

Die Sicherung des Atemweges bei der perkutanen dilatativen Tracheotomie –

Intubationslarynxmaske versus Endotrachealtubus

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Thomas Pfeifer
aus Altenkirchen

2009

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. A. Rieger
2. Gutachter: Prof. Dr. A. Hirner

Tag der Mündlichen Prüfung: 10.09.2009

Aus der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin des DRK-Krankenhauses
Neuwied
Chefarzt: Priv.-Doz. Dr. A. Rieger

Inhaltsverzeichnis.....	3
Abkürzungsverzeichnis.....	6
1. Einleitung.....	7
1.1 Beatmungstherapie und Atemwegskontrolle in der Intensivmedizin	7
1.2 Geschichte der Tracheotomie	9
1.3 Entwicklung der perkutanen dilatativen Tracheotomieverfahren (PDT)	10
1.4 Einsatz der Larynxmaske während der PDT	13
1.5 Fragestellung	15
2. Patienten und Methoden.....	16
2.1 Patienteneinschluss	16
2.2 Übersicht des Studienablaufs und der verwendeten Verfahren	16
2.3 Vorbereitungen	17
2.3.1 Vorbereitungen bei Atemwegssicherung durch endotracheale Intubation (Tubus-Gruppe)	17
2.3.2 Vorbereitungen bei Atemwegssicherung durch Intubations- larynxmaske (ILMA-Gruppe)	18
2.4 Beschreibung der ILMA	19
2.4.1 Vorbereiten der ILMA	20
2.4.2 Insertion der ILMA	20
2.5 Durchführung der Tracheotomie	21
2.6 Durchführung der Blutgasanalysen	26
2.7 Dokumentation der Beatmungsparameter und der hämodynamischen Parameter	26
2.8 Statistik	26
3. Ergebnisse.....	27
3.1 Demographische und biometrische Daten	27
3.2 Klinische Daten	27

3.2.1 Tubus-Gruppe	27
3.2.2 ILMA-Gruppe	28
3.2.3 Beatmungsrelevante Nebendiagnosen	29
3.3 Insertion der ILMA	29
3.4 Dauer des operativen Eingriffs	29
3.5 Beatmungsparameter	30
3.5.1 Expiratorisches Atemminutenvolumen	30
3.5.2 Sauerstoffsättigung	31
3.5.3 Beatmungsspitzendruck	31
3.5.4 Sauerstoffpartialdruck	32
3.5.5 Kohlendioxidpartialdruck	32
3.6 Hämodynamische Parameter	33
3.7 Komplikationen und technische Probleme	33
4. Diskussion.....	35
4.1 Demographische und biometrische Daten	35
4.2 Krankheitsdaten	36
4.3 Insertion der ILMA	36
4.4 Dauer des operativen Eingriffs	39
4.5 Atemminutenvolumen, Sauerstoffpartialdruck, Kohlendioxidpartialdruck und Bronchoskopie während der PDT	40
4.6 Beatmungsspitzendruck	43
4.7 Komplikationen und technische Probleme	44
4.8 Limitationen und Ausblick	46
5. Zusammenfassung.....	48
6. Anhang.....	50
7. Literaturverzeichnis.....	53
Danksagung.....	63

Lebenslauf.....	64
------------------------	-----------

Abkürzungsverzeichnis

Abb	Abbildung
AMV	Atemminutenvolumen
BAA	Bauchaortenaneurysma
BIPAP	Biphasic positive airway pressure
BMI	Body Mass Index
ca	circa
cm	Centimeter
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
EKG	Elektrokardiogramm
ETT	Endotrachealtubus
Fr	French
G	Gauge
h	Stunde
H ₂ O	Wasser
Hg	Hydrargyrum (Quecksilber)
ICU	Intensive Care Unit
ID	Innendurchmesser
ILMA	Intubationslarynxmaske
kg	Kilogramm
l	Liter
LMA	Larynxmaske
m	Meter/männlich
max	maximal, maximaler
mg	Milligramm
Min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
NaCl	Natriumchlorid
OP	Operationssaal/Operation
P	Pressure (Druck)
PCO ₂	Kohlendioxidpartialdruck
PDT	Perkutane Dilatationstracheotomie
PO ₂	Sauerstoffpartialdruck
PS-LMA	Pro-Seal®-Larynxmaske
SD	Standardabweichung
Tab	Tabelle
TOF	Train of four
w	weiblich

1. Einleitung

1.1 Beatmungstherapie und Atemwegskontrolle in der Intensivmedizin

Die Einführung der künstlichen Überdruckbeatmung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts begründete die moderne intensivmedizinische Beatmungstherapie. Zuvor waren überwiegend sogenannte eiserne Lungen zum Einsatz gekommen, mit denen die Patienten über einen längeren Zeitraum beatmet werden konnten.

Rückblickend erscheint es seltsam, dass das direkte Verfahren der endotrachealen Intubation und der Beatmung mit positivem Atemwegsdruck sich zunächst nicht durchsetzen konnte, obwohl das physiologische Verständnis Anfang des 20. Jahrhunderts schon recht weit gediehen war. Rowbotham und Magill hatten zu Beginn der 20er Jahre des letzten Jahrhunderts die Technik der endotrachealen Intubation schon wesentlich weiterentwickelt.

Nach der ersten erfolgreichen künstlichen Überdruckbeatmung am 25. August 1952 zeichnete sich dann das große Potenzial dieser neuen Beatmungstechnik für ateminsuffiziente Patienten ab (Westphal et al., 1999). Es setzte sich die Erkenntnis durch, dass intermittierende positive Druckbeatmung von Hand oder durch Maschine effektiver und besser war als die intermittierende Negativ-Druck-Atmung.

Durch immer bessere Kontrollmöglichkeiten der Beatmungsparameter bei Positivdruckbeatmung gewann diese weiter an Bedeutung. Die Patienten konnten volumen- und später auch druckkontrolliert beatmet werden. In der Folge erweiterten sich Indikationsspektrum und Therapiemöglichkeiten der Beatmung, so dass die Zahl von Langzeitbeatmungen auf Intensivstationen deutlich anstieg. Beatmung entwickelte sich von einer Substitutionstherapie bei Ausfall der Atmung hin zu einer Therapie bei respiratorischer Insuffizienz oder pulmonaler Erkrankung (Hachenberg und Pfeiffer, 2000).

In der Anfangsphase der Langzeitbeatmung wurde zur Atemwegssicherung eine klassische chirurgische Tracheotomie durchgeführt.

Dieses Verfahren wurde dann zunächst von der prolongierten endotrachealen Intubation abgelöst, wodurch allerdings folgende Probleme entstanden:

Patienten benötigten hohe Dosierungen von Analgosedativa, um den Endotrachealtubus zu tolerieren; Druckschäden im Bereich der Schleimhaut, an Stimmbändern, Kehlkopf

und Nase konnten entstehen; die Mundhygiene war erschwert; die Patienten konnten nicht kommunizieren und auch keine Nahrung oral aufnehmen.

Deshalb bestand Einigkeit darüber, dass ein translaryngealer Tubus nur für eine begrenzte Zeit belassen werden kann (Bause et al., 1995).

Die Einführung perkutaner Dilatationstechniken verhalf der Tracheotomie als infraglottischen künstlichen Atemweg wieder zu größerer Bedeutung.

Als Richtlinie gilt heute, dass bei einer erwarteten Beatmungsdauer von bis zu zehn Tagen eine endotracheale Intubation bevorzugt werden kann. Dauert die Beatmung länger als 21 Tage ist eine frühzeitige Tracheotomie (3. – 5. Tag) indiziert und bei unklarer Beatmungsdauer sollte täglich über die Vor- und Nachteile einer Tracheotomie diskutiert werden (Plummer et al., 1989).

Aus diesen Gründen stellt die elektive Tracheotomie langzeitbeatmeter Patienten auf der Intensivstation heute die häufigste Indikation für eine Tracheotomie dar. (Walz, 2002).

Die Indikationen für eine Tracheotomie bei Intensivpatienten sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

• Zu erwartende Beatmungsdauer über 21 Tage
• Obstruktion der oberen Atemwege (Verletzungen, Tumoren)
• Vermeidung einer Larynxschädigung durch Langzeitintubation
• Größerer Patientenkomfort
• Erleichterte Kommunikation (Sprechkanüle, Mimik der Lippen und des Gesichts)
• Verbesserte Pflege des Nasen-Rachen-Bereiches
• Verbesserte Bronchialtoilette
• Verbesserte Schluckmöglichkeiten, schnellere orale Ernährung
• Geringerer Analgosedierungsbedarf

Tab. 1: Indikationen für eine Tracheotomie bei Intensivpatienten

1.2 Geschichte der Tracheotomie

Die Geschichte der Tracheotomie lässt sich als einer der ältesten chirurgischen Eingriffe bis ins Altertum zurückverfolgen.

Erste Hinweise auf eine (vermutliche) Tracheotomie befinden sich schon auf ägyptischen Tafeln aus Abydos und Saqqara aus dem Beginn der ersten Dynastie (2950 – 2800 v. Chr.) sowie im heiligen Buch der hinduistischen Medizin, der Rig Veda (Pahor, 1992; Westphal et al., 1999).

Im 16. Jahrhundert erwähnte der in Florenz geborene Vidus Vidius erstmalig die Verwendung einer Trachealkanüle (Gurlt, 1898).

Als „Urvater“ der perkutanen dilatativen Verfahren gilt der italienische Chirurg Sanctorio Sanctorius, der 1627 anstatt mit einem Skalpell mit einem Trokar die Luftröhre eröffnete. Als Instrument verwendete er die Paré'sche Röhre, die sein Namensgeber eigentlich zur Aszitespunktion entwickelt hatte (Sosath, 2007).

Über viele Jahrhunderte wurde die Tracheotomie als gefährlich und oft tödlich betrachtet. Als Indikation für eine Tracheotomie galt zunächst vor allen Dingen die Diphtherie und im weiteren Verlauf die Aspiration eines Fremdkörpers mit Verlegung der Atemwege (Goldenberg et al., 2002).

In Deutschland setzte sich die Tracheotomie endgültig erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zur Behandlung der Diphtherie durch. Kurze Zeit später, nach Einführung des antitoxischen Serums durch Bering (1894) und der Möglichkeit der Impfung (1924) verlor die Tracheotomie ihre Bedeutung im Rahmen der Behandlung der Diphtherie fast vollkommen.

Eine neue Indikation zur Tracheotomie wurde in der Folgezeit die Langzeitbeatmung.

Im Jahre 1869 war Friedrich Trendelenburg der erste, der eine künstliche Beatmung über ein Tracheostoma beim Menschen durchführte (Brandt, 1986).

Als Begründer der klassisch-konventionellen chirurgischen Tracheotomie gilt Chevalier Jackson, Professor für Laryngologie an der Universität Pittsburgh (Jackson, 1909). Er standardisierte Anfang des 20. Jahrhunderts durch die Veröffentlichung zahlreicher Arbeiten dieses Operationsverfahren (Westphal et al., 1999). 1923 beschrieb E. Gill im *Laryngoscope* das Bronchoskop als Hilfsmittel der Tracheotomie. Hierbei wurde das

Bronchoskop vor Eröffnung der Trachea eingeführt und gewährleistete so eine bessere Orientierung.

1.3 Entwicklung der perkutanen dilatativen Tracheotomieverfahren (PDT)

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kam es schließlich zur Entwicklung der modernen perkutanen dilatativen Verfahren.

1953 führte Shelden erstmalig eine perkutane Tracheotomie durch, wobei die Trachea mit einem über die Punktionsnadel geführten Trokar eröffnet wurde.

1969 veröffentlichten die Neurochirurgen Toye und Weinstein eine Methode nach der von Seldinger 1953 beschriebenen Methode: Nach Punktion der Trachea mit einer Nadel wurde der Dilatator und die endgültige Trachealkanüle in einem Arbeitsschritt platziert. Es zeigte sich jedoch mit 14% eine hohe Inzidenz von Frühkomplikationen, insbesondere kam es vermehrt zu paratrachealen Einführungen des Dilatationsapparates (Westphal et al., 1999).

Der amerikanische Chirurg Ciaglia verwendete 1985 zur Dilatation des Tracheostomas mehrere unterschiedlich dicke Kunststoffdilatatoren, um so die Öffnung für die Trachealkanüle schrittweise aufzudehnen. Durch diese Technik konnte die Gewebetraumatisierung im Wundgebiet reduziert werden und eine Kompressionswirkung der Gewebemannschette auf die Trachealkanüle erreicht werden.

Zusätzliche Sicherheit konnte durch die bronchoskopische Überwachung des Punktions- und Dilatationsvorgang gewonnen werden.

Der Australier W. M. Griggs beschrieb 1990 eine Methode, bei der zur Aufspreizung der Halsweichteile und der Penetration der Tracheavorderwand ein stumpfer Spreizer nach Howard-Kelly mit einem Führungskanal für den Seldingerdraht verwendet wurde.

Im Jahre 2000 stellte Byhan eine Weiterentwicklung des Verfahrens nach Ciaglia vor. Anstatt mehrerer unterschiedlich dicker Kunststoffdilatatoren wurde nur noch ein Dilatator verwendet (sog. Ciaglia Blue Rhino®). Dieser bestand aus einem Hartgummimantel, der mit einer hydrophilen Oberfläche beschichtet war, und sich mit wenig Kraftaufwand einführen ließ.

Laut einer von Kluge et al. im Jahre 2008 veröffentlichten Studie ist diese sogenannte modifizierte Ciaglia Technik momentan das populärste Verfahren in Deutschland. Gründe hierfür könnten die einfach zu erlernende Technik und die reduzierte Operationszeit im Vergleich zum klassischen Verfahren nach Ciaglia sein (Johnson et al., 2001).

Als momentan jüngstes Verfahren gilt die PercuTwist® Methode nach Frova und Quintel, beschrieben im Jahre 2002. Bei diesem Verfahren wird die Dilatation der Trachea mit einem schraubenartigen Dilatator vorgenommen, der hydrophil beschichtet ist.

Durch das schraubenartige Einbringen des Dilatators könnte es zu einer verminderten Kompressionswirkung auf die Trachea kommen, wodurch das Risiko einer Verletzung der Pars membranacea eventuell reduziert werden könnte.

Die modernen perkutanen dilatativen Verfahren führten in den letzten Jahren zu einer raschen Verbreitung und stellen heute eine weltweit anerkannte Alternative zur chirurgisch konventionellen Tracheotomie dar (Byhan et al., 1999).

Die Anzahl der in Deutschland durchgeführten perkutanen dilatativen Tracheotomien lag im Jahr 2002 bei schätzungsweise 20000 (Walz, 2002).

Alle modernen perkutanen dilatativen Verfahren gelten heute als gleichermaßen sicher und praktikabel. In Deutschland ist die PDT das Tracheotomieverfahren der Wahl bei Intensivpatienten (Kluge et al., 2008). Im Vergleich zur chirurgisch durchgeführten Tracheotomie ergeben sich einige Vorteile:

Da es sich um eine bettseitig durchführbare Maßnahme handelt, wird keine OP-Kapazität benötigt. Damit entfallen Transport, Transportrisiko und erhebliche Personalkosten (Al-Ansari und Hijazi, 2005; De Leyn et al., 2007).

Zudem zeigte sich ein besseres kosmetisches Ergebnis im Vergleich zu einem chirurgisch angelegten Tracheostoma (Freeman et al., 2001; Muttini et al., 1999).

Desweiteren traten gegenüber der chirurgischen Tracheotomie weniger perioperative Komplikationen (z.B. Blutung oder Infektion des Tracheostoma) auf (Westphal et al., 1999; Griggs et al., 1991; Delaney et al., 2006; Muttini et al., 1999).

Die bettseitig auf der Intensivstation durchgeführte perkutane Dilatationstracheotomie (PDT) ist daher ein etabliertes Verfahren im Atemwegsmanagement beatmeter Intensivpatienten (Al-Ansari und Hijazi, 2006).

Unter Berücksichtigung einer mehrjährigen „Lernkurve“ kann die Komplikationsrate dieses Verfahrens von knapp 20% auf 6% gesenkt werden (Petros und Engelmann, 1997).

