angewendet werden kann.

Goldmann et al. (2011) empfehlen die Anwendung eines PEEP- Niveau von 5 cmH₂O bei adipösen Patienten. Aus ihren Untersuchungen geht hervor, dass bereits mit 5 cmH₂O PEEP, insbesondere bei adipösen Patienten, eine signifikante Verbesserung der Oxygenierung auftritt. Ein höherer PEEP von 8 cmH₂O führt zwar zu einer weiteren Verbesserung der Oxygenierung, kann aber das festgelegte Signifikanzniveau nicht erreichen. Somit könnten wahrscheinlich nur einzelne Patienten von einem PEEP von 8 cmH₂O profitieren. Bei anderen Patienten würden hingegen bereits die negativen Auswirkungen eines für sie zu hohen PEEP überwiegen.

2.4 Beatmungsdrücke bei Larynxmasken

2.4.1 Empfohlene Beatmungsdrücke bei Larynxmasken

Larynxmasken werden von Vorteil in Spontanatmung oder im druckkontrollierten Beatmungsmodus (PCV) angewendet. Die Vorteile des PCV- Modus im Gegensatz zum volumenkontrollierten Beatmungsmodus (VCV) liegen darin, dass die Beatmungsspitzenrücke klar limitiert und festgesetzt sind. Leckagen und Mageninsufflation können durch den PCV vorgebeugt werden (Doyle, 2015). Der sichere maximal anwendbare Beatmungsdruck wird durch den Leckagedruck limitiert (Russo & Wulf, 2014).

In den Standart Operating Procedures des Luzerner Kantonsspital steht, dass die maximale obere Grenze des Inspirationsdruckes 15 mbar betragen soll (www.klifairs.ch). Mit den neueren Larynxmasken der zweiten Generation ist die Dichtigkeit der oropharyngealen Leckage verbessert worden. Durch die erhöhte Dichtigkeit können höhere Beatmungsdrücke angewendet werden. Ein höherer oropharyngeal leak pressure (OLP) bedeutet aber nicht gleich höhere Sicherheit. Ab einem Beatmungsdruck über 20 cmH₂O wird der ösophageale Verschlussdruck überschritten und es kann zu einer Insufflation von Luft in den Magen kommen (Timmermann et al. 2015).

Zahlreiche Studien haben gezeigt, wenn der Beatmungsspitzenruck zwischen 15 und 20 cmH₂O gewählt wird, treten nur minimal Leckagen oder Mageninsufflation auf (Doyle, 2015).

2.4.2 Maximale Beatmungsdrücke bei Larynxmasken

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist der maximale mögliche Beatmungsdruck ein limitierender Faktor. Werden Larynxmasken beispielsweise bei Laparoskopien angewendet, sollte man sich überlegen, wie viel der Druckanstieg bei der Anlage des Pneumoperitoneum beträgt. Die Differenz des oberen Beatmungsdruckes und dem OLP sollte dem zu erwartenden Druckanstieg entsprechen. Zu berücksichtigen ist natürlich, dass verschiedene Larynxmasken unterschiedliche Leckagedrücke aufweisen. Zudem hängt der OLP auch von der Anatomie des Patienten ab. Eine Bestimmung des OLP vor Beginn der Operation ist sehr wichtig, um abschätzen zu können, ob den Anforderungen der Beatmung standgehalten werden kann. Es ist daher sinnvoll, bei erhöhten Anforderungen (adipöse Patienten oder Laparoskopien) Larynxmasken zu verwenden, die höhere Beatmungsdrücke ermöglichen (Russo & Wulf, 2014).

Bei adipösen Patienten ist es von Vorteil, dass bei der Verwendung von Larynxmasken keine Muskelrelaxanzien angewendet werden müssen. Die respiratorischen Parameter (z.B. periphere Sauerstoffsättigung, Vitalkapazität) nehmen in der postoperativen Phase im Vergleich zu Patienten, die mit einem ETT versorgt werden, signifikant weniger ab (Zoremba et al., 2009, zitiert in Timmermann et al., 2015).