Aber auch perkutane dilatative Tracheotomieverfahren haben spezifische Risiken:

Gefährdung der Atemwegskontrolle bei der PDT: Während der PDT wird der Atemweg des Patienten üblicherweise durch einen Endotrachealtubus (ETT) gesichert. Dieser

muss zurückgezogen werden, bis der Cuff in Höhe der Glottis liegt (Ciaglia et al., 1985; Mercer und Manara, 1999). Es wird empfohlen, dass der Cuff des ETT entblockt wird und der Tubus (unter direkter laryngoskopischer Kontrolle) zurückgezogen wird, bis der Cuff oberhalb der Stimmbänder liegt. Der Cuff soll nun oberhalb der Stimmlippen erneut geblockt werden und sanft in die Glottisöffnung gedrückt werden (Worthley und Holt, 1999). Spätestens hier wird die sichere Kontrolle des Atemweges mit dem ETT aufgegeben. In dieser Position besteht die Gefahr einer Dislokation des ETT mit dem Risiko des Verlustes des Atemweges und der Gefahr einer Aspiration. Durch einen Assistenten muss der ETT in dieser Position gehalten werden, während die fiberoptische Kontrolle zur transtrachealen Punktion erfolgt. Bei diesem Vorgehen muss auch bei routinierten Anwendern in 7,4% mit einer akzidentellen Extubation gerechnet werden (Escarment et al., 2000).



Abb. 1: Gefährdung der Atemwegskontrolle bei der PDT durch Zurückziehen des ETT auf Glottisniveau

Schwierigkeiten bei fiberoptischer Kontrolle der PDT. Da die Glottis über einen ETT nicht endoskopisch dargestellt werden kann, ist es mitunter schwierig, die richtige Punktionshöhe zwischen dem zweiten und dritten Trachealring zu identifizieren. Die Länge des Larynx eines Erwachsenen beträgt zwischen 3,4 und 4,4 cm (Williams und Warwick, 1980). Die Länge des Cuffs eines ETT liegt bei etwa 3 cm und die Tubusspitze ragt etwa weitere 3 cm über den Cuff hinaus, so dass sowohl der Cuff als auch die Tubuswand bei der infraglottischen Punktion perforiert werden können. Die Lage des Cuffs des ETT im Bereich der Stimmlippen schützt nicht vor einer versehentlichen Punktion des Cuffs oder des Tubus. Je nach Untersucher ereignet sich diese Komplikation bei 7,5 – 11,1% der

durchgeführten Verfahren (Mercer und Manara, 1999; Ambesh und Kaushik, 1998; Gopinath und Murray, 1999; Hill, 1995; Mphanza et al., 1998).

Eine Beschädigung des Fiberbronchoskops ist ebenfalls möglich und ist mit einer Häufigkeit von rund 7% anzunehmen (Dosemeci et al., 2002).

So lagen die Wartungs- und Reparaturkosten der Fiberbronchoskope der 12-Betten Intensivstation des DRK Krankenhauses Neuwied jährlich zwischen 1000 und 9000 € pro Jahr. Etwa die Hälfte dieser Kosten ist auf Beschädigungen im Rahmen der bettseitig durchgeführten Tracheotomien unter endotrachealer Intubation zurückzuführen.

Gefahr der akzidentellen Hypoxie: Zwischen chirurgischer Tracheotomie und PDT besteht offensichtlich kein signifikanter Unterschied bezüglich Morbidität und Letalität (Freeman et al., 2000). Die temporäre Gefährdung des sicheren Atemweges bei der Durchführung der PDT birgt das Risiko einer Hypoxie und Aspiration. Verschiedenste Strategien zur Vermeidung dieser potenziellen Komplikationen sind zu diskutieren.

Ferraro et al. ersetzten 2004 vor der Dilatationstracheotomie den normalen ETT durch einen ungeblockten Tubus mit einem Innendurchmesser von 4 mm. Sie konnten hiemit unter Inkaufnahme einer milden Hyperkapnie die Patienten ventilieren und ausreichend oxygenieren. An diesem Tubus vorbei konnte somit translaryngeal bronchoskopiert werden. Ein Aspirationsschutz ist bei diesem Verfahren jedoch nicht gegeben.

Für den Fall, dass ein Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung bei einer akzidentellen Extubation auftritt, sollte die Möglichkeit zur sofortigen translaryngealen Reintubation bestehen. Für die Fälle, in denen dies versagt, sollte an die Möglichkeit einer Larynxmaske gedacht werden (Klasen et al., 2006).

Es gibt Argumente dafür, dass die Larynxmaske eine wesentliche Rolle bei der PDT spielen könnte und spielen sollte.

1.4 Einsatz der Larynxmaske während der PDT

Das Problem einer endotrachealen Fehlfunktion des liegenden Tubus kann bei Verwendung einer Larynxmaske zur supraglottischen Atemwegssicherung hingegen nicht auftreten. Die Larynxmaske wurde 1981 vom britischen Anästhesisten Archibald Brain als alternative Atemwegssicherung entwickelt. 1991 erfolgte die klinische Einführung der Larynxmaske in der Bundesrepublik Deutschland.

Zunächst wurde die Larynxmaske ausschließlich zur Atemwegssicherung bei Narkosen eingesetzt. 1994 wurde durch Tarpey erstmals eine Larynxmaske während einer perkutanen Dilatationstracheotomie verwendet. Es konnte gezeigt werden, dass ein zurückgezogener Tubus keinen sichereren Aspirationschutz bot als eine Larynxmaske (Tarpey et al., 1994).

Weiterführende Studien zeigten, dass die korrekte Punktionsschöhe endoskopisch bei Verwendung der Larynxmaske exakter feststellbar war als bei Verwendung eines Endotrachealtubus (Dexter, 1994).

Auch hinsichtlich Kohlendioxidelimination und Oxygenierung zeigten sich keine Unterschiede, wenn eine Larynxmaske zur Atemwegssicherung bei einer Punktionstracheotomie verwendet wurde (Gründling, 1998).

Nach mehreren Modifikationen der Larynxmaske wurde 1997 von Brain et al. die Intubationslarynxmaske entwickelt (Brain et al., 1997a). Der Vorteil gegenüber einer klassischen Larynxmaske bestand in der Möglichkeit mit einem normalen ETT (Innendurchmesser 7,0 – 7,5 mm) über die liegende Intubationslarynxmaske jederzeit endotracheal intubieren zu können. Weiterhin war bei der Insertion der Intubationslarynxmaske kein Überstrecken des Kopfes des Patienten notwendig und aufgrund der Einführhilfe war die Platzierung leichter als bei der klassischen Larynxmaske (Brain et al., 1997b).

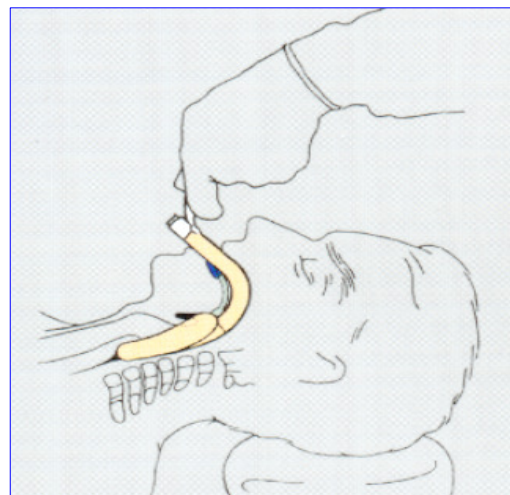
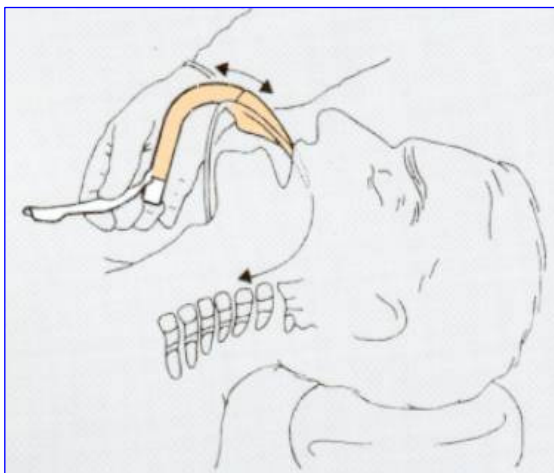


Abb. 2: Platzierungstechnik der ILMA

Zudem konnten Grenzwürker et al. 2003 im Tierversuch nachweisen, dass man bei der Beatmung mit einer Intubationslarynxmaske im Vergleich zu einer klassischen Larynxmaske bei erhöhtem intrathorakalem Druck höhere Tidalvolumen erreichen konnte.

1.5 Fragestellung

Bislang liegen jedoch nur Beobachtungsstudien vor, die eine Verwendung der Intubationslarynxmaske bei der Durchführung einer perkutanen Dilatationstracheotomie untersuchen (Verghese et al., 1998; Linstead et al., 2007). Hierbei könnte eine Intubationslarynxmaske nicht nur die Vorteile einer konventionellen Larynxmaske bieten (Brain et al., 1997a), sondern es besteht wegen der jederzeit möglichen endotrachealen Intubation über die ILMA auch noch ein zusätzliches Maß an Sicherheit.

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich daher in Form einer randomisierten prospektiven klinischen Studie mit der Anwendung der Intubationslarynxmaske als alternative Atemwegssicherung im Vergleich zum Endotrachealtubus während einer perkutanen dilatativen Tracheotomie.

Es soll untersucht werden, ob es zwischen der Tubus-Gruppe und der Intubationslarynxmasken-Gruppe Unterschiede gibt, bezüglich der Dauer der operativen Maßnahme, der Beatmungsparameter, der hämodynamischen Parameter und der Komplikationen.

Da es sich um eine Veränderung der Atemwegssicherung während der PDT handelt, wird ein besonderer Schwerpunkt auf die Untersuchung der Beatmungsparameter gelegt.

Schließlich soll die Frage beantwortet werden, welche Vor- und Nachteile eine Intubationslarynxmaske als Atemwegssicherung während einer perkutanen Dilatationstracheotomie im Vergleich zu einem Endotrachealtubus hat und ob ein Verfahren bevorzugt empfohlen werden kann.

2. Patienten und Methoden

2.1 Patienteneinschluss

Wir untersuchten 53 kritisch kranke Patienten der interdisziplinären Intensivstation des DRK Krankenhauses Neuwied in einer randomisierten prospektiven klinischen Studie über einen Zeitraum von 14 Monaten. Die Indikation zur bettseitigen perkutanen Dilatationstracheotomie war entweder eine Langzeitbeatmung oder ein zu erwartendes prolongiertes Weaning.

Als Ausschlusskriterien galten eine bestehende Schwangerschaft, Alter unter 18, vorbekannte schwierige Intubationsverhältnisse, Koagulopathie und das Fehlen der Einwilligung zur Durchführung der Maßnahmen (Patienteneinverständnis bzw. richterliche Zustimmung).

Somit konnten, nach Genehmigung der Studie durch die Ethikkommission der Universität Mainz und unter Einhaltung der revidierten Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes (1983) 53 Patienten in diese Studie eingeschlossen werden.

2.2 Übersicht des Studienablaufs und der verwendeten Verfahren

Alle Patienten waren endotracheal intubiert und kontrolliert beatmet. Bei männlichen Patienten wurde ein Tubus mit einem Innendurchmesser (I.D.) von 8 mm verwendet. Weibliche Patienten erhielten einen Tubus mit einem I.D. von 7,5 mm. Die Beatmung wurde druckkontrolliert durchgeführt mit den Respiratoren Servo 300 und Servo 900 (Siemens, Erlangen, Deutschland) bzw. mit biphasic positive airway pressure (BIPAP) durch die Beatmungsgeräte Evita 4 und Evita XL (Drägerwerk, Lübeck, Deutschland).

Wir verwendeten zur perkutanen Dilatationstracheotomie das perkutane Dilatations-Tracheotomie-Set mit 1-Schritt Dilatator mit Blue Line Ultra[®]-Tracheotomiekanüle und Einführhilfe (Smiths Medical ASD, Inc., Keene, United States of America).

Alle Tracheotomien wurden unter trachealer fiberoptischer Kontrolle (Olympus, Hamburg, Deutschland) durchgeführt. Hierzu wurden der Standardkonnektor des Endotrachealtubus bzw. der ILMA durch einen Universaladapter ausgetauscht, wodurch eine parallele Beatmung unter Fiberoptik möglich war.

Während des Eingriffs erfolgte ein kontinuierliches Monitoring mit EKG, invasiver Blutdruckmessung und Pulsoxymetrie.

Per Los wurden die Patienten in die Tubus- oder ILMA-Gruppe randomisiert.

2.3 Vorbereitungen

Zunächst erfolgte eine Vertiefung der Sedierung (angestrebte Sedierungstiefe vor Tracheotomie: Ramsay-Score 2-3) hin zur Narkose (angestrebter Ramsay-Score 5-6).

Hierzu wurden 2 mg Propofol (Disoprivan[®], Fresenius Kabi, Bad Homburg, Deutschland) pro kg Körpergewicht als Bolus verabreicht. Zusätzlich wurde als Bolus 1 µg pro kg Körpergewicht Sufentanil (Sufenta[®], Janssen-Cilag, Neuss, Deutschland) verabreicht.

Zur Relaxierung verwendeten wir 0,15 mg Cisatracurium (Nimbex[®], Glaxo Smith Kline, München, Deutschland) pro kg Körpergewicht.

Zur Aufrechterhaltung der Narkose wurde Propofol (12mg/kg/h) sowie Sufentanil (0,5 µg/kg/h) verabreicht.

Die Beatmung erfolgte mit einem Sauerstoffanteil von 100 %.

Der ausreichende Relaxationsgrad wurde mittels Relaxometrie (TOF-Watch, TOF-Ratio 0) (Innervator-Peripherer Nervenstimulator, Fisher und Paykel Electronics Ltd., Auckland, New Zealand) überprüft.

Im Anschluss wurden die Patienten auf den Rücken gelagert. Zur Reklination des Kopfes folgte das Unterpolstern der Schulterpartie durch ein Kissen.

Nach Umlagern der Patienten erfolgte eine endotracheale und oropharyngeale Absaugung der Patienten. Zusätzlich wurde die nasogastrale Sonde abgesaugt und in situ belassen.

2.3.1 Vorbereitungen bei Atemwegssicherung durch endotracheale Intubation (Tubus-Gruppe)

Zunächst wurde die Tubusfixierung gelöst und die manuelle Fixierung des Tubus durch einen zusätzlichen Helfer sichergestellt.

Einer der beiden beteiligten Ärzte begann nun mit einem 5mm-Bronchoskop (Olympus, Hamburg, Deutschland) durch den liegenden ETT die Bifurkation der Trachea aufzusuchen. Dann wurde der Tubus entblockt und über das liegende Bronchoskop auf knapp oberhalb Stimmritzen-Niveau zurückgezogen und leicht überblockt bis eine Beatmung ohne relevante Undichtigkeiten möglich war.

Der Tubus wurde in dieser Position durch den zusätzlichen Helfer bis zum Ende der Tracheotomie manuell fixiert.

Videoassistent identifiziert man nun fiberoptisch den Zwischenraum zwischen zweitem und drittem oder drittem und viertem Trachealknorpel. Eine Diaphanoskopie wurde angestrebt.

2.3.2 Vorbereitungen bei Atemwegssicherung mit Intubationslarynxmaske (ILMA-Gruppe)

Zur Evaluation einer möglicherweise notwendigen Reintubation wurde eine Laryngoskopie durchgeführt und der Befund nach Cormack (Cormack und Lehane, 1984) dokumentiert.

Es folgte die Insertion der ILMA nach der von Brain 1997 vorgesehenen Technik. Hierzu wurde der Kopf wieder kurzzeitig in eine Neutralstellung gebracht. Wir verwendeten die ILMA der Größe 4 für Patienten mit einem Gewicht zwischen 50 und 70 kg und die Größe 5 für Patienten mit einem Gewicht zwischen 70 und 100 kg. Die Blockung wurde nach Herstellerangaben durchgeführt (Größe 4 mit 30 ml Luft, Größe 5 mit 40 ml Luft, Cuffdruck von 60 cm H₂O).

Nach Insertion der ILMA wurde die Lage fiberoptisch über die ILMA kontrolliert. Zeigte sich hierbei eine gut sichtbare Glottisebene, wurde der ETT entfernt. Nach Blockung der ILMA begannen wir eine Beatmung mit den ursprünglich eingestellten Parametern.

Wir reduzierten den verwendeten Beatmungsspitzenndruck bis ein Tidalvolumen zwischen vier bis acht ml pro kg Körpergewicht resultierte.

Konnte nur ein Tidalvolumen kleiner als 4 ml pro kg Körpergewicht erreicht werden oder bestand eine große Differenz zwischen inspiratorischem und expiratorischem Tidalvolumen, wurden die Patienten aufgrund einer zu großen Leckage und einer zu erwartenden inadäquaten Beatmung elektiv via ILMA reintubiert. Dieses Patientenkollektiv wurde nach Normalisierung der Beatmungsparameter im Anschluß in der Tubus-Gruppe weitergeführt.