Es stellt sich auch noch die Frage, ob der Einsatz von Muskelrelaxanzien und die eintretende Erschlaffung der Muskulatur im Schlundbereich einen Einfluss auf den Leckagedruck haben. Die Dichtigkeit von Larynxmasken ergibt sich ja durch die Halsweichteile und den Cuff der Larynxmaske. In einer Untersuchung mit 72 Probanden mit der ProSeal® Kehlkopfmaske konnte festgestellt werden, dass es bei 11% der Probanden zu einem mehr als 10%igen Abfall des Ausgangs- Leckagedruckes kam. Beim Gesamtpatientengut zeigte sich aber kein signifikanter Unterschied zwischen mittlerem Ausgangs-Leckagedruck und dem mittleren Leckagedruck nach kompletter neuromuskulärer Blockade (Hoch, 2007).

Die Annahme, dass bei adipösen Patienten der OLP nicht ausreicht, um erhöhte Atemwegsdrücke zu applizieren, ist in der Regel nicht zutreffend. Bei zunehmendem BMI nimmt auch der OLP zu. Brain et al. (2000) hat dies für die klassische LMA und die ProSeal® LMA nachgewiesen (zitiert in Timmermann et al. 2015).

LMA Supreme™ und i-gel® sind zwei der am häufigsten verwendeten Larynxmasken mit Magensaftablaufkanal. Beide Produkte sind auch im Luzerner Kantonsspital im Einsatz.

Die i-gel® Larynxmaske ist ohne Cuff konzipiert, was theoretisch zu mehr Leckagen führen könnte. Beleña et al. (2015) untersuchten unter anderem den Dichtheitsdruck und das Atemvolumen bei 140 Patienten, welche sich einer elektiven laparoskopischen Cholezystektomie unterzogen. Der Cuffdruck bei der LMA-Supreme™ betrug 60 cmH₂O. Die Anästhesie wurde unterhalten mit 2% Sevofluran, einem FiO₂ von 50%, Remifentanyl 0.015-0.5 mcg/kg/min und 0.6 mg/kgKG Rocuronium. Nach Stabilisierung und Sicherung des Atemweges wurde der Leckagedruck ermittelt. Durch Schliessen des Kreislaufes bei einem Gasfluss von 3 Liter pro Minute liess man den Atemwegsdruck aufbauen, bis eine hörbare Leckage entstand. Aus den Untersuchungen resultierten keine signifikanten Unterschiede bei den mittleren Leckagedrücken. Die i-gel® erreichte einen mittleren Wert von 28.18 ± 3.9 cmH₂O und die LMA-Supreme™ 27.5 ± 4 cmH₂O, p= 0.09. Das maximale Tidalvolumen betrug bei der i-gel® 559.6 ± 45.3 ml und bei der LMA-Supreme™ 549 ± 56.2 ml. Das Ambu Clinical Department gibt für die Ambu® AuraGain Larynxmaske, welche im Luzerner Kantonsspital im Notintubationskoffer enthalten ist, einen durchschnittlichen Leckagedruck von 29.3 cmH₂O an (www.ambu.de, 2015).

In der folgenden Tabelle sind die Verschlussdrücke verschiedener extraglottischer Atemwegshilfen aufgelistet.