Anschließend wurde durch einen der beiden Ärzte fiberoptisch die Stimmritze und anschließend die Bifurkation sowie der Zwischenraum zwischen zweiter und dritter bzw. dritter und vierter Trachealspange identifiziert. Auch in der ILMA-Gruppe wurde eine Diaphanoskopie angestrebt.

Eine manuelle Sicherung der ILMA durch einen zusätzlichen Helfer war nicht notwendig, da aufgrund der anatomischen Passform die ILMA sich selbst im Hypopharynx fixiert.

2.4 Beschreibung der ILMA

Wir verwendeten ausschließlich die Intubationslarynxmaske LMA Fastrach® (The Laryngeal Mask Company Limited, Nicosia, Cyprus).

Die ILMA kann aus jeder Position beim Patienten platziert werden. Es ist sowohl möglich über die ILMA wie über eine klassische Larynxmaske zu beatmen als auch durch die ILMA tracheal zu intubieren ohne den Kopf oder Hals des Patienten dafür bewegen zu müssen. Außerdem kann während des Intubationsvorgangs eine Oxygenierung des Patienten durchgeführt werden.

Die ILMA besteht aus einem starren anatomisch geformten Tubus, der in einem Standardkonnektor von 15 mm mündet.

Sie ist so konzipiert, dass ein Endotrachealtubus mit Cuff und einem Innendurchmesser von 7,5 mm sicher kaudal der Stimmritze platziert werden kann.

Die ILMA ist mit einem starren Handgriff ausgestattet, womit sowohl eine Stabilisierung als auch eine Manövrierung möglich ist.

Am kaudalen Ende der ILMA befindet sich ein Epiglottisheber, der bei optimaler Lage der ILMA, beim Intubationsvorgang die Epiglottis anhebt.

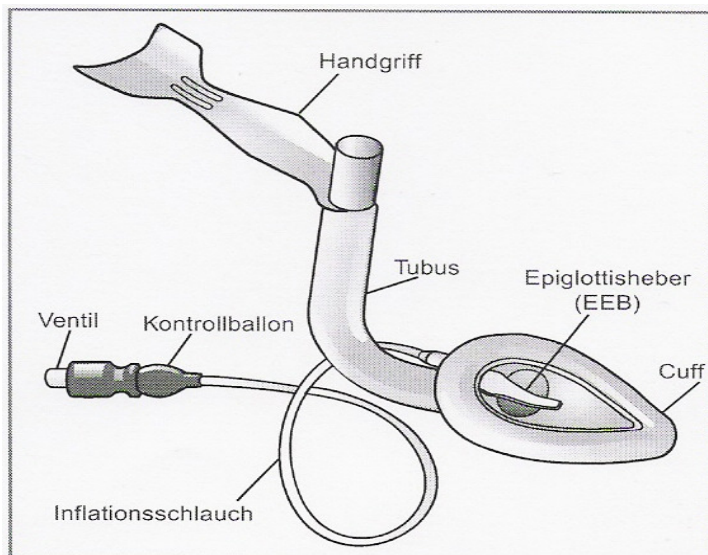


Abb. 3: Der Aufbau der Intubationslarynxmaske bestehend aus Handgriff, Tubus, Cuff und Inflationsschlauch mit Kontrollballon und Ventil

(LMA-Fastrach™ Anleitungshandbuch, The Laryngeal Mask Company Limited, 2002)

Die ILMA kann nach Herstellerangaben bis zu 40mal wiederaufbereitet werden. Cuff, Inflationsschlauch und Beschichtung sind aus Silikon angefertigt.

2.4.1 Vorbereiten der ILMA

Nach visueller Inspektion auf Beschädigungen oder Verunreinigungen folgte durch Entlüften und Blocken die Überprüfung des Cuffs und des Kontrollballons.

Der Cuff sollte annähernd die Form eines flachen Löffels annehmen, um ein Umschlagen der Maske beim Einführvorgang zu vermeiden.

Hierzu bietet sich am einfachsten die Verwendung des LMA Cuff-Deflators[®] an.

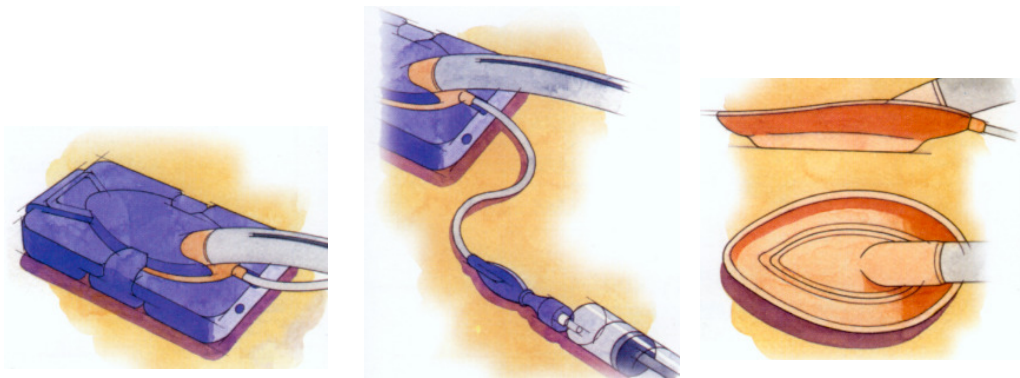


Abb. 4: Anwendung des LMA Cuff-Deflators[®] zur Vorbereitung der ILMA vor der Insertion
(LMA-Fastrach[™] Anleitungshandbuch, The Laryngeal Mask Company Limited, 2002)

Im Anschluss wurde ein wasserlösliches Gleitmittel (ca. 3-4 ml) (Endosgel[®], Farco-Pharma GmbH, Köln, Deutschland) auf die Spitze der posterioren Seite der ILMA appliziert.

2.4.2 Insertion der ILMA

Der Kopf und Hals des Patienten wurde in Neutralstellung positioniert, der Kopf wurde dabei nicht überstreckt.

Die ILMA wurde am Handgriff festgehalten.

Die Spitze der ILMA wurde hinter den oberen Schneidezähnen am harten Gaumen angelegt und nun entlang der festen Tubuskrümmung in den Larynx des Patienten mithilfe einer Rotationsbewegung eingeführt.

Während des Einführens wurde der Cuff der Maske fest gegen weichen Gaumen und Rachenhinterwand gedrückt, um ein Abknicken der Maskenspitze zu vermeiden.

Die Blockung erfolgte bis zu einem Cuffdruck von 60 cm H₂O.

Nun konnte der Patient manuell oder maschinell über den Standardkonnektor beatmet werden.

2.5 Durchführung der Tracheotomie

Der zweite beteiligte Arzt begann nach den vorbereitenden Maßnahmen unter sterilen Kautelen die chirurgische Hautdesinfektion (Cutasept G[®], Bode Chemie, Hamburg, Deutschland). Hierbei wurde das Gebiet zwischen Kinn, dem lateralen Ende der beiden Claviculae und dem unteren Drittel des Sternums desinfiziert.

Im Anschluß wurde das OP-Gebiet mithilfe steriler Tücher abgedeckt. Nach Ertasten des Ringknorpels folgte eine Lokalanästhesie in Infiltrationstechnik mit Articainhydrochlorid / Epinephrinhydrochlorid (Ultracain 1%-Suprarenin[®], Sanofi Aventis, Frankfurt, Deutschland) im Bereich der späteren Punktionsstelle.

Dieser Zeitpunkt wurde als Beginn der Tracheotomie dokumentiert.

Vor allen weiteren Operationsschritten folgte nun zunächst das Zurückziehen des Bronchoscops. Bei der Tubus-Gruppe wurde die Fiberoptik bis in das kaudale Ende des ETT zurückgezogen, bei der ILMA-Gruppe bis in das kaudale Ende der ILMA, so dass eine Betrachtung der Stimmritze weiter möglich war.

Mit einer mit Flüssigkeit (NaCl, Aqua destillata) gefüllten Spritze mit aufgesetzter 14 G Nadel einschließlich spezieller Kanüle wurde dann in der Mittellinie in leicht kaudaler Stichrichtung die Einführungsstelle der Trachea punktiert.

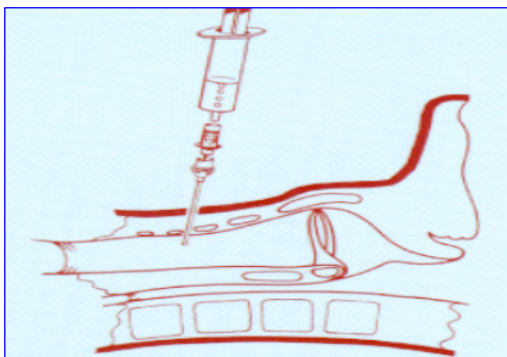


Abb. 5: Schematische Darstellung des Punktionsvorgangs und der Stichrichtung bei der Vorpunktion der Trachea während der PDT

Unter ständiger Aspiration wurden die Nadel und die Kanüle vorsichtig weiter vorgeschoben bis ein problemloses Aufziehen von Luft die korrekte Lage der Nadel und der Kanüle in der Trachea bestätigte.

Der endoskopierende Arzt suchte nun fiberoptisch die Nadel und Kanüle im Bereich der Trachea auf. Lag die Punktionsstelle nicht im Bereich zwischen zweiter und dritter oder dritter und vierter Trachealspange wurde der Punktionsvorgang nach erneutem Zurückziehen des Bronchoskops wiederholt. Ebenso wurde bei einer zu lateralen Trachealpunktion oder einer fiberoptisch nicht auffindbaren Nadel/Kanüle der Punktionsvorgang wiederholt.

Bei einwandfreier Punktion und eindeutiger bronchoskopischer Darstellung wurden Nadel und Spritze herausgezogen und die Kunststoffkanüle belassen.

Der J-förmige Seldinger-Führungsdraht wurde daraufhin über die Kanüle unter fiberoptischer Sicht in die Trachea eingeführt. Hierbei wurde der Führungsdraht so gehalten, dass das J-förmige Ende automatisch in Richtung Tracheabifurkation lief.

Alle im folgenden beschriebenen weiteren Arbeitsschritte wurden unter ständiger videobronchoskopischer Darstellung, und somit für alle an dem Eingriff beteiligten Personen sichtbar, durchgeführt.

Im nächsten Arbeitsschritt wurde die Kanüle über den liegenden Führungsdraht entfernt. Daraufhin wurde ein kurzer 14 French (Fr) Dilatator über den Führungsdraht eingeführt. Unter vorsichtigem Drehen wurde dieser Dilatator nun weiter vorgeschoben bis die Tracheavorderwand durchstoßen wurde. Danach wurde der kurze Dilatator wieder herausgezogen.

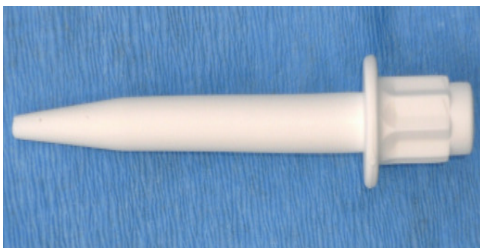


Abb. 6: Kurzer 14 Fr Dilatator zur Vorbougierung der Tracheavorderwand (Dilatations-Tracheotomie-Set mit 1-Schritt Dilatator mit Blue Line Ultra[®]-Tracheotomiekanüle und Einführhilfe, Smiths Medical ASD, Inc., Keene, United States of America)

Danach konnte der lange Führungskatheter über den Führungsdraht in die Luftröhre eingeführt werden. Der lange Führungskatheter besitzt eine Sicherheitssperre, die eine Begrenzung für den später einzusetzenden Dilatator darstellt. Die Sicherheitssperre sollte sich im Bereich des Hautniveaus befinden.

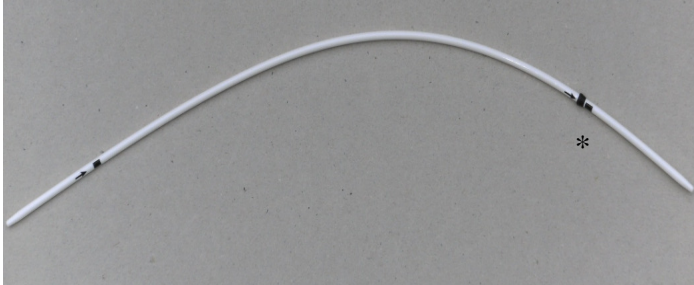


Abb. 7: Langer Führungskatheter zur Stabilisierung des Seldingerdrahts, rechts im Bild ist die Sicherheitssperre (*) zu erkennen (Dilations-Tracheotomie-Set mit 1-Schritt Dilatator mit Blue Line Ultra[®]-Tracheotomiekanüle und Einführhilfe, Smiths Medical ASD, Inc., Keene, United States of America)



Abb. 8: Ausschnittsvergrößerung aus Abbildung 7, vergrößert ist die Sicherheitssperre

Anschließend wurde mit einem Skalpell eine Hautinzision rechts und links des Führungsdrahts von je ca. 5 mm durchgeführt.

Der einstufige Dilatator wurde zur Aktivierung der Gleitbeschichtung in steriles Wasser oder Kochsalz getaucht.



Abb. 9: 1-Schritt Dilatator mit Gleitbeschichtung, der schwarze Balken in der Mitte des Dilatators darf nicht tiefer als Hautniveau eingeführt werden (Dilatations-Tracheotomie-Set mit 1-Schritt Dilatator mit Blue Line Ultra[®]-Tracheotomiekanüle und Einführhilfe, Smiths Medical ASD, Inc., Keene, United States of America)

Im Anschluss wurde die Einführhilfe, die speziell für die Portex[®] Blue Line Ultra[®] Tracheostomiekanüle entwickelt wurde, mit dieser verbunden und beide gleitfähig gemacht.



Abb. 10: Oben im Bild die Portex[®] Blue Line Ultra[®] Tracheostomiekanüle und darunter die spezielle Einführhilfe (Dilatations-Tracheotomie-Set mit 1-Schritt Dilatator mit Blue Line Ultra[®]-Tracheotomiekanüle und Einführhilfe, Smiths Medical ASD, Inc., Keene, United States of America)

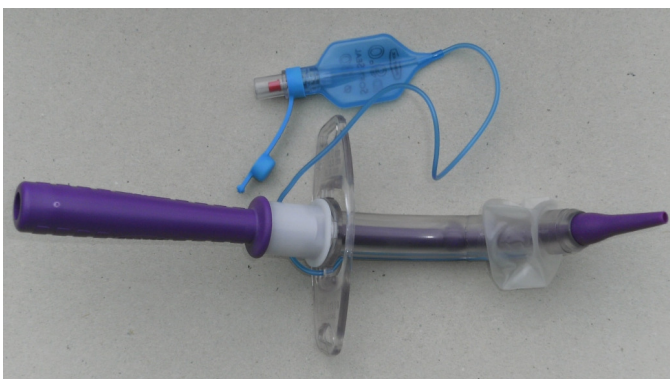


Abb. 11: Einführhilfe und Tracheostomiekanüle als verbundene Einheit

Dann wurde der einstufige Dilatator über den Führungsdraht geschoben bis er die Sicherheitssperre erreichte.



Abb. 12: 1-Schritt-Dilatator als Einheit mit dem langen Führungskatheter (Dilatations-Tracheotomie-Set mit 1-Schritt Dilatator mit Blue Line Ultra®-Tracheotomiekanüle und Einführhilfe, Smiths Medical ASD, Inc., Keene, United States of America)

Nun wurde der Dilatator unter gleichbleibendem leichtem Druck unter Stabilisierung des Führungsdrahtes und –katheters mehrmals in die Trachea eingeführt und wieder ein Stück herausgezogen. Dies sollte zu einer leichten Überdehnung der Trachea führen. Hierbei war darauf zu achten, dass die mit einem schwarzen Balken gekennzeichnete maximale Einführtiefe des Dilatators nicht tiefer als das Hautniveau platziert wurde, um eine Verletzung der Tracheahinterwand zu vermeiden.

Anschließend wurde der Dilatator aus dem nun entstandenen Tracheostoma herausgezogen und der Führungsdraht und –katheter belassen. Die zuvor wie oben beschrieben vorbereitete Tracheostomiekanüle konnte letztlich über den Führungskatheter mit einer leichten Drehbewegung in das Stoma eingeführt werden. Nach Platzierung musste die Trachealkanüle fixiert werden, um die Einführhilfe, den Führungskatheter und –draht in einer bogenförmiger Bewegung nach kaudal herausziehen zu können.