Tabelle 3: Verschlussdrücke (Russo & Wulf, 2014, S. 153)

Extraglottische Atemwegshilfe	OLP (cmH ₂ O)
klassische Larynxmaske	20 – 25
LMA – ProSeal	≈ 30
LMA – Supreme	≈ 25 - 30
Intubationslarynxmaske	25 – 30
I – gel	≈ 25

3 Diskussion

Es überrascht mich etwas, dass die Anwendung von 5 cmH₂O PEEP bei normalgewichtigen Patienten nicht empfohlen wird. Aufgrund der Studienlage ist ausgewiesen, dass keine signifikante Erhöhung der Oxygenierung resultiert, jedoch denke ich, im klinischen Alltag sollte Pro und Kontra für die Anwendung von PEEP nicht nur ausschliesslich aus Sicht auf die Oxygenierung gefällt werden. Aufgrund der atelektatischen Prozesse (endexpiratorische Atelektasen), welche bei Allgemeinanästhesien auftreten, ist eine Anwendung eines PEEP im Sinne einer lungenprotektiven Beatmung wahrscheinlich auch bei Normalgewichtigen sinnvoll. Die Auswirkungen eines geringen PEEP von etwa 5 cmH₂O werte ich als mehrheitlich positiv und es zeigen sich mehr Vor- als Nachteile. In der Studie von Kim et al. (2013) und auch bei Goldmann et al. (2011) sind bei der Anwendung eines PEEP von bis zu 5 cmH₂O keine Nachteile beschrieben. Auch die Angaben in den Fachbüchern, mit welchen ich mich während dieser Arbeit auseinandergesetzt habe, sprechen für eine Anwendung von PEEP. Larsen & Ziegenfuss (2013) empfehlen die Anwendung eines physiologischen PEEP von 5 bis 8 mbar bei jeder maschinellen Beatmung. Schäfer et al. (2011) schreiben, dass in vielen Kliniken ein physiologischer PEEP von 6-8 mbar eingestellt wird und Laux (2012) empfiehlt bei jeder Intubation und Beatmung einen geringen PEEP von 3-5 mbar.

Ein weiteres Argument, das für die Anwendung von PEEP spricht, ist, dass bei Allgemeinanästhesien mit Larynxmasken keine Recruitment-Manöver durchgeführt werden können. Beim Recruitment nach Lachmann beispielsweise werden die Inspirationsdrücke auf sehr hohe Werte von bis zu 40 bis 60 mbar angehoben, dabei wird der PEEP auf 20 bis 25 mbar eingestellt (Schäfer et al., 2011). Solche Manöver wären bei der Verwendung von Larynxmasken aufgrund der Leckagedrücke und einer möglichen Mageninsufflation nicht durchführbar.

Die Resultate bei der Anwendung von PEEP bei adipösen Patienten sind eindeutig. Die Anwendung eines PEEP von 5 cmH₂O ist klar indiziert. Ich denke, die Anwendung von 5 cmH₂O PEEP ist in der Praxis oftmals auch ohne schwerwiegende Probleme (Leckagen) durchführbar. Wäre es allenfalls möglich, den maximalen Inspirationsdruck von 15 auf 20 mbar zu erhöhen, würde dies etwas mehr Spielraum für die Anwendung eines physiologischen PEEP ermöglichen. Bei der Studie von Goldmann et al. (2011) ist zu bedenken, dass bei der Narkoseeinleitung eine Pleak Messung durchgeführt wurde und so möglicherweise eine Art Recruitmentmanöver stattgefunden hat, welches die Resultate der Oxygenierung etwas verändert haben könnten.

Die Resultate durch Frossler et al. (2010) bei spontanatmenden anästhesierten Patienten mit Larynxmaske werte ich als ungenau, da die Messungen nur mittels Pulsoxymetrie und nicht zusätzlich durch eine Messung mittels arterieller Blutgasanalyse erhoben wurden. Zudem wurden nur Patienten der ASA I und ASA II Klassifikation mit BMI unter 30 kg/m² untersucht. Bei dieser Patientengruppe zeigen sich wahrscheinlich grundsätzlich nur geringe Einschränkungen im pulmonalen Gasaustausch bei Allgemeinanästhesien. Die Resultate könnten aber auch aufgrund der Spontan-

atmung ungenau sein. Eine Veränderung der respiratorischen Werte wäre beispielsweise aufgrund von narkosebedingter Hypoventilation und nicht aufgrund von Atelektasen möglich.

Die Wahl der Höhe des PEEP aufgrund der Druck-Volumenkurve sehe ich im klinischen Alltag als nicht umsetzbar. Druck-Volumen-Schleifen (PV-Loops) sind zwar am Respirator grafisch darstellbar, jedoch scheint mir das Ablesen des „lower inflection point“ ungenau und lässt viel Raum für subjektive Missinterpretation. Zudem werden statische Druck-Volumenkurven, die in der Durchführung sehr aufwendig sind, nur im Rahmen wissenschaftlicher Studien erhoben (Striebel, 2014). Unterstützend zu dieser Aussage schreibt Oczeni: „Bei druckkontrollierter Beatmung darf der Knick in der Druck-Volumen-Schleife nicht als unterer Inflektionspunkt fehlinterpretiert werden, da es sich hierbei um ein rein zeitabhängiges (dynamisches) Phänomen infolge der Trägheit des respiratorischen Systems handelt. Der rasche Druckaufbau führt nur mit gewisser Verzögerung zu einer Ausdehnung von Lungen und Thorax“ (Oczeni, 2012, S. 224).

Die Druck-Volumenkurve sehe ich trotzdem als relevant für die klinische Praxis, auch wenn nur indirekt anwendbar. Es ist erwiesen, dass die beste Compliance des respiratorischen Systems 2 bis 4 mbar oberhalb des unteren Inflektionspunktes liegt (Oczeni, 2012). Somit ist es, finde ich, sehr gut praktikabel, sich an der Compliance zu orientieren und die PEEP-Einstellungen entsprechend anzupassen. Durch die verbesserte Compliance muss allenfalls der Inspirationsdruck nicht erhöht werden und kann bestenfalls sogar gesenkt werden. Es braucht sicher die Aufmerksamkeit und Motivation der Anästhesiefachkraft, den Complianceverlauf zu beobachten und entsprechende Einstellungen anzupassen, um für den Patienten den bestmöglichen Benefit zu erreichen.

In den Studien von Kim et al. (2013) und Goldmann et al. (2011) wurden die Beatmungsparameter standardisiert und für alle Patienten identisch angewendet. Diese Standardisierung war wichtig, damit die Ergebnisse der Studien nicht durch eine unterschiedliche Beatmung verändert wurden. Es ist aber zu bedenken, dass im klinischen Alltag die Einstellungen des Inspirations-Expirationsverhältnis (I:E) und des Inspirationsflow einen wesentlichen Einfluss auf die Beatmung haben können und bei jeder Allgemeinanästhesie berücksichtigt werden sollten. Wird beispielsweise die Inspirationsdauer verlängert, kann der inspiratorische Flow und der Atemspitzendruck vermindert oder das inspiratorische Plateau verlängert werden. Durch die verlängerte Inspirationszeit wird es möglich, grössere Tidalvolumen zu applizieren und die Kontaktzeit der Atemgase zu verlängern. Dadurch entsteht ein positiver Effekt auf die Oxygenierung (Laux, 2012).

Mittels der Einstellung der Rampe (Inspirationsanstiegszeit) am Respirator gibt es eine weitere Möglichkeit, den Inspirationsflow zu beeinflussen. Ein hoher Inspirationsflow erhöht den Beatmungspitzendruck und birgt die Gefahr von turbulenten Luftströmungen mit dem Resultat einer schlechteren Verteilung des Atemgases in der Lunge (Schäfer et al., 2011).