Daraufhin führte der endoskopierende Arzt die Fiberoptik in die nun liegende Trachealkanüle ein. Es konnte somit die korrekte Lage dokumentiert werden und eventuell heruntergelaufenes Blut unmittelbar aus dem Bronchialsystem abgesaugt werden.

Schließlich wurde nach Blockung der Trachealkanüle das Beatmungsgerät an den 15-mm Standardkonnektor angeschlossen und der Sauerstoffanteil der Inspirationsluft wurde wieder auf den ursprünglichen Wert reduziert.

2.6 Durchführung der Blutgasanalysen

Zu Beginn der Tracheotomie (Zeitpunkt der Applikation des Lokalanästhetikums) und zum Ende der Tracheotomie (Platzierung der Trachealkanüle) wurde durch einen zusätzlichen Helfer eine arterielle Blutgasanalyse abgenommen.

Es wurden unmittelbar nach Abnahme der pH-Wert, der Kohlendioxidpartialdruck, der Sauerstoffpartialdruck, der Base Excess und das Standardbikarbonat gemessen (ABL 700-Serie, Radiometer, Kopenhagen, Dänemark).

2.7 Dokumentation der Beatmungsparameter und der hämodynamischen Parameter

Zu den gleichen Zeitpunkten wie oben beschrieben wurde der systolische, der diastolische und der mittlere arterielle Blutdruck dokumentiert.

Ebenfalls wurden das in- und expiratorische Tidalvolumen, das expiratorische Atemminutenvolumen und der Beatmungsspitzenruck dokumentiert.

2.8 Statistik

Als Kennziffern der beschreibenden Statistik wurden Mittelwerte \pm Standardabweichung (S.D.) bei normalverteilten Variablen berechnet. Zusätzlich wurden Minimum und Maximum sowie die Spannweite angegeben.

Die Normalverteilung wurde mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests nachgewiesen.

Die Analyse von Gruppenunterschieden wurde mit Hilfe des Man-Whitney-U Tests durchgeführt.

Als Signifikanzniveau (p) wurde ein Wert von $<0,05$ festgelegt.

Verwendete Software: Prism Graphpad 5.0 Software, San Francisco, United States of America; Microsoft Office 2003, Microsoft Corporation, Redmond, United States of America.

3. Ergebnisse

3.1 Demographische und biometrische Daten

Es wurden insgesamt 53 kritisch kranke Patienten der interdisziplinären Intensivstation des DRK Krankenhauses Neuwied in die Studie eingeschlossen.

27 Patienten wurden in die Tubus-Gruppe und 26 Patienten in die ILMA-Gruppe randomisiert.

Der Vergleich der biometrischen und demographischen Ergebnisse ergab keine signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 2).

		Tubus-Gruppe (n = 27)	ILMA-Gruppe (n = 26)
Alter [Jahre]	Mittelwert	71	65
	Standardabweichung	± 9	± 13
	Spannweite	50 – 89	37 – 86
BMI [kg/m ²]	Mittelwert	28	27
	Standardabweichung	± 3	± 3
	Spannweite	23 – 36	23 – 33
	Frauenanteil (%)	22,3	19
	Männeranteil (%)	77,7	81

Tab. 2: Demographische und biometrische Daten und geschlechtsspezifische Verteilung der Tubus- und der ILMA-Gruppe

3.2 Klinische Daten

3.2.1 Tubus-Gruppe

Die Patienten der Tubus-Gruppe hatten als häufigste Hauptdiagnose entweder eine Pneumonie (33,3%) oder litten an kardialen Ereignissen (Herzinfarkt, kardiale Dekompensation, Zustand nach kardiopulmonaler Reanimation) (33,3%). Weitere Diagnosen waren Peritonitis (18,5%), Apoplex (11,1%) sowie Enzephalitis (3,7%). Die durchschnitt-

liche Verweildauer auf der Intensivstation lag bei diesen Patienten bei 24,4 (\pm 2,6) Tagen. Die PDT wurde im Durchschnitt am 9. Tag des Intensivaufenthaltes durchgeführt.

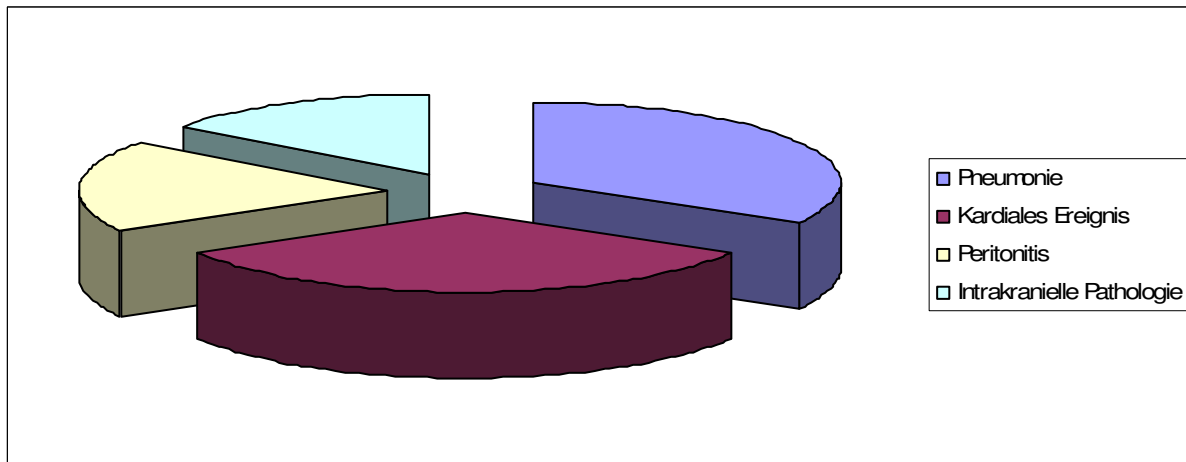


Abb. 13: Darstellung der relativen Häufigkeiten der Hauptdiagnosen der Tubus-Gruppe

3.2.2 ILMA-Gruppe

In der ILMA-Gruppe war die häufigste Hauptdiagnose die Pneumonie (38,5%), gefolgt von der Peritonitis (34,6%).

Weitere Hauptdiagnosen waren in dieser Gruppe kardiale Ereignisse (Herzinfarkt, kardiale Dekompensation, Zustand nach kardiopulmonaler Reanimation) (15,4%), ein rupturiertes Bauchaortenaneurysma (3,8%), ein Schädel-Hirn-Trauma (3,8%) und eine intrazerebrale Blutung (3,8%). Die durchschnittliche Verweildauer auf der Intensivstation lag bei diesen Patienten bei 23,8 (\pm 2,6) Tagen. Die PDT wurde auch in dieser Gruppe im Durchschnitt am 9. Tag des Intensivaufenthaltes durchgeführt.

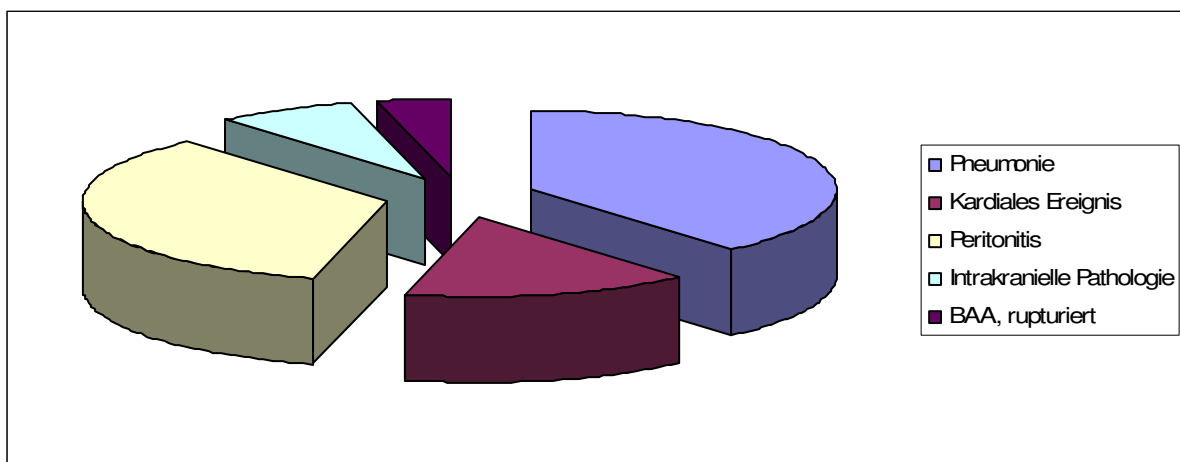


Abb. 14: Darstellung der relativen Häufigkeiten der Hauptdiagnosen der ILMA-Gruppe

3.2.3 Beatmungsrelevante Nebendiagnosen

Als beatmungsrelevante Nebendiagnosen wurden pulmonale Erkrankungen erfasst, die schon vor der eigentlichen intensivpflichtigen Krankheit bestanden. Auf Grund dieser Nebendiagnosen wurde eine erschwerte Entwöhnung von der Beatmungsmaschine erwartet.

Beatmungsrelevante Nebendiagnosen waren die chronisch obstruktive Lungenerkrankung, das Lungenemphysem und die Lungenfibrose.

In der Tubusgruppe bestand bei zwölf Patienten (44,4%) eine beatmungsrelevante Nebendiagnose. In der ILMA-Gruppe war dies bei elf Patienten (42,3%) der Fall.

3.3 Insertion der ILMA

Die Insertion der ILMA gelang bei allen Patienten zunächst problemlos.

Bei sieben Patienten (26,9%) war nach Umlagern zur optimalen Identifizierung der relevanten anatomischen Strukturen (Reklination des Kopfes) eine ausreichende Ventilation über die ILMA aufgrund einer zu großen Leckage nicht mehr möglich.

Es folgte die orotracheale Reintubation mit Hilfe der ILMA, wobei die korrekte Tubuslage unmittelbar bronchoskopisch kontrolliert wurde. Hierbei gelang die Intubation der Trachea via ILMA in allen sieben Fällen.

Im Anschluss wurde dieses Patientenkollektiv nach Normalisierung der Beatmungsparameter in der Tubusgruppe mitgewertet.

3.4 Dauer des operativen Eingriffs

Die Dauer des operativen Eingriffs wurde mit Hilfe einer Stoppuhr erfasst. Als Beginn der Maßnahme wurde die Applikation des Lokalanästhetikums festgelegt. Das Ende der Tracheotomie kennzeichnete unmittelbar die Insertion der Trachealkanüle.

In der Tubus-Gruppe dauerte die Maßnahme durchschnittlich 12,7 (\pm 6,9) Minuten und in der ILMA-Gruppe 10,7 (\pm 5,1) Minuten. Hierbei zeigte sich kein signifikanter statistischer Unterschied.

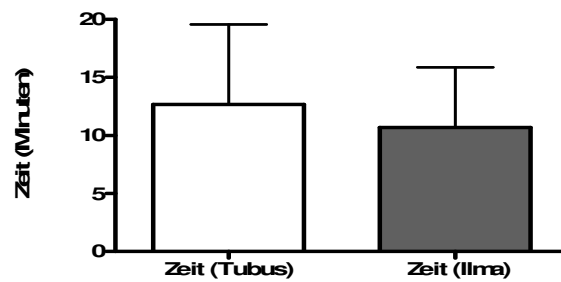


Abb. 15: Die Dauer der Tracheotomie dargestellt als Mittelwert und Standardabweichung (weiß = Tubus-Gruppe, grau = ILMA-Gruppe)

3.5 Beatmungsparameter

Expiratorisches Atemminutenvolumen, Sauerstoffsättigung, maximaler Beatmungsdruck sowie der arterielle Partialdruck von Sauerstoff und Kohlendioxid wurden zu Beginn und zum Ende der Tracheotomie bestimmt.

3.5.1 Expiratorisches Atemminutenvolumen

Das expiratorisch gemessene Atemminutenvolumen betrug in der Tubus-Gruppe zu Beginn der Maßnahme $3,9 (\pm 2,2)$ l/min und am Ende $4,2 (\pm 2,8)$ l/min ($p = 0,99$).

In der ILMA-Gruppe zeigte sich anfangs ein expiratorisches Atemminutenvolumen von $4,8 (\pm 3,6)$ l/min und am Ende eines von $2,9 (\pm 3,0)$ l/min ($p = 0,0536$).

Hierbei zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

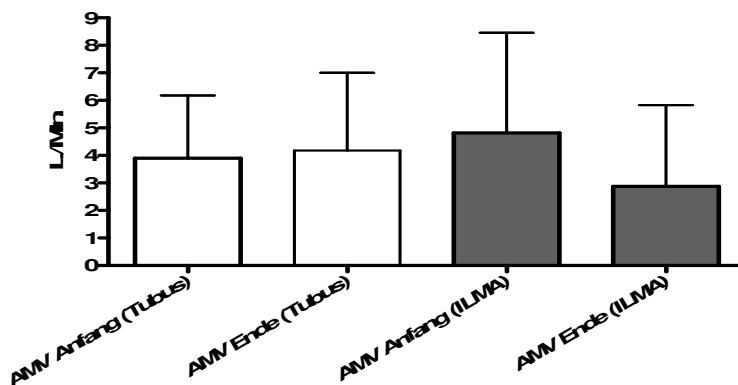


Abb. 16: Das expiratorische Atemminutenvolumen zu Beginn und zum Ende der Tracheotomie dargestellt als Mittelwerte und Standardabweichungen (weiß = Tubus-Gruppe, grau = ILMA-Gruppe)

3.5.2 Sauerstoffsättigung

Die Sauerstoffsättigung war sowohl zwischen beiden Gruppen als auch im Vergleich mit Anfang und Ende ohne signifikanten Unterschied. In der Tubus-Gruppe betrug die Sauerstoffsättigung am Anfang 98,7 ($\pm 0,9$) % und am Ende 98,5 ($\pm 1,6$) %.

Ähnliche Werte ergaben sich in der ILMA-Gruppe: zu Beginn 98,7 ($\pm 1,8$) % und am Ende 98,4 ($\pm 2,2$) %.

3.5.3 Beatmungsspitzenruck

Statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich in der Betrachtung des Spitzenrucks der Beatmung ($p = 0,01$).

In der Tubusgruppe wurden durchschnittliche Spitzenrücke von 27,6 ($\pm 5,6$) mmHg gemessen, der höchste Druck lag bei 43 mmHg und der niedrigste bei 14 mmHg.

In der ILMA-Gruppe konnten signifikant niedrigere Spitzenrücke beobachtet werden. Hier lag der gemittelte Spitzenruck bei 24,1 ($\pm 5,4$) mmHg (Maximum: 34 mmHg, Minimum: 14 mmHg).

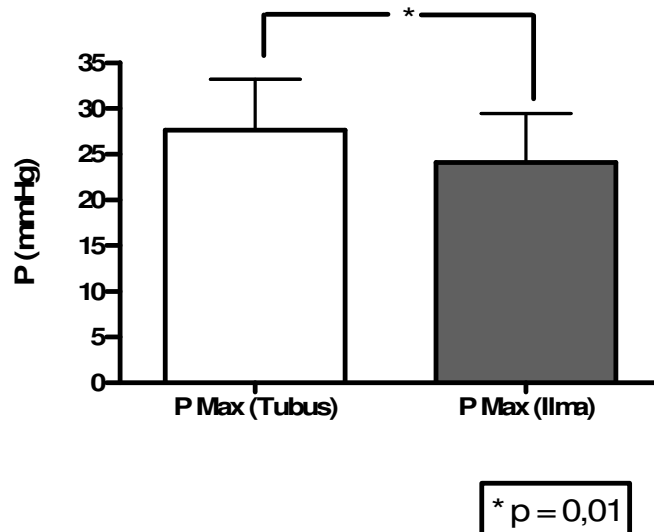


Abb. 17: Die Beatmungsspitzenrücke dargestellt als Mittelwert und Standardabweichung (weiß = Tubus-Gruppe, grau = ILMA-Gruppe)

3.5.4 Sauerstoffpartialdruck

Der Sauerstoffpartialdruck der Tubus-Gruppe war zu Beginn der Maßnahme bei 327,6 ($\pm 129,1$) mmHg und am Ende bei 310,9 ($\pm 136,2$) mmHg.

In der ILMA-Gruppe wurden am Anfang Werte von 338,9 ($\pm 106,6$) mmHg und am Ende Werte von 323,5 ($\pm 123,4$) mmHg gemessen.