Larynxmasken der zweiten Generation weisen verbesserte Leckagedrücke auf. Die Studie von Beleña et al. (2015) zeigt, dass die Anwendungen von Inspirationsdrücken bis zu etwa 28 mbar (igel®) beziehungsweise 27 mbar (LMA-Supreme™) möglich sind. Auf der einen Seite hat man die verbesserten Leckagedrücke, auf der anderen Seite jedoch ist bekannt, dass der ösophageale Ver-

schlussdruck bei 20 cmH₂O überschritten wird. Es stellt sich nun die Frage, wie hoch der maximale Inspirationsdruck, der auch die Anwendung eines adäquaten PEEP erlaubt, tatsächlich gewählt werden kann. Ich denke, dass durch die Weiterentwicklung der Larynxmasken eine Erhöhung des maximalen Inspirationsdruckes von 15 auf 20 mbar durchaus vertretbar wäre. Mit einem maximalen Inspirationsdruck von 20 mbar würde man immer noch unter dem ösophagealen Verschlussdruck liegen und eine Magenisufflation ist eher unwahrscheinlich. Diese Meinung untermauert auch die Untersuchung an Leichen von Schmidbauer et al. (2012), wo ebenfalls bis zu 20 mbar keine ösophageale Insufflation festgestellt wurde. Als Kritikpunkt zu der Studie von Beleña et al. (2015) möchte ich anmerken, dass der Leckagedruck mittels Auskultation erhoben wurde. Diese Methode werte ich als etwas ungenau, da eventuell schon Leckagen auftreten, wenn sie noch nicht hörbar sind. Eine Erfassung des Leckagedruckes mittels modernen Respiratoren, welche schon kleinste Leckagen pro Tidalvolumen erfassen, würde möglicherweise zu anderen Resultaten führen (Dräger, 2013). Von daher denke ich, sind die ermittelten Leckagedrücke möglicherweise höher als die tatsächlichen Leckagedrücke. Diese Vermutung deckt sich auch mit meiner Erfahrung aus der Praxis, wo ich festgestellt habe, dass der Respirator teilweise schon bei Inspirationsdrücken ab ungefähr 13 mbar kleine Leckagen angibt. Um die Problematik der hypopharyngeale Leckagen, welche auftreten können bevor oropharyngeale Leckagen erfasst werden, minimieren zu können, ist sicher die Anwendung einer Magensonde zu empfehlen. Dadurch entsteht der Vorteil der Lagekontrolle und Entlastung des Magens. Dies betrifft am ehesten die Patientengruppe, wo schwierige Ventilationsbedingungen (Anatomie, Adipositas) erwartet oder festgestellt werden.

Bezüglich der Verwendung von Muskelrelaxantien konnten keine signifikanten Unterschiede bei den Leckagedrücken festgestellt werden. Falls die Verwendung von Muskelrelaxantien (Laryngospasmus oder chirurgische Indikation) notwendig wird, ist es beruhigend zu wissen, dass weiterhin ähnliche Leckage-Werte zu erwarten sind, wie ohne die Verwendung von Muskelrelaxantien. Aufgrund der postoperativen besseren respiratorischen Funktion, insbesondere bei adipösen Patienten (Zorremba et al., 2009, zitiert in Timmermann et al., 2015), ist es ein Vorteil der Larynxmaske, dass auf den Gebrauch von Muskelrelaxantien verzichtet werden kann.

In der Praxis ist die Anwendung von Performancetests bei den meisten Anästhesien wahrscheinlich eher nicht notwendig. Dies, weil es doch bei einer Vielzahl von Patienten zu keinen relevanten Beatmungsproblemen kommt. Zudem denke ich aufgrund des hohen Zeitdruckes, welchem die Anästhesie unterstellt ist, würde man eher auf diese Tests verzichten. Wendet man aber die Larynxmaske bei Adipösen oder Laparaskopien an, werte ich diese Tests als durchaus sinnvoll und aussagekräftig.

4 Schlussfolgerung

Viele aktuelle Untersuchungen zeigen, dass der Leckagedruck von Larynxmasken der zweiten Generation in einem hohen Bereich (> 20 mbar) liegt. Im klinischen Alltag braucht es bezüglich der Wahl des Inspirationsdruckes und PEEP sicherlich auch immer individuelle, patientenadaptierte Entscheidungen. Mit der Anwendung eines maximalen Inspirationsdruckes von 20 mbar, in Kombination mit der Verwendung einer Magensonde, sollte eine adäquate und sichere Ventilation, inklusive der Anlage eines PEEP von 5 mbar, bei einer Vielzahl von Patienten möglich sein.

Aufgrund der aktuellen Datenlage kann man diskutieren, ob der maximale Beatmungsdruck in den SOP des Luzerner Kantonsspitals von bisher 15 mbar auf 20 mbar erhöht werden könnte.

Bei Inspirationsdrücken im Bereich von 15 bis 20 mbar würde ich die Anwendung einer Magensonde empfehlen. Das Einführen einer Magensonde ist eine einfache und schnelle Handlung, mit der eine erhöhte Sicherheit (Lagekontrolle und Magenentlastung) erreicht werden kann.

Ob man erwägen kann, Beatmungsspitzen drücke von über 20 mbar anzuwenden, ist für mich derzeit fraglich. Es bräuchte noch weitere und aktuellere Untersuchungen, welche den OLP versus HLP, vergleichen würden.

Performancetests wurden bisher nur für die LMA ProSeal® und LMA Supreme™ beschrieben. Es wäre im klinischen Alltag sicherlich hilfreich, wenn auch bei anderen Herstellern (i-gel®, Ambu® etc.) solche Tests möglich wären.

Unbehandelt in dieser Diplomarbeit ist auch die Frage nach dem Aspirationsschutz verschiedener Larynxmaskentypen. Weitere interessante Fragen sind, wo die Grenzen (Kontraindikationen) bei der Anwendung von Larynxmasken liegen. Die Risiken müssen sicher individuell abgewogen werden und die Verantwortung liegt beim zuständigen Anästhesisten.

Ich persönlich werde in Zukunft bei Allgemeinanästhesien mit Larynxmasken bei normal- und übergewichtigen Patienten 5 mbar PEEP anwenden. Mit der Anwendung von PEEP in der Höhe von 5 mbar besteht keine Gefahr von negativen Auswirkungen und die positiven Effekte auf die respiratorischen Parameter überwiegen.

5 Reflexion

Es war mir wichtig, für Diplomarbeit ein Thema zu wählen, zudem ich einen Bezug in die Praxis habe. Im besten Fall sollte die Diplomarbeit zu einem Resultat führen, welches die Arbeit in der täglichen Praxis beeinflusst. Über PEEP gibt es sehr viel Literatur, jedoch oft im Zusammenhang mit Allgemeinanästhesien bei intubierten Patienten. Über Larynxmasken gibt es ebenfalls unzählige Studien. Ich fand aber wenige, die sich explizit mit der Anwendung von PEEP bei Larynxmasken auseinandersetzen.

Durch die Bearbeitung der Literatur konnte ich mein Wissen über die Anwendung von Larynxmasken und der Beatmung, inklusive Physiologie und Pathophysiologie, festigen und erweitern.

Bei dem Literaturstudium wurde mir einmal mehr bewusst, wie viele verschiedene Arbeitsweisen, Methoden, Techniken und Aspekte das Arbeitsfeld der Anästhesie bietet.

Die Literatursuche nahm viel Zeit in Anspruch. Dies, weil doch jede Studie, die in Betracht gezogen werden konnte, kurz gelesen werden musste, um beurteilen zu können, ob sie für die Diplomarbeit relevant sein könnte. Für mich war es manchmal schwierig zu entscheiden, wo man sich in der Thematik abgrenzen soll. Es gibt sehr viele fachliche Aspekte und unzählige Punkte, wo es interessant wäre, sich zu vertiefen.

Ich habe früh begonnen zu recherchieren und durch das Literaturstudium habe ich relativ schnell gespürt, wie das Resultat der Diplomarbeit in etwa ausfallen könnte. Dies hat meiner Motivation nicht immer geholfen. Ich empfand es als etwas enttäuschend, schon am Anfang einer solchen Arbeit in etwa zu wissen, wie das Endergebnis aussehen könnte.