Weder zwischen beiden Gruppen noch im Vergleich zwischen Anfang und Ende der einzelnen Gruppe zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede.

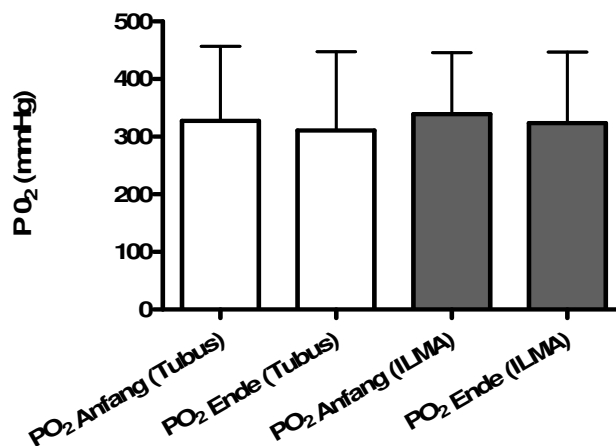


Abb. 18: Der Sauerstoffpartialdruck zu Beginn und zum Ende der Tracheotomie dargestellt als Mittelwerte und Standardabweichungen (weiß = Tubus-Gruppe, grau = ILMA-Gruppe)

3.5.5 Kohlendioxidpartialdruck

In der Tubus-Gruppe waren die gemessenen CO₂-Werte zu Beginn der Tracheotomie bei 55,7 (± 18) (Maximum 105, Minimum 32) mmHg und am Ende bei 68,7 ($\pm 24,6$) (Maximum 126, Minimum 36) mmHg.

Dies war ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,03$).

In der ILMA-Gruppe konnten zu Beginn der Maßnahme CO₂-Werte von 57,3 ($\pm 16,3$) (Maximum 98, Minimum 31) mmHg und am Ende von 64,4 ($\pm 20,2$) (Maximum 137, Minimum 35) mmHg ermittelt werden.

Hierbei zeigte sich keine statistische Signifikanz. Ebenso waren die Vergleichsanalysen zwischen der Tubus- und ILMA-Gruppe statistisch nicht signifikant.

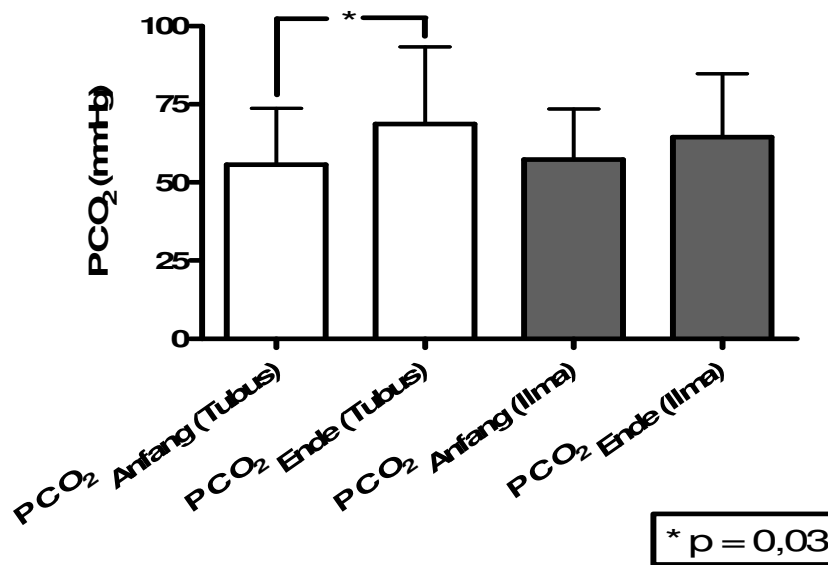


Abb. 19: Der Kohlendioxidpartialdruck zu Beginn und zum Ende der Tracheotomie dargestellt als Mittelwerte und Standardabweichungen (weiß = Tubusgruppe, grau = ILMA-Gruppe)

3.6 Hämodynamische Parameter

Analog zu den Beatmungsparametern wurde zu Beginn und zum Ende der Tracheotomie der mittlere arterielle Druck protokolliert.

Hier ergaben sich keinerlei statistisch signifikanten Unterschiede. In der Tubus-Gruppe wurde zu Beginn der Tracheotomie ein mittlerer arterieller Druck von 96,9 (\pm 25,8) mmHg und am Ende von 93,0 (\pm 24,4) mmHg gemessen.

In der ILMA-Gruppe zeigten sich leicht erniedrigte Werte: am Anfang 86,2 (\pm 21,6) mmHg und zum Ende 85,3 (\pm 20,2) mmHg.

3.7 Komplikationen und technische Probleme

Zwei Patienten der ILMA-Gruppe mussten innerhalb von 36 Stunden nach der Tracheotomie aufgrund eines undichten Cuffs der Trachealkanüle wieder orotracheal reintubiert werden.

Bei zwei Patienten der ILMA-Gruppe und einem Patienten der Tubus-Gruppe kam es an der Insertionsstelle der Trachealkanüle zu einer subkutanen Blutung, die jeweils durch Kompression erfolgreich behandelt werden konnte.

Während der Eingriffe traten keine lebensbedrohlichen Komplikationen auf (z. B. transfusionspflichtige Blutung, Verletzung der Hinterwand der Trachea, Unmöglichkeit der Beatmung, paratracheale Insertion der Trachealkanüle, Pneumothorax, Pneumomediastinum). Ebenso kam es in keinem Fall zu einer Aspiration von Mageninhalt oder zu einer gastralen Überblähung.

In allen Fällen beider Gruppen konnte mit Hilfe der Tracheoskopie die Punktionsstelle zwischen der zweiten und dritten bzw. dritten und vierten Trachealspange identifiziert werden.

In der ILMA-Gruppe konnte bei jedem Patienten bronchoskopisch die Stimmritzebene sicher dargestellt werden.

In keinem Fall wurde das Bronchoskop beschädigt.

Bei vier Patienten der Tubus-Gruppe wurde beim ersten Punktionsversuch der Tubus punktiert. Nach nochmaliger Korrektur der Position des Endotrachealtubus gelang die korrekte Punktion der Trachea. Eine Punktion des Cuffs wurde nicht beobachtet.

In der Tubus-Gruppe wurde der Eingriff durch zwei Ärzte, eine Pflegekraft und eine zusätzliche Person zur manuellen Tubusfixierung durchgeführt.

In der ILMA-Gruppe konnte bei der Tracheotomie auf die zusätzliche Person verzichtet werden.

Ein Verlust des Atemwegs ergab sich in keinem der Fälle.

Die sieben Patienten, die nach initialer Plazierung der ILMA wegen zu großer Leckage wieder mit einem Endotrachealtubus reintubiert werden mussten, zeigten keinen relevanten Abfall der Sauerstoffsättigung und konnten problemlos elektiv vor Beginn des eigentlichen Eingriffs über die ILMA reintubiert werden.

4. Diskussion

In der hier vorliegenden prospektiven klinischen Studie wurde die Intubationslarynxmaske als alternativer Atemweg zum Endotrachealtubus während der perkutanen dilatativen Tracheotomie untersucht.

Es konnten insgesamt 53 Patienten in die Studie einbezogen werden. Hiervon wurden 27 Patienten in die Tubus-Gruppe und 26 in die ILMA-Gruppe randomisiert.

Die Intubationslarynxmaske stellt nach den hier vorgelegten Untersuchungen eine wichtige Alternative zur Atemwegskontrolle bei der PDT auf der Intensivstation dar. Methodische Probleme sprechen allerdings gegen eine uneingeschränkte Empfehlung dieses Verfahrens als zu bevorzugende Methode der Atemwegssicherung im Rahmen der PDT bei Intensivpatienten.

4.1 Demographische und biometrische Daten

Die Altersstruktur der untersuchten Patienten repräsentiert die allgemeine Altersverteilung der Patienten der interdisziplinären Intensivstation des DRK Krankenhauses. Der Altersdurchschnitt aller behandelten Patienten lag in dem untersuchten Zeitraum bei 67 (± 15) Jahren und unterschied sich somit nicht signifikant von den untersuchten Patientengruppen.

Es zeigte sich im Mittel ein BMI, der größer als 25 kg/m² war. Mehr übergewichtige als normalgewichtige Patienten wurden demzufolge in die Studie eingeschlossen. Die erfolgreiche Anwendung der ILMA wurde auch bei krankhafter Adipositas in einer kontrollierten Studie unter Beweis gestellt. Während bei einem BMI über 26 kg/m² die Inzidenz einer schwierigen Maskenbeatmung um den Faktor drei erhöht ist und die Inzidenz einer schwierigen endotrachealen Intubation sogar um den Faktor 10 ansteigt, gelingt die Platzierung der ILMA auch bei adipösen Patienten mit der gleichen Erfolgsrate wie bei normalgewichtigen Patienten (Langeron et al., 2000; Voyagis et al., 1998; El-Ganzouri et al., 1996; Frappier et al., 2003).

Desweiteren konnten in beiden Gruppen wesentlich weniger weibliche als männliche Patienten miteinbezogen werden (11 Frauen versus 42 Männer).

4.2 Krankheitsdaten

Die meisten Patienten litten an internistischen bzw. pulmonalen Vorerkrankungen. Ähnlich häufig wurden allgemeinchirurgische Patienten in die Studie integriert. Aufgrund der Struktur des Krankenhauses, in dem schwerpunktmäßig internistische und allgemeinchirurgische Patienten behandelt werden, fehlt die Gruppe der traumatologisch und neurochirurgisch erkrankten Patienten fast völlig.

Sehr hoch war auch der Anteil der Patienten (44,4 % in der Tubus-Gruppe und 42,3 % in der ILMA-Gruppe), der an beatmungsrelevanten Nebendiagnosen (z. B. COPD, Lungenemphysem und/oder Lungenfibrose) litt. Eine wesentliche Indikation für die PDT war entsprechend eine zu erwartende prolongierte oder problematische Entwöhnung von der Beatmung.

4.3 Insertion der ILMA

Bei allen Patienten der ILMA-Gruppe konnte die ILMA problemlos platziert werden. Klinische Untersuchungen konnten bestätigen, dass die ILMA sowohl von ungeübten Anwendern als auch bei Patienten mit schwierigen Atemwegen mit einer hohen Erfolgsrate platziert werden kann (Choyce et al., 2001; Ferson et al., 2001).

Sieben Patienten mussten nach Reklination des Kopfes wieder reintubiert werden, da aufgrund einer zu großen Leckage keine ausreichende Ventilation mehr möglich war. Dies war mit 26,9% ein relativ großer Anteil.

In einer ähnlichen Studie von Linstedt et al. aus dem Jahre 2007 mussten nur 5% der Patienten reintubiert werden. Der Anteil der Patienten, die Schwierigkeiten bei der Beatmung via ILMA aufwiesen lag aber auch in dieser Studie bei 21%.

Verghese et al. konnten in ihrer Studie 1998 bei zehn Patienten die ILMA als effektive und erfolgreiche Atemhilfe während einer Dilatationstracheotomie einsetzen.

Auf Grund der Daten einer kontrollierten Vergleichsstudie 2002 hielten Ambesh et al. die Standard-Larynxmaske für nicht geeignet zur Atemwegskontrolle bei der PDT. Kritisch bleibt bei dieser randomisierten Studie jedoch anzumerken, dass zum einen die Größe der verwendeten Larynxmasken (#3 für Frauen und #4 für Männer) möglicherweise nicht adäquat war, eine bronchoskopische Kontrolle nicht durchgeführt wurde und sowohl Sedierung und Relaxation offensichtlich knapp dosiert waren.

In unserer Studie verzichteten wir bei Beatmungsproblemen ebenso auf eine erneute fiberoptische Lagekorrektur der ILMA und führten stattdessen unmittelbar eine Reintubation durch. Linstead et al. führten eine solche Lagekorrektur bei den Patienten mit Beatmungsschwierigkeiten durch. Dadurch konnten 14 von 18 Patienten weiter mit ILMA beatmet werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass auch in unserer Studie durch eine entsprechende bronchoskopische Korrektur der ILMA der Anteil der reintubierten Patienten hätte reduziert werden können.

Im anästhesiologisch klinischen Einsatz ist mit der Intubationslarynxmaske in rund 5% der Fälle mit Ventilationsproblemen zu rechnen (Baskett et al., 1998). Trotz der bestehenden Ventilationsprobleme kam es in keinem Fall zu einem signifikanten Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung. Der hohe Anteil von Ventilationsproblemen mit der ILMA in der vorliegenden Untersuchung liegt sehr wahrscheinlich an der Lagerung des Oberkörpers mit maximaler Reklination des Kopfes. Die starre Kurvatur der ILMA beeinträchtigt möglicherweise den perilaryngealen dichten Sitz der ILMA bei Manipulation des Kopfes weg von der Neutralposition in die Reklinationsstellung (Agrò et al., 1998).

Mit einer ILMA ist in Neutralposition des Kopfes ein dichter perilaryngealer Sitz zu erreichen als mit einer Standardlarynxmaske. Der Verschlussdruck („just seal pressure“) liegt bei der ILMA bei 30 cm H₂O, bei der Standardlarynxmaske ist dieser Verschlussdruck mit 23 cm H₂O signifikant niedriger (Keller und Brimacombe, 1999). In der gleichen Untersuchung konnten die Autoren zeigen, dass durch die ILMA signifikant häufiger die Epiglottis nach unten gedrückt wird und somit der Atemweg partiell verlegt werden kann. Durch das sogenannte „Chandy-Manöver“ kann eine Aufrichtung der Epiglottis erreicht werden und die Ventilation verbessert werden (Abb. 20).

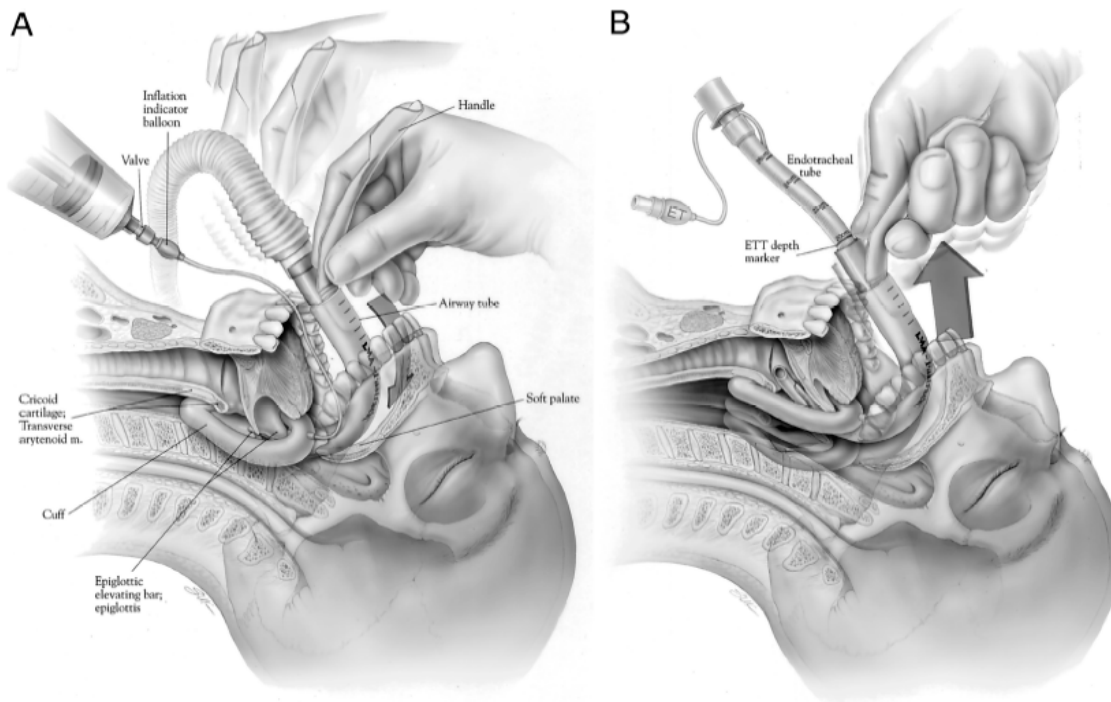


Abb. 20: Schematische Darstellung des Chandy-Manövers. A. Sanfte Rotation der ILMA in der Sagittalebene. B. Sachtes Abheben der ILMA von der hinteren Pharynxwand (Ferson et al., 2001)

Durch die Reklination des Kopfes erscheint es zudem möglich, dass der distale Anteil des Cuffs der ILMA die Region der Arytenoidknorpel nach ventral verlagert und somit den Atemweg in Höhe der Glottis einengen kann (Seto et al., 1998).