Was meine Vorgehensweise betrifft, bin ich sicher mit dem sich zeitlich nähernden Abgabetermin effizienter und konzentrierter geworden in meiner Arbeitsweise. Es gab aber Tage, wo ich gemerkt habe, dass ich keine guten Ideen hatte und mir das Schreiben nicht so flüssig gelang. Ich brauchte dann kurze Phasen, wo ich das Geschriebene etwas setzen liess, um etwas später mit neuer Energie weiter zu schreiben. Für mich war es ein grosser Vorteil, dass die Diplomarbeit durch einen Mentor begleitet wurde. Dadurch hatte ich im positiven Sinne etwas mehr Druck, von Zeit zu Zeit etwas Handfestes vorzuweisen.

Mein Ziel, herauszufinden wie ich PEEP in der Praxis konkret anwenden soll, habe ich erreicht.

Die vertiefte Auseinandersetzung mit der Thematik bietet mir nun für den Arbeitsalltag ein fundiertes Wissen, was meine eigene Meinung stärkt und damit habe ich eine gute Diskussionsgrundlage, wenn es um die Anwendung von PEEP bei Larynxmasken geht. Die durch die Arbeit gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse sind für mich Anlass, das Endergebnis dieser Diplomarbeit als positiv zu bewerten.

6 Danksagung

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei meinem Mentor Sven von Niederhäusern, welcher mir mit seinem flexiblen, unkomplizierten Einsatz, seiner fachlichen Kompetenz und mit vielen guten Hinweisen zur Seite stand. Besten Dank an Dr. Martin Jöhr für die fachlichen Gespräche während meines Kispi-Praktikums. Auch einen besonderen Dank geht an meine Freundin Andrea Gasser, für ihr Verständnis und die geduldige Unterstützung, welche sie mir während der Zeit des Schreibens entgegengebracht hat.

Literaturverzeichnis

ambu.de. Abgerufen am 1. November 2015 von

<http://www.ambu.de/Files/Billeder/com/Clinical%20studies/IE%20Multicenter%20evaluation%20of%20the%20Ambu%20AuraGain%202%20version.pdf>).

Beleña, J., Núñez, M., Vidal, A., Gasco, C., Alcojor, A., Lee, P., & Pérez, J. (2015). Randomized comparison of the i-gel with the LMA Supreme in anesthetized adult patients. *Anaesthetist* (64), S. 271-276.

de.wikipedia.org. Abgerufen am 17. Januar 2016 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Adipositas>.

Doyle, J. (2015). *uptodate*. Abgerufen am 15. November 2015 von uptodate:

<http://www.uptodate.com/contents/techniques-and-devices-for-airway-management-for-anesthesia-supraglottic-devices-including-laryngeal-mask-airways?>

Dräger Medical GmbH. (2013). *Betriebshandbuch Perseus A 500 SW 1.1n*. S. 238.

Froessler, B., Brommundt, J., Anton, J., Khanduja, R., Rossaint, R., & Coburn, M. (2010).

Spontaneously breathing anesthetized patients with a laryngeal mask airway. *Anaesthetist* (59), S. 1003-1007.

Goldmann, K., Gerlach, M., & Bornträger, C. (2011). ProSeal® -Kehlkopfmaske in normalgewichtigen und adipösen Patienten. *Der Anaesthetist*, 60, S. 908-915.

De Gruyter, W. (1998). *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*. 258. Auflage. Berlin New York: Walter de Gruyter, S. 285.

Hoch, N. (2007). Auswirkungen einer neuromuskulären Blockade auf den Leckagedruck der ProSeal®-Larynxmaske. *Dissertation*. Marburg: Philipps- Universität Marburg.