Nicht untersucht wurde in der vorliegenden Arbeit, ob eventuell die Wahl einer größeren oder kleineren ILMA zu einem dichteren Sitz und somit zu einer Verringerung der Ventilationsprobleme geführt hätte.

Ein Glottisschluss als mögliche Ursache der Ventilationsprobleme erscheint ausgeschlossen, da die Patienten relaxiert waren und die vollständige Muskelrelaxation durch einen Nervenstimulator in allen Fällen verifiziert wurde.

Patienten, die längere Zeit translaryngeal intubiert sind, haben mitunter ein beträchtliches Ödem im Bereich der oberen Atemwege. Dies kann die Sicherung eines effektiven supraglottischen Atmweges erschweren. In der hier vorliegenden Studie waren die Patienten durchschnittlich neun Tage lang translaryngeal intubiert, bevor die PDT durchgeführt wurde. Wäre diese Zeitspanne kürzer gewesen, wäre die Ventilation via ILMA wahrscheinlich bei einer größeren Anzahl erfolgreich gewesen.

Die ProSeal[®]-Larynxmaske (PS-LMA) ist in dieser Situation der ILMA möglicherweise überlegen, da die perilaryngeale Abdichtung mit der PS-LMA höheren Atemwegsdrücken stand hält als die ILMA (Cook et al., 2003).

Craven et al. untersuchten 2003 23 Patienten, die während einer Dilatationstracheotomie mit einer PS-LMA beatmet wurden. Auch in dieser Studie konnten alle Patienten adäquat ventiliert werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass eine PS-LMA sich zwar in der Form mit einer ILMA vergleichen lässt, hinsichtlich der Möglichkeit der Blockung und Magensondierung Unterschiede aufweist. Durch ein zusätzliches Lumen der PS-LMA kann eine Magensonde platziert werden und es besteht eine andere Cuffstruktur. Dadurch ermöglicht die PS-LMA einen dichteren perilaryngealen Sitz (höherer „just seal pressure“) und ermöglicht somit eine verlässliche Ventilation auch bei Patienten mit erniedrigter Compliance der Lunge (Brain et al., 2000; Cook et al., 2002).

Außerdem kann von einem verbesserten Aspirationsschutz ausgegangen werden.

Das Fehlen einer Verstrebung (Epiglottis-Heber) in der Mündung der PS-LMA bietet einen weiteren Vorteil, indem die fiberoptische Beobachtung nicht beeinträchtigt wird.

Zusammenfassend lässt sich aus unseren Erfahrungen berichten, dass die ILMA bei unserem Patientenkollektiv einfach zu platzieren war und eine Beatmung in Normalposition des Kopfes in allen Fällen problemlos möglich war. Sollten sich nach Reklination des Kopfes Beatmungsprobleme ergeben, erscheint eine bronchoskopische Lagekorrektur der ILMA und eventuell eine Änderung der Größe der ILMA sinnvoll.

4.4 Dauer des operativen Eingriffs

Bei Verwendung der ILMA dauerte die PDT durchschnittlich 10,7 (\pm 5,1) Minuten. Bei endotracheal intubierten Patienten wurden durchschnittlich 12,7 (\pm 6,9) Minuten benötigt. Aufgrund der relativ weiten Streuung der Einzelwerte war dieser Unterschied nicht signifikant und ist daher allenfalls als Tendenz zu interpretieren, die in anderen Studien bestätigt wurde.

Dosemeci et al. verglichen 2002 eine Standardlarynxmaske als alternativen Atemweg während einer Dilatationstracheotomie mit einem Endotrachealtubus. Hierbei konnte ein signifikanter Zeitgewinn zu Gunsten der Larynxmaske nachgewiesen werden.

Nach unserer Meinung resultiert dieser Zeitgewinn aus einigen Vorteilen der Larynxmaske.

Während in der Tubus-Gruppe der Endotrachealtubus zurückgezogen und dann durch einen zusätzlichen Helfer fixiert werden muss, um bronchoskopisch eine anatomische Orientierung zu gewährleisten, entfällt dieser Schritt in der ILMA-Gruppe.

Auch muss gegebenenfalls mehrmals zeitaufwendig die Tubusposition korrigiert werden, damit die anatomische Übersicht überhaupt gewährleistet ist.

Da das distale Ende der Larynxmaske nicht in der Trachea, sondern im Larynx platziert ist, resultiert in der Regel während einer Bronchoskopie durch die Larynxmaske von vornherein eine eindeutige anatomische Übersicht und Orientierung.

Zu bedenken ist aber, dass die gemessene Operationszeit immer eine äquivalente Schnitt-Naht Zeit ist. Insgesamt bleibt also die Zeit, die initial verbraucht wurde, um den Endotrachealtubus gegen die Larynxmaske auszutauschen, nicht berücksichtigt.

4.5 Atemminutenvolumen, Sauerstoffpartialdruck, Kohlendioxidpartialdruck und Bronchoskopie während der PDT

In der hier vorliegenden Studie zeigte sich in der Tubus-Gruppe ein leicht ansteigendes Atemminutenvolumen während der Durchführung der Tracheotomie. Hingegen fiel in der ILMA-Gruppe das Minutenvolumen tendenziell ab.

Die eigentlichen „Erfolgsparameter“ einer Beatmung ergaben jedoch konträre Ergebnisse: Der Sauerstoffpartialdruck fiel in beiden untersuchten Gruppen zwar leicht ab, wurde jedoch im Mittel immer über 300 mmHg gemessen. Der Kohlendioxidpartialdruck war zu Beginn der Tracheotomie in beiden Patientenkollektiven im Mittel schon höher als der Normwert (Tubus-Gruppe: $55,7 \pm 18$ mmHg; ILMA-Gruppe: $57,3 \pm 16,3$ mmHg). Dies ist am ehesten darauf zurück zu führen, dass über 50 % der eingeschlossenen Patienten entweder an einer pulmonalen Erkrankung als Hauptdiagnose litten oder eine solche Erkrankung als Komorbidität aufwiesen.

Während der Tracheotomie kam es in der Tubus-Gruppe zu einem signifikanten Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks.

Bei Patienten mit intrazerebraler Verletzung oder Erkrankung konnte gezeigt werden, dass eine Erhöhung des intrazerebralen Drucks, eine Hypoxie und ein Abfall des cerebralen Perfusionsdrucks prädiktive Faktoren für Mortalität und Morbidität sind (Jones

et al., 1994). Dabei gilt vor allen Dingen ein Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks als Hauptfaktor für eine Erhöhung des intracerebralen Drucks bei Schädel-Hirn verletzten Patienten und sollte unbedingt vermieden werden.

Man kann daher schlussfolgern, dass durch Verwendung einer ILMA als Atemwegssicherung während einer PDT bei Patienten mit intracerebraler Verletzung wahrscheinlich ein geringerer Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks resultieren würde.

1998 untersuchten Reilly et al. den Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks während der Tracheotomie. Sie schlussfolgerten, dass die kontinuierliche fiberoptische Kontrolle während der perkutanen Tracheotomie im Sinne einer Obstruktion des Atemwegs zu einer Hypoventilation, einem Anstieg des CO₂ und zu einer respiratorischen Azidose führte. Als Empfehlung dieser Untersuchung wurde die Verwendung des kleinst möglichen Bronchoskops ausgesprochen. Außerdem sollten Bronchoskopiezeit und Absaugmanöver auf das nötigste begrenzt werden.

In einer anderen Untersuchung konnte analog gezeigt werden, dass die Verwendung eines 5 mm Bronchoskops zu einer 50%-igen Obstruktion eines Endotrachealtubus mit 7mm Innendurchmesser führt (Heuer und Deller, 1998).

Neben der Luftwegsobstruktion durch das Bronchoskop führt aber auch die Platzierung des Dilatators und die damit verbundene Kompression der Trachea und der Widerstand des Dilatators selbst zu einer weiteren Obstruktion des Luftwegs (Ferraro et al., 2004).

Es stellt sich daher die Frage, ob ein Verzicht der Bronchoskopie während der PDT eine Alternative wäre, um eine Hypoventilation und den damit verbundenen Kohlendioxidanstieg zu vermeiden.

Von dieser Alternative sollte man jedoch Abstand nehmen, da nachgewiesen werden konnte, dass die Bronchoskopie signifikant das Auftreten von Komplikationen während einer PDT reduziert (Kost, 2005; Berrouscht, 1997).

Daher ist der routinemäßige Einsatz obligat. In einer Befragung von 455 Intensivstationen in Deutschland wurde demzufolge auch bei fast allen Intensivstationen (98%) das Bronchoskop routinemäßig während einer PDT verwendet (Kluge et al., 2008).

Auch die Wahl eines kleinstmöglichen Bronchoskops hat nicht nur Vorteile, sondern birgt auch den Nachteil einer nicht adäquaten Absaugmöglichkeit (Westphal et al., 2003).

Ein anderer kritischer Aspekt der Bronchoskopie via Endotrachealtubus besteht in der Gefahr der Beschädigung des Bronchoskops durch die Punktionsnadel. Schätzungsweise bei 1–2 % aller perkutanen Dilatationstracheotomien wird das Bronchoskop beschädigt (Treu et al., 1997).

In DRK Krankenhaus Neuwied musste über einen Zeitraum von vier Jahren insgesamt fast 22000 Euro für die Instandsetzung des Bronchoskops nach Beschädigung während einer PDT aufgewendet werden.

Das Risiko einer Beschädigung des Bronchoskops während einer Punktionstracheotomie ist bei Verwendung einer Larynxmaske sehr unwahrscheinlich.

Vergleichbar mit der vorliegenden Untersuchung, wurde in weiteren ähnlichen Studien über keine Beschädigung des Bronchoskops während einer PDT berichtet, wenn als Atemwegssicherung eine Larynxmaske verwendet wurde (Linstedt et al., 2007; Dosemeci et al., 2002; Craven et al., 2003; Cattano et al., 2007; Gründling et al., 1998).

Dies dürfte vor allen durch die bessere bronchoskopische Darstellung bedingt sein, wenn durch eine Larynxmaske bronchoskopiert wird. Sofort nach Passage der Larynxmaske ist durch die Fiberoptik eine gute anatomische Übersicht gewährleistet. Die Stimmbänder können in der Regel unmittelbar identifiziert werden und der Blick auf die obere Trachea ist exzellent (Cattano et al., 2007; Craven et al., 2003; Linstedt et al., 2007).

Eine andere Strategie zur Verringerung des Kohlendioxidanstiegs während der PDT könnte in alternativen Tracheotomietechniken liegen, die eine Kompression der Trachea verringern.

Imperiale et al. untersuchten 2008 die Percutwist[®] Methode zur Tracheotomie bei Patienten mit intrazerebraler Erkrankung. In dieser Studie zeigte sich ein Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks bei lediglich 15% der Patienten. Ein Grund dafür könnte sein, dass bei der Percutwist[®] Methode ein schraubenartiger Dilator verwendet wird und es hierdurch vermutlich zu einer geringeren Kompression der Trachea kommt. Der Luftweg wird weniger obstruiert, daraus resultiert eine bessere Ventilation.

Gromann et al. berichteten 2008 über erste Erfahrungen mit der Ciaglia-Blue-Dolphin[®]-Methode. Bei dieser Technik erfolgt die Dilatation des Punktionskanals mittels radiärer Kräfte durch Ballondilatation. Bronchoskopisch konnte in dieser Studie gezeigt

werden, dass durch die Anwendung einer seitlich gerichteten Kraftkomponente die Kompression der Trachea weitestgehend vermieden wird.

Schließlich resultiert als weitere Strategie für eine verbesserte Ventilation während der PDT eine Veränderung der Atemwegssicherung.

Dosemeci et al. untersuchten 2002 die Verwendung einer Standardlarynxmaske während einer Dilatationstracheotomie. Als Ergebnis zeigte sich zwar ein Abfall der Tidalvolumina bei Verwendung einer Larynxmaske, aber auch ein signifikanter Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks in der Tubus-Gruppe.

Gründling et al. verglichen 1998 ebenso eine Standardlarynxmaske während der PDT mit einem Endotrachealtubus. Auch in dieser Studie konnte ein nicht signifikanter Abfall des Minutenvolumens beobachtet werden und auch hier stieg in beiden Gruppen das Kohlendioxid an.

2007 beschrieben Linstead et al. die Verwendung einer ILMA während der PDT, worunter es zu einem Abfall des Minutenvolumens kam.

Zusammenfassend zeigt sich in allen zurzeit bekannten Studien hinsichtlich Verwendung einer Larynxmaske während der PDT, einschließlich der hier vorliegenden, die gleiche Problematik: Es kommt während der PDT sowohl bei Verwendung eines Endotrachealtubus als auch einer Larynxmaske in der Regel zu einem Abfall des Minutenvolumens und zu einem Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks. Mit beiden Verfahren zur Sicherung des Atemweges konnte eine gute Oxygenierung der Patienten gewährleistet werden. Aufgrund der Studienlage muss bei Verwendung eines Tubus während der PDT mit einem stärkeren Anstieg des Kohlendioxidpartialdrucks als bei Verwendung einer Larynxmaske gerechnet werden.

4.6 Beatmungsspitzenruck

Die Patienten der ILMA-Gruppe wurden während der PDT in der hier vorliegenden Studie mit einem signifikant niedrigeren Beatmungsspitzenruck beatmet als die Patienten der Tubus-Gruppe.

Wahrscheinlich ist der höhere Beatmungsspitzenruck in der Tubus-Gruppe durch das Bronchoskop und die damit verbundene Obstruktion des Atemweges begründet. Dies führt zu einer erhöhten Resistance und damit zu einem Anstieg des Beatmungsspitzenrucks. Da die Larynxmaske supraglottisch platziert ist kommt es zu einer deutlich ver-

ringerten Obstruktion des trachealen Atemweges und es ist eine lungenprotektivere Beatmung möglich.

In der schon oben zitierten Studie von Dosemeci et al. aus dem Jahre 2002 konnten die Patienten der Larynxmasken-Gruppe ebenfalls mit einem niedrigeren Beatmungsspitzen- und -enddruck beatmet werden.

Vermutlich hätte in der hier vorliegenden Studie durch Verwendung höherer Beatmungsspitzen- und -enddrücke in der ILMA-Gruppe ein höheres Minutenvolumen resultiert. Jedoch zeigte sich am Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdruck, dass die Patienten jederzeit ausreichend ventiliert und oxygeniert waren, trotz des verringerten Minutenvolumens.

Höhere Beatmungsdrücke gelten als allgemein prädisponierend für eine Lungenschädigung (Parker et al., 1993). Akut kann es zu Barotraumen mit Leckagen und Übertritt von Luft in andere Gewebe oder Körperhöhlen kommen. Eine weitere Komplikation ist eine beatmungsinduzierte inflammatorische Lungenschädigung, die vom ARDS nicht zu unterscheiden ist (Timby et al., 1990). Die schwerste Komplikation stellt eine Multiorgan-dysfunktion als Folge der Freisetzung inflammatorischer Mediatoren aus zerstörten Alveolarkapillaren in die Blutbahn dar (Ranieri et al., 2000).

4.7 Komplikationen und technische Probleme

Insgesamt traten in unserer Studie keine lebensgefährlichen Komplikationen während der PDT auf.

Bei drei Patienten (5,4%) kam es unmittelbar nach der Tracheotomie zu einer subcutanen Blutung im Bereich des Dilatationskanals, welche jeweils durch Kompression gestillt werden konnte und keine Transfusion erforderlich machte.

Bei zwei Patienten konnte innerhalb von 36 Stunden nach der PDT keine ausreichende Ventilation mehr erreicht werden, da der Cuff der Trachealkanüle nicht mehr dicht geblockt werden konnte. Initial funktionierte aber die Beatmung bei diesen Patienten problemlos über die Trachealkanüle.

Gemäß den gängigen Empfehlungen sollte von einem Rekanülierungsversuch vor dem 10. Tag nach Dilatationstracheotomie abgesehen werden. Da bei der Dilatation die einzelnen Gewebeschichten nur durch den Dilatator auseinandergedrängt werden entsteht ein primär nur wenig stabiles Stoma. Bei Entfernung der Kanüle kommt es zu einer Ver-

schiebung der prätrachealen Schichten gegeneinander („Kulissenphänomen“), wodurch es bei einem Rekanülierungsversuch zu erheblichen Problemen kommen kann (Gründling et al., 2005). Daher wurden diese Patienten orotracheal reintubiert.

Eine Inspektion der jeweiligen Trachealkanüle zeigte einen spontanen Luftverlust des geblockten Cuffs. Der Grund blieb letztlich unklar und wurde als technischer Defekt gewertet.

In der Tubus-Gruppe wurde bei vier Patienten zunächst der Tubus punktiert.

In der ILMA-Gruppe gelang in allen Fällen die Punktion der Trachea auf Anhieb. Hierbei zeigten sich zwei wesentliche Vorteile der ILMA:

Die bronchoskopische Darstellung des gesamten Larynx und der Trachea ohne das Risiko einer Beschädigung des künstlichen Atemweges bei der transtrachealen Punktion mit lebensgefährlichen Beatmungsproblemen kann nur durch Verwendung einer supraglottischen Atemwegssicherung erreicht werden.

Ein zusätzlicher Helfer zur Fixierung des künstlichen Atemweges ist nicht notwendig, da die ILMA während der PDT in loco typico belassen wird. Dadurch kann nicht nur Personal gespart werden, sondern das Risiko eines Atemwegsverlusts ist deutlich minimiert.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Frage nach dem Aspirationsschutz. In der hier vorliegenden Studie kam es bei keinem Patienten während der PDT zu einer Aspiration.

Generell gibt es für Patienten unter intensivmedizinischen Bedingungen (kontrollierte Beatmung, Darmparalyse, gastroösophagealer Reflux) weder bei Beatmung via ETT noch via ILMA Daten bezüglich des Aspirationsrisikos. Beim Atemwegsmanagement von Notfallpatienten (endotracheale Intubation, Masken-Beutel-Beatmung) wurde in 0,11% der Fälle eine pulmonale Aspiration von Mageninhalt festgestellt (Warner et al., 1993). Diese Inzidenz stellt vielleicht eine vage Annäherung an die Problematik auf der Intensivstation dar. Eine Aspiration bei Anwendung der Larynxmaske in der Anästhesie wird mit einer Häufigkeit von 0,009–0,02% angenommen (Brimacombe und Berry, 1995; Verghese und Brimacombe, 1996). Somit besteht hinsichtlich des Aspirationsrisikos kein Unterschied zu endotracheal intubierten Patienten.

Während einer PDT besteht bei Verwendung einer Larynxmaske kein sicherer Schutz vor Aspiration. Jedoch wird bei Verwendung des Endotrachealtubus bei der Vorbereitung der transtrachealen Punktion der Cuff entlüftet und somit ebenfalls der Aspirationschutz aufgegeben.

Im Vergleich zur Standardlarynxmaske hält die laryngeale Abdichtung mit der ILMA einem signifikant höheren Druck stand (23 versus 30 cm H₂O) (Keller und Brimacombe, 1999). Außerdem besitzt die ILMA im Vergleich zu PS-LMA den Vorteil einer erleichterten endotrachealen Reintubation, wohingegen die PS-LMA über die zusätzliche Drainage des Magens dem Risiko einer Aspiration weiter vorbeugt.

4.8 Limitationen und Ausblick

Unsere Studie vergleicht in zwei gleichen Gruppen den Einsatz der Intubationslarynxmaske und des Endotrachealtubus während der PDT.

Unterrepräsentiert waren jüngere Patienten (< 50 Lebensjahre), normalgewichtige Patienten und weibliche Patienten. Ebenso fehlte das traumatologisch und neurochirurgisch erkrankte Patientenkollektiv.

Die hier vorliegende Arbeit ist bisher die einzige, die die ILMA und den ETT während der PDT prospektiv randomisiert untersucht.

Nach unserem derzeitigen Erkenntnisstand ist die ILMA eine sichere alternative Atemwegssicherung während der PDT, allerdings muss an dieser Stelle einschränkend gesagt werden, dass 26 % der Patienten wegen unzureichender Ventilation nach Reklination des Kopfes reintubiert werden mussten.

War jedoch eine adäquate Ventilation auch nach Lagern des Patienten via ILMA möglich, wurden während der PDT die Vorteile gegenüber einem ETT deutlich: leichte Handhabung und Insertion, gute bronchoskopische Übersicht, gute Kohlendioxidabatemung und Oxygenierung, Risikominimierung in Bezug auf den Verlust des Atemweges und reduzierter Personalaufwand. Zusätzlich bestand jederzeit auch die Möglichkeit einer endotrachealen Reintubation.

Im Notfall (akzidentelle Extubation und gescheiterte/unmögliche Reintubation) besteht jederzeit die Möglichkeit mit Hilfe der ILMA einen Rettungsatemweg herzustellen. Dabei sollte diese Methode aber routinemäßig erlernt werden, um sie im Notfall sicher zu beherrschen.

Aus unserer Sicht ist es daher sinnvoll, beide Methoden auf der Intensivstation im klinischen Alltag anzuwenden.

Anzumerken sei jedoch, dass man jeden Patienten, den man mit einer ILMA versorgt, durch die Extubation einen sicheren Atemweg nimmt, und damit natürlich auch einem gewissen Risiko aussetzt.

Da es mittlerweile verschiedene Modifikationen der Larynxmaske gibt (Standard, PS-LMA, ILMA, I-Gel[®]) sollten weitere Studien klären, welche Art der Larynxmaske den höchsten Stellenwert während einer PDT hat.

5. Zusammenfassung

Mit Einführung der künstlichen Überdruckbeatmung wurde die moderne intensivmedizinische Beatmungstherapie begründet. Zur Entwöhnung vom Beatmungsgerät wurden in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert perkutane dilatative Tracheotomieverfahren (PDT) etabliert und stellen heute in Deutschland das Verfahren der Wahl bei langzeitbeatmeten Intensivpatienten dar. Als Atemwegssicherung während einer PDT wird in der Regel ein Endotrachealtubus verwendet. Dies beinhaltet einige Nachteile: Der Tubus muss auf Glottisebene zurückgezogen werden, es besteht kein sicherer Aspirationschutz mehr und die Gefahr der akzidentellen Extubation ist groß. Während des Punktionvorganges kann sowohl der Tubus als auch das Bronchoskop beschädigt werden. Bei Verwendung einer Larynxmaske (LMA) als Atemwegssicherung während der PDT sind diese Nachteile minimiert.

Die Intubationslarynxmaske (ILMA) ist eine Modifikation einer klassischen Larynxmaske. Über eine liegende ILMA kann mit einem normalen Endotrachealtubus intubiert werden. Sie könnte daher bei einer PDT nicht nur die Vorteile der klassischen LMA bieten, sondern es besteht auch noch ein zusätzliches Maß an Sicherheit, aufgrund der Möglichkeit jederzeit reintubieren zu können.

Wir untersuchten in einer prospektiven randomisierten Studie die Anwendung der ILMA als alternative Atemwegssicherung im Vergleich zum Endotrachealtubus während einer PDT.

53 Patienten der interdisziplinären Intensivstation des DRK Krankenhauses Neuwied, die zum Weaning elektiv tracheotomiert wurden, konnten über einen Zeitraum von 14 Monaten in die Studie eingeschlossen werden. In die Tubus-Gruppe wurden 27, in die ILMA-Gruppe 26 Patienten randomisiert. Zu Beginn der Tracheotomie (Applikation des Lokalanästhetikums) und zum Ende der Tracheotomie (Platzierung der Trachealkanüle) wurde eine Blutgasanalyse entnommen, sowie die Beatmungs- und hämodynamischen Parameter protokolliert.

Bei allen Patienten wurde die PDT erfolgreich durchgeführt. Relevante Komplikationen traten nicht auf, das Bronchoskop wurde nicht beschädigt. In der ILMA-Gruppe konnte auf den zusätzlichen Helfer zur manuellen Tubusfixation verzichtet werden. In allen Fällen konnte die ILMA gut platziert werden, bei sieben Patienten musste nach Reklination

des Kopfes aufgrund einer zu großen Leckage reintubiert werden, was via ILMA in allen Fällen gelang. Die Operationszeit war in der ILMA-Gruppe kürzer. In der ILMA-Gruppe fiel während der PDT das Atemminutenvolumen ab. In beiden Gruppen fiel der Sauerstoffpartialdruck tendenziell ab. Der Kohlendioxidpartialdruck stieg in beiden Gruppen an, in der Tubus-Gruppe signifikant. Der Beatmungsspitzendruck war in der ILMA-Gruppe signifikant niedriger als in der Tubus-Gruppe.

Die ILMA stellt sich in dieser Studie als sichere Alternative zur Atemwegssicherung während einer PDT dar, aufgrund der methodischen Probleme kann jedoch keine uneingeschränkte Empfehlung für die ILMA als bevorzugte Atemwegssicherung während einer PDT ausgesprochen werden.

Vorteile der Verwendung der ILMA während der PDT im Vergleich zum Endotrachealtubus sind die gute bronchoskopische Übersicht, ein sehr geringes Risiko, das Bronchoskop zu beschädigen, reduzierter Personalaufwand, bessere Kohlendioxidelimination, Risikominimierung in Bezug auf den Verlust des Atemweges und die jederzeit bestehende Möglichkeit der Reintubation.

6. Anhang

Initia- lien	m/ w	Ge- burts- jahr	BMI	Hauptdiagnose	Beatmungsrelevan- te Nebendiagnose	Tage ICU	Tag PDT
RK	m	1933	28,4	Kardiale Dekomp.		10	6
EH	m	1947	23,6	Sepsis	COPD	33	14
HE	m	1928	25,6	Pneumonie		10	7
PL	m	1920	27	Sepsis		72	10
BB	w	1929	29,8	COPD		19	5
CW	w	1951	21,5	Pneumonie	COPD	28	14
LGL	m	1948	22,5	Sepsis		10	6
JK	m	1961	26	Reanimation	COPD	25	5
AJ	w	1929	23	Sepsis	COPD	13	5
SH	m	1936	25,9	Pankreatitis		38	12
KHJ	m	1956	25	Reanimation		14	5
KR	m	1925	27	COPD		26	2
FA	m	1969	24,2	Herzinfarkt	COPD, Emphysem	19	8
CB	w	1928	33	Pneumonie	COPD, Fibrose	17	8
MK	w	1951	22	Pneumonie	COPD	30	8
DAS	m	1941	30,9	BAA, rupturiert		25	16
BR	m	1946	24,2	Pneumonie	COPD	17	7
KA	m	1948	24,7	Akutes Abdomen		47	23
WE	m	1931	22,9	Intrazerebr. Blutung		13	6
WS	m	1939	30,9	Peritonitis	COPD	22	9
HK	m	1928	24,5	Pankreatitis		30	8
PK	m	1953	24,7	COPD		21	7
JV	m	1929	27,7	Sepsis	COPD	19	11
KTE	m	1961	27,2	Schädel-Hirn-Trauma		17	7
UL	w	1926	25	Pneumonie	COPD	17	13
KHS	m	1940	25,6	Peritonitis		26	8

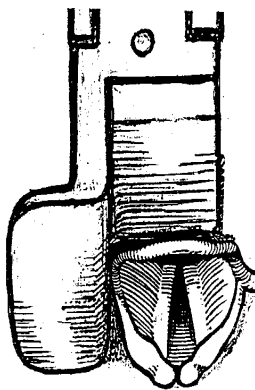
Tab. 3 : Datensätze der Patienten der ILMA-Gruppe

Initia- lien	m/ w	Geburts- jahr	BMI	Hauptdiagnose	Beatmungsrelevan- te Nebendiagnose	Tage ICU	Tag PDT
WB	m	1933	27,9	Pneumonie	COPD	13	6
MJ	m	1917	24	Peritonitis		51	12
JM	m	1939	31,1	Pneumonie	COPD	30	16
HN	m	1932	29,6	Pneumonie	COPD, Fibrose	17	5
HGB	m	1930	27	Reanimation		15	5
ER	w	1923	29,4	Pneumonie		37	10
KHR	m	1927	24,4	COPD		13	10
JS	m	1956	34,6	Peritonitis		28	13
KJ	m	1928	25	Apoplex	Pneumonie	18	13
MH	m	1938	27	Kardiale Dekomp.		6	3
WD	m	1933	25	Apoplex	COPD	15	3
PD	m	1937	34	Pneumonie		23	10
DC	w	1939	30,1	Peritonitis		28	15
SK	m	1930	29,4	Pneumonie	COPD	29	15
EU	m	1931	23,1	Kardiale Dekomp.		17	7
GT	w	1929	25,4	Endokarditis	COPD	40	10
DS	m	1954	26,3	Kardiale Dekomp.	COPD, Emphysem	60	5
DW	m	1942	30,9	Herzinfarkt	COPD	23	9
BS	m	1925	44	Kardiale Dekomp.	COPD	25	12
PA	m	1937	30,9	COPD		26	13
MK	m	1936	29,4	Pneumonie	COPD	7	3
MK	w	1951	30,7	Enzephalitis		17	9
AL	m	1925	24,3	Kardiale Dekomp.	COPD	6	1
HR	m	1950	26,3	Herzinfarkt		13	7
EL	w	1924	25,4	Apoplex		18	12
GR	m	1928	27,7	Pankreatitis		43	18
HM	m	1931	25,9	Peritonitis		15	11

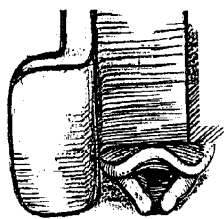
Tab. 4: Datensätze der Patienten der Tubus-Gruppe

Score	Beschreibung	Beurteilung
0	wach, orientiert	wach
1	agitiert, unruhig, ängstlich	zu flach
2	wach, kooperativ, Beatmungstoleranz	adäquat
3	schlafend, aber kooperativ (öffnet Augen auf laute Ansprache oder Berührung)	adäquat
4	tiefe Sedierung (öffnet Augen auf laute Ansprache oder Berührung nicht, aber prompte Reaktion auf Schmerzreize)	adäquat
5	Narkose (träge Schmerzreaktion auf Schmerzreize)	tief
6	tiefes Koma (keine Reaktion auf Schmerzreize)	zu tief

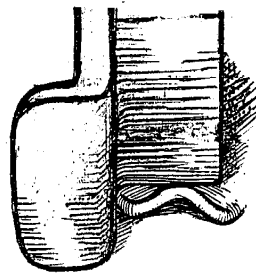
Tab. 5: Ramsay Sedation Score (Ramsay et al., 1974)



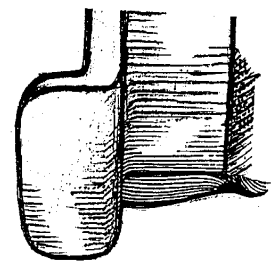
Cormack 1



Cormack 2



Cormack 3



Cormack 4

Abb. 21: Einteilung nach Cormack während der Laryngoskopie (Cormack und Lehane, 1984)

6. Literaturverzeichnis

Agrò F, Brimacombe J, Carassiti M, Marchionni L, Morelli A, Cataldo R. The intubating laryngeal mask – clinical appraisal of ventilation and blind tracheal intubation in 110 patients. *Anaesthesia* 1998; 53: 1084 - 1090

Al-Ansari MA, Hijazi MH. Clinical review: Percutaneous dilatational tracheostomy. *Crit Care Med* 2006; 10: 202

Ambesh SP, Kaushik S. Percutaneous dilatational tracheotomy: The Ciaglia method vs the Portex (correction of Rapitrach) method. *Anesth Analg* 1998; 87: 556 – 561

Ambesh SP, Sinha PK, Tripathi M, Matreja P. Laryngeal mask airway vs endotracheal tube to facilitate bedside percutaneous tracheostomy in critically ill patients: a prospective comparative study. *J Postgrad Med* 2002; 48: 11 - 15

Baskett PJF, Parr MJA, Nolan JP. The intubating laryngeal mask – results of a multi-centre trial with experience of 500 cases. *Anaesthesia* 1998; 53: 1174 - 1179

Bause H, Prause A, Schulte am Esch J. Indikationen und Techniken der perkutanen Dilatationstracheotomie für den Intensivpatienten. *AINS* 1995; 30: 492 – 496

Berrouschof J, Oeken J, Steiniger L, Schneider D. Perioperative complications of percutaneous dilatational tracheostomy. *Laryngoscope* 1997; 107: 1538 – 1544

Brain AI, Verghese C, Addy EV, Kapila A, Brimacombe J. The intubating laryngeal mask. II: A preliminary clinical report of a new means of intubating the trachea. *Br J Anaesth.* 1997b; 79: 704 – 709

Brain AI, Verghese C, Addy EV, Kapila A. The intubating laryngeal mask. I: Development of a new device for intubation of the trachea. *Br J Anaesth.* 1997a; 79: 699 – 703

Brain AI, Verghese C, Strube PJ. The LMA „Pro Seal“: a laryngeal mask with an oesophageal vent. *Br J Anaesth* 2000; 84: 650 - 654

Brain AI. The laryngeal mask- a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 1983; 55: 801 – 805

Brandt L. Die Geschichte der Intubation unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung des Endotrachealtubus. *Anaesthesist* 1986; 35: 523 – 530

Brimacombe J, Berry A. The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: a meta-analysis of published literature. *J Clin Anesth* 1995; 7: 297 - 305

Byhan C, Lischke V, Halbig S, Scheifler G, Westphal K. Ciaglia Blue Rhino: Ein weiterentwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheotomie. *Anaesthesist* 2000; 49: 206

Cattano D, Abramson S, Buzzigoli S, Zoppi C, Melai E, Giunta F, Hagberg C. The use of the laryngeal mask airway during guidewire dilating forceps tracheostomy. *Anesth Analg.* 2006; 103: 453 – 457

Choyce A, Avidan MS, Shariff A, Del Aguila M, Radcliffe JJ, Chan T. A comparison of the intubating and standard laryngeal mask airways for airway management by inexperienced personnel. *Anaesthesia* 2001; 56: 357 - 360

Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilatational tracheostomy, A new simple bedside procedure, preliminary report. *Chest* 1985; 87: 715 – 719

Cook TM, Nolan JP, Verghese C, Strube PJ, Lees M, Millar JM, Baskett PJ. Randomised crossover comparison of the Pro-Seal with the classic laryngeal mask airway in unparalysed anaesthetised patients. *Br J Anaesth* 2002; 88: 527 - 533

Cook TM, Taylor M, McKinstry C, Laver SR, Nolan JP. Use of the Pro Seal Laryngeal Mask Airway to initiate ventilation during intensive care and subsequent percutaneous tracheostomy. *Anesth. Analg* 2003; 97: 848 – 850

Cormack RS, Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984; 39: 1105 – 1111

Craven RM, Laver SR, Cook TM, Nolan JP. Use of the Pro-Seal LMA facilitates percutaneous dilatational tracheostomy. *Can J Anaesth.* 2003; 50: 718 – 720

De Leyn P, Bedert L, Delcroix M, Depuydt P, Lauwers G, Sokolov Y, Van Meeraeghe A, Van Schil P. Tracheotomy: clinical review and guidelines. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 32: 412 – 421

Delaney A, Bagshaw SM, Nalos M. Percutaneous dilatational tracheostomy versus surgical tracheostomy in critically ill patients: a systematic review and metaanalysis. *Crit Care* 2006; 10: 55

Dexter TJ. The laryngeal mask airway: a method to improve visualisation of the trachea and larynx during fiberoptic assisted percutaneous tracheostomy. *Anaesth Intensive Care* 1994; 22: 35 – 39

Dosemeci L, Yilmaz M, Gürpınar F, Ramazanoglu A. The use of the laryngeal mask airway as an alternative to the endotracheal tube during percutaneous dilatational tracheostomy. *Intensive Care Med.* 2002; 28: 63 – 67

El-Ganzouri AR, McCarthy RJ, Tuman KJ, Tanck EN, Ivankovich AD. Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index. *Anesth Analg* 1996; 82: 1197 - 1204

Escarment J, Suppini A, Sallaberry M, Kaiser E, Cantais E, Palmier B, Quinot JF. Percutaneous tracheostomy by forceps dilatation: report of 162 cases. *Anaesthesia* 2000; 55: 125 - 130

Fantoni A, Ripamonti D. A non derivate, non surgical tracheostomy: The translaryngeal method. *Intensive Care Med* 1997; 23; 386 – 392

Ferraro F, Capasso A, Troise E, Lanza S, Azan G, Rispoli F, Anello CB. Assessment of ventilation during the performance of elective endoscopic-guided percutaneous tracheostomy in critically ill patients. *Chest* 2000; 118: 1412 – 1418

Ferraro F, Capasso A, Troise E, Lanza S, Azan G, Rispoli F, Anello CB. Assessment of ventilation during the performance of elective endoscopic-guided percutaneous tracheostomy. Clinical evaluation of a new method. *Chest* 2004; 126: 159 - 164

Ferson DZ, Rosenblatt WH, Johansen MJ, Osborn I, Ovassapian A. Use of the intubating LMA-FastrachTM in 254 Patients with difficult-to-manage airways. *Anesthesiology* 2001; 95: 1175 - 1182

Frappier J, Guenoun T, Journois D, Philippe H, Aka E, Cadi P, Silleran-Chassany J, Saffran D. Airway management using the intubating laryngeal mask airway for the morbidly obese patient. *Anesth Analg* 2003; 96: 1510 - 1515

Freeman BD, Isabella K, Cobb JP, Boyle WA 3rd, Schmieg RE Jr, Koleff MH, Lin N, Sack T, Thompson EC, Buchmann TG. A prospective randomized study comparing percutaneous with surgical tracheostomy in critical ill patient. *Crit Care Med* 2001; 29: 926 – 930

Freemann BD, Isabella K, Lin N, Buchman TG. A meta-analysis of prospective trias comparing percutaneous and surgical tracheostomy in critically ill patients. *Chest* 2000; 118: 1412 - 1418

Frova G, Quintel M. A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilatation. A preliminary report. *Intensive Care Med* 2002; 28: 299 – 303

Gill E. Tracheostomy, improved technique. *Laryngoscope* 1923; 33: 788 – 789

Goldenberg D, Golz A, Netzer A, Joachims HZ. Tracheotomy: changing indications and a review of 1130 cases. *J Otolaryngol.* 2002; 31: 211 – 215

Gopinath R, Muray JM. Percutaneous tracheostomy and Murphy's law: an eye for trouble. *Anesth. Analg* 1999; 89: 670 – 671

Grenzwürker H, Hundt A, Finteis T, Ellinger K. Vergleich verschiedener Larynxmasken am Reanimationsmodell. *AINS* 2003; 38: 94 – 101

Griggs WM, Myburg JA, Worthley LI. A prospective comparison fo a percutaneous tracheostomy technique with standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med* 1991; 17: 252 – 253

Gromann TW, Birkelbach O, Hezter R. Tracheotomie mittels Ballondilatation. Technik und erste Erfahrungen mit der Ciaglia-Blue-Dolphin-Methode. *Chirurg* 2008; 12: 1 - 6

Griggs WM, Worthley LI, Gilligan JE, Thomas PD, Myburg JA. A simple percutaneous tracheostomy technique. *Surg Gynecol Obstet* 1990; 170: 543 – 545

Gründling M, Kuhn SO, Riedel T, Feyerherd F, Wendt M. Application of the laryngeal mask for elective percutaneous dilatation tracheotomy. *Anaesthesiol Reanim.* 1998; 23: 32 – 36

Gründling M, Quintel M. Percutaneous dilatational tracheostomy. Indications – Techniques – Complications. *Anaesthesist* 2005; 54: 929 – 941

Gurlt EJ. Geschichte der Chirurgie und ihrer Ausübung. Volkschirurgie – Alterthum – Mittelalter – Renaissance. Band 2. Berlin: Hirschwald, 1898: 298 – 299

Hachenberg T, Pfeiffer B. Die geschichtliche Entwicklung der Intensivmedizin in Deutschland Zeitgenössische Betrachtungen Folge 15: Beatmung, Tracheotomie und prolongierte Intubation. Anaesthesist 2000; 49: 434 – 445

Heuer B, Deller A. Früh- und Spätkomplikationen der perkutanen Dilatationstracheostomie (PDT Ciaglia) bei 195 Intensivpatienten. AINS 1998; 33: 306 – 312

Hill SA. An unusual complication of percutaneous tracheostomy. Anaesthesia 1995; 50: 469 – 470

Imperiale C, Magni G, Favaro R, Rosa G. Intracranial pressure monitoring during percutaneous tracheostomy percutwist in critically ill neurosurgery patients. Anesth Analg 2009;108: 588 - 592

Jackson C. Tracheostomy. Laryngoscope 1909; 19: 285 – 290

Johnson JL, Cheatham ML, Sagraves SG, Block EF, Nelson LD. Percutaneous dilational tracheostomy: a comparison of single- versus multiple-dilator techniques. Crit Care Med 2001; 29: 1251 – 1254

Jones PA, Andrews PJ, Midgley S, Anderson SI, Piper IR, Tocher JL, Housley AM, Corrie JA, Slattey J, Dearden NM. Measuring the burden of secondary insults in head-injured patients during intensive care. J Neurosurg Anaesthesiol 1994; 6: 4 - 14

Keller C, Brimacombe J. Pharyngeal mucosal pressures, airway sealing pressures, and fiberoptic position with the intubating versus the standard laryngeal mask airway. Anesthesiology 1999; 90: 1001 - 1006

Klasen J, Junger A, Röhrig R. Dilatative Tracheotomie: Strategien zur Verhinderungen von Komplikationen. *Anästh Intensivmed* 2006; 47: 133 - 142

Kluge S, Baumann HJ, Maier C, Klose H, Meyer A, Nierhaus A, Kreymann G. Tracheostomy in the Intensive Care Unit: A Nationwide Survey. *Anesth Analg* 2008; 107: 1639 - 1643

Kost KM. Endoscopic percutaneous dilatational tracheotomy: a prospective evaluation of 500 consecutive cases. *Laryngoscope* 2005; 115: 1 – 30

Langeron O, Masso E, Huraux C, Guggiari M, Bianchi A, Coriat P, Riou B. Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology* 2000; 92: 1229 - 1236

Linstedt U, Möller F, Grote N, Zenz M, Prengel A. Intubating laryngeal mask as a ventilatory device during percutaneous dilatational tracheostomy: a descriptive study. *Br J Anaesth* 2007; 99: 912 – 915

Mercer M, Manara AR. Percutaneous tracheostomy in the intensive care unit. *Curr Opin Anaesthesiol* 1999; 12: 701 - 706

Mphanza T, Jacobs S, Chavez M. A potential complication associated with percutaneous tracheostomy with an endotracheal tube with a Murphy eye in situ. *Anaesthesiology* 1998; 88: 1418

Muttini S, Melloni G, Gemma M, Casati A, Carretta A, Giudici D, Cozzi S, Chiesa G, Gallioli G, Beretta L, Casaletti E, Torri G. Percutaneous or surgical tracheotomy. Prospective, randomized comparison of the incidence of early and late complications. *Minerva Anesthesiol* 1999; 65: 521 – 527

Pahor AL. Ear, nose and throat in ancient Egypt. *J Laryngol Otol* 1992; 106: 677 - 687

Parker JC, Hernandez LA, Peevy KJ. Mechanisms of ventilator-induced lung injury. Crit Care Med 1993; 21: 131 – 143

Petros S, Engelmann L. Percutaneous dilatational tracheostomy in a medical ICU. Intensive Care Med 1997; 23: 630 - 634

Plummer AL, Gracey DR. Consensus conference on artificial airways in patients. Chest 1989; 96: 178 – 180

Ramsay MA, Savege TM, Simpson R, Goodevin R. Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. Br Med J 1974; 2: 656 – 659

Ranieri VM, Giunta F, Suter PM, Slutsky AS. Mechanical ventilation as a mediator of multisystem organ failure in acute respiratory distress syndrome. JAMA 2000; 284: 43 - 44

Reilly PM, Sing RF, Giberson FA, Anderson HL, Rotondo MF, Tinkoff GH, Schwab CW. Hypercarbia during tracheostomy: a comparison of percutaneous endoscopic, percutaneous Doppler, and standard surgical tracheostomy. Intensive Care Med 1997; 23: 859 - 864

Rowbotham ES, Magill I. Anaesthetics in the plastic surgery of the face and jaws. Proc Roy Soc 1921; 14: 17

Rumbak MJ, Newton M, Truncal T, Schwartz SW, Adams JW, Hazard PB. A prospective randomized study comparing early percutaneous dilatational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. Crit Care Med. 2004; 32: 1689 – 1694

Schuchardt B. Zur Geschichte der Tracheotomie bei Croup und Diphtherie. Berlin: Archiv für klinische Chirurgie, 1887: 536 – 537

Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography. *Acta Radiol* 1959; 39: 368 – 376

Seto A, Aoyama K, Takenada I, Kadoya T. Ventilation through the intubating laryngeal mask. *Anesth Analg* 1998; 88: 1181 - 1182

Shelden CH, Pudenz RH, Freshwater DB, Crue BL. A new method for tracheotomy. *J Neurosurg* 1955; 12: 428 – 431

Sosath J. Die geschichtliche Entwicklung der Perkutanen Dilatativen Tracheotomieverfahren im historischen Kontext. Greifswald: Inaugural-Dissertation, 2007: 37

Tarpey JJ, Lynch L, Hart S. The use of the laryngeal mask airway to facilitate the insertion of a percutaneous tracheostomy. *Intensive Care Med* 1994; 20: 448 – 449

The Laryngeal Mask Company Limited. LMA-Fastrach™ Anleitungshandbuch. Nicosia, Cyprus, 2002: 1 - 12

Timby J, Reed C, Zeilender S, Glauser FL. Mechanical causes of pulmonary edema. *Chest* 1990; 98: 973 - 979

Toye FJ, Weinstein JD. A percutaneous tracheostomy device. *Surgery* 1969; 65: 384 – 389

Treu TM, Knoch M, Focke N, Schulz M. Die perkutane dilatative Tracheotomie als neues Verfahren in der Intensivmedizin. Durchführung, Vorteile und Risiken. *Dtsch Med Wochenschr* 1997; 122: 599 – 605

Verghese C, Brimacombe J. Survey of laryngeal mask airway usage in 11.910 patients: safety and efficacy for conventional and nonconventional usage. *Anesth Analg* 1996; 82: 129 - 133

Verghese C, Rangasami J, Kapila A, Parke T. Airway control during percutaneous dilatational tracheostomy: pilot study with the intubation laryngeal mask airway. *Br J Anaesth.* 1998; 81: 608 – 609

Voyagis GS, Kyriakis KP, Dimitriou V, Vrettou I. Value of oropharyngeal Mallampati classification in predicting difficult laryngoscopy among obese patients. *Eur J Anaesthesiol* 1998; 15: 330 - 334

Walz MK. Die Tracheotomie. Indikationen, Methoden, Risiken. *Anaesthesist* 2002; 51: 123

Warner MA, Warner ME, Weber JG. Clinical significance of pulmonary aspiration during the perioperative period. *Anesthesiology* 1993; 78: 56 - 62

Westphal K, Byhan C, Lischke V. Die Tracheotomie in der Intensivmedizin. *Anästhesist* 1999; 48: 142 – 156

Westphal K, Maeser D, Scheifler G, Lischke V, Byhahn C. Percutwist: a new single dilator technique for percutaneous tracheostomy. *Anesth Analg* 2003; 96: 229 - 232

Williams P, Warwick R. *Gray`s anatomy*, 36th ed. London: Churchill Livingstone, 1980: 1229

Worthley LIG, Holt AW. Percutaneous Tracheostomy. *Critical Care and Resuscitation* 1999; 1: 101 - 109

Danksagung

Besonderer Dank gilt meinem ehemaligen Chef aus dem DRK Krankenhaus Neuwied, Herrn Priv.-Doz. Dr. A. Rieger, für die freundliche Überlassung des Themas sowie die Unterstützung und Betreuung während der gesamten klinischen Untersuchungen und der Erstellung der Arbeit.

Bei Frau C. Anhäuser bedanke ich mich für die sehr gute Vorarbeit in Bezug auf das Entstehen dieser Arbeit.

Meinen beiden ehemaligen Oberärzten aus dem DRK Krankenhaus Neuwied, Herrn Dr. V. Schiergens und Herrn Dr. A. Molitor, danke ich dafür, dass sie mich während der klinischen Studie sehr unterstützt haben und immer an mich gedacht haben.

Vielen Dank an die Schwestern und Pfleger der Intensivstation des DRK-Krankenhauses Neuwied für die Geduld und Hilfe sowie das Erstellen von Blutgasanalysen.

Ein ganz großes Dankeschön gilt Herrn Oberarzt Dr. L. E. Lehmann von der Uniklinik Bonn für die Motivation und die tolle Hilfe beim Verfassen der Doktorarbeit.

Für die konstruktive Kritik, das ständig offene Ohr und die großartige Unterstützung bedanke ich mich bei meiner Freundin, Mona Leonie Scheidemann.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, meiner lieben Mama, die immer für mich da ist und meinem lieben leider zu früh verstorbenen Vater.