Kim, Y., Chang, Y., Jung, W., Byen, S., & Jo, Y. (2013). Application of PEEP using the i-gel during volume-controlled ventilation in anesthetized, paralyzed patients. *Journal of Anesthesia*, 27, S. 827-831.

Larsen, R., & Ziegenfuss, T. (2013). *Beatmung* (5. Aufl.). Berlin Heidelberg: Springer, S. 220-224.

Laux, G. (2012). In R. Rossaint, C. Werner, & B. Zwissler, *Die Anästhesiologie* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer, S. 583-585.

Max, S., & Dembinski, R. (2000). Pulmonaler Gasaustausch in Narkose. *Der Anaesthetist*(49), S. 771–783.

Niederhäusern, S. v. (30. April 2014). *sop.klifairs.ch*. Abgerufen am 15. November 2015 von http://www.sop.klifairs.ch/?page_id=1461)

Oczenski, W. (2012). *Atmen - Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik* (9. Aufl.). Stuttgart - New York: Georg Thieme, S. 41, 224, 261.

Russo, S., & Wulf, H. (2014). Erweiterte Indikationen der Larynxmaske – Wo liegen die Limitationen? *A/NS* (59), S. 152-161.

Schäfer, S., Kirsch, F., Scheuermann, G., & Wagner, R. (2011). *Fachpflege Beatmung* (6. Aufl.). München: Urban & Fischer, S. 6-7, 113, 116, 167-168.

Schmidbauer, W., Grenzwürker, 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*(142). S. 1-5.

Striebel, H. (2014). *Operative Intensivmedizin* (2. Aufl.). Stuttgart: Schattauer, S. 73.

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

Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Intersurgical.de. Abgerufen am 23. Januar 2016 von <http://www.intersurgical.de/content/files/67727/319859046>

Abbildung 1: Oczenski, W. (2012), *Atmen - Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik* (9. Aufl.). Stuttgart - New York: Georg Thieme, S. 41

Abbildung 2: Timmermann, A., Nickel, E. & Pühringer, F. (2015), Larynxmasken der zweiten Generation. *Der Anaesthetist*(64), S.12

Abbildung 3: Oczenski, W. (2012), *Atmen - Atemhilfen: Atemphysiologie und Beatmungstechnik* (9. Aufl.). Stuttgart - New York: Georg Thieme, S. 69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Larsen, R. & Ziegenfuss, T. (2013). *Beatmung* (5. Ausg.). Berlin Heidelberg: Springer, S. 222-224; Laux, G (2012). In R. Rossaint, C. Werner, & B. Zwissler, *Die Anästhesiologie* (2. Ausg.). Heidelberg: Springer, S. 583-585.

Tabelle 2: Goldmann, K., Gerlach, M., & Bornträger, C., (2011). ProSeal® -Kehlkopfmaske in normalgewichtigen und adipösen Patienten. *Der Anaesthetist* (60), S. 913.

Tabelle 3: Russo, S., & Wulf, H., (2014). Erweiterte Indikationen der Larynxmaske – Wo liegen die Limitationen?. *A/NS* (49). S. 153.

Anhang

Erklärung zur Diplomarbeit

Der Unterzeichnende erklärt,

- dass er die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst hat und dass fremde Quellen, welche in der Arbeit enthalten sind, deutlich gekennzeichnet sind.
- dass auf eine eventuelle Mithilfe Dritter in der Arbeit ausdrücklich hingewiesen wird.
- dass er vorgängig bei der Prorektorin / dem Prorektor, dem Ausbildungsbetrieb (sofern dieser involviert war), sowie bei Drittpersonen, die mitgeholfen haben (z.B. beratende Personen) schriftlich die Bewilligung einholt, wenn:
 - diese Arbeit bzw. Teile oder Zusammenfassungen davon veröffentlicht oder
 - Kopien dieser Arbeit zur weiteren Verbreitung an Dritte aushändigen werden.

Ort:

Datum:

Vorname, Name:

Unterschrift: