

Aus der Klinik für Anästhesiologie, Operative Intensivmedizin und Schmerztherapie

des Diakonissenkrankenhauses zu Flensburg

Chefarzt: PD Dr. med. Ulf Linstedt

Akademisches Lehrkrankenhaus für die Medizinische Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**LARYNXMASKE ODER ENDOTRACHEALTUBUS ZUR  
PERKUTANEN DILATATIONSTRACHEOSTOMIE:**

**VERGLEICH VON SICHT, BEATMUNG UND  
KOMPLIKATIONEN**

**Inauguraldissertation**

**zur**

**Erlangung der Doktorwürde**

**der Medizinischen Fakultät**

**der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

**vorgelegt von**

**KIRSTEN KRULL**

**aus Kiel**

**Kiel 2009**

**1. Berichtstatter:                      Priv.-Doz. Dr. Linstedt**

**2. Berichtstatter:                      Prof. Dr. Scholz**

**Tag der mündlichen Prüfung:      13. August 2009**

**Zum Druck genehmigt, Kiel, den 13. August 2009**

**gez.: Prof. Dr. Kalthoff**

**(Stellv. Ausschussvorsitzender)**

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Fragestellung.....	4
2	Methoden .....	5
2.1	Studiendesign .....	5
2.2	Patienten.....	5
2.3	Einschlusskriterien.....	5
2.4	Ausschlusskriterien.....	5
2.5	Durchführung der perkutanen Dilatationstracheostomie .....	6
2.6	Untersuchungen .....	9
2.6.1	Blutgasanalyse, Kreislauf- und Beatmungsparameter .....	9
2.6.2	Zeiten .....	9
2.6.3	Bewertung der Untersuchungsschritte .....	10
2.6.4	Bewertung der Beatmungsqualität.....	10
2.7	Statistik .....	12
3	Ergebnisse .....	13
3.1	Patientenbezogene Daten .....	13
3.2	Zeiten.....	14
3.3	Blutgasanalyse (BGA) .....	15
3.3.1	Arterieller Sauerstoffpartialdruck ( $p_aO_2$ ).....	15
3.3.2	Arterieller Kohlendioxidpartialdruck ( $p_aCO_2$ ).....	15
3.4	Beatmungs- und Kreislaufparameter .....	16
3.4.1	Atemminutenvolumen (AMV) .....	16
3.4.2	Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP).....	16
3.4.3	Mittlerer arterieller Blutdruck (MAP).....	16
3.4.4	Herzfrequenz (HF) .....	16

3.5	Bewertung der Arbeitsschritte während der PDT .....	18
3.5.1	Einführen Larynxmaske / Vorbereiten des endotrachealen Tubus .....	18
3.5.2	Beatmung vor OP-Beginn: LMA in situ / Tubus entblockt.....	18
3.5.3	Einführen des Bronchoskops .....	19
3.5.4	Identifikation von Schild-, Ringknorpel und 1. - 3. Trachealspange.....	21
3.5.5	Übersicht der Trachea.....	22
3.5.6	Kontrolle Einstich der Nadel: Mitte und Höhe der Punktion .....	22
3.5.7	Kontrolle der Dilatation.....	23
3.5.8	Schlechteste Beatmung (für > 2 Minuten).....	24
3.6	Komplikationen .....	25
4	Diskussion.....	26
4.1	Tracheotomie in der Intensivmedizin .....	26
4.2	Entwicklung der PDT .....	27
4.3	Chirurgische Tracheotomie oder PDT? .....	27
4.3.1	Vergleich der Komplikationen .....	29
4.4	Ergebnisse der vorliegenden Studie.....	32
4.4.1	Zeiten .....	32
4.4.2	Beatmung / BGA .....	33
4.4.3	Kreislaufparameter.....	36
4.5	Häufigkeit von Komplikationen LMA vs. ETT zur PDT .....	36
4.6	Sichtbedingungen.....	39
4.7	Schlussfolgerung .....	42
5	Zusammenfassung.....	43
6	Literaturverzeichnis .....	45
7	Anhang.....	49
7.1	Studienprotokoll LMA und Tubus bei der PDT .....	49

8	Danksagung .....	50
---	------------------	----

## Abkürzungsverzeichnis

AF	Atemfrequenz
AMV	Atemminutenvolumen
BGA	Blutgasanalyse
DAP	diastolischer arterieller Blutdruck
ETT	endotrachealer Tubus
$\text{HCO}_3^-$	Bicarbonat
HF	Herzfrequenz
ID	Innendurchmesser
ILM	Intubationslarynxmaske
LMA	Larynxmaske
MAP	mittlerer arterieller Blutdruck
n.s.	nicht signifikant
$\text{p}_a\text{O}_2$	arterieller Sauerstoffpartialdruck
$\text{p}_a\text{CO}_2$	arterieller Kohlendioxidpartialdruck
PDT	perkutane Dilatationstracheostomie
PEEP	positiver endexpiratorischer Druck
Ppeak	Spitzendruck
$\text{SaO}_2$	arterielle Sauerstoffsättigung
SAP	systolischer arterieller Blutdruck
SB	Stimmbänder
$V_t$	Atemzugvolumen

## 1 Einleitung

Die Tracheotomie ist eine wichtige und etablierte Methode auf der Intensivstation bei langzeitbeatmeten Patienten <sup>1</sup>. Diese Patienten profitieren aufgrund geringerer Infektionsraten und höherem Patientenkomfort von einer Tracheotomie. Hierfür hat sich die perkutane Dilatationstracheostomie (PDT) als einfaches und im Vergleich zur chirurgischen Tracheotomie komplikationsärmeres Verfahren weitgehend durchgesetzt. Im Jahr 2001 wurde die PDT in Deutschland mehr als 20.000 mal angewandt <sup>2</sup>. Als Vorteile der PDT gegenüber der chirurgischen Tracheotomie sind die geringere Infektionsrate im Bereich des Tracheostomas und das seltenere Auftreten später Blutungskomplikationen ebenso zu nennen, wie die problemlose Möglichkeit der Durchführung auf der Intensivstation.

Die Gemeinsamkeit aller PDT-Verfahren besteht in dem Einbringen eines Führungsdrahts in Seldingertechnik in die Trachea, der nachfolgenden Dilatation der Punktionsstelle ohne chirurgische Präparation und dem Einlegen der Trachealkanüle über den liegenden Draht. Eine Bronchoskopie ist zur Durchführung der PDT zwar nicht unbedingt nötig <sup>3</sup>, sie wird aber dringend empfohlen, denn dadurch können gravierende Komplikationen der Punktion, wie Verletzung der Trachealhinterwand, Punktion außerhalb der Mittellinie oder oberhalb der ersten Trachealspange, sowie Verletzungen bei der Dilatation verhindert werden <sup>3-5</sup>. Nur unter ausreichenden Sichtbedingungen können eine exakte Punktion durchgeführt und die genannten Komplikationen minimiert werden.

Traditionell wird die Bronchoskopie zur PDT über den schon liegenden Endotrachealtubus (ETT) durchgeführt. Dazu wird der Tubus entblockt und muss zurückgezogen werden, da die Punktionsstelle sonst im Bereich des Tubuscuffs liegt. Diese Punktionsstelle identifiziert man per Palpation und Transillumination mit dem Bronchoskoplicht.

Die PDT ist kein risikofreies Verfahren <sup>6</sup>. Einige der häufigeren oder gravierenden Komplikationen betreffen die Qualität der Beatmung und die Handhabung des Tubus während der PDT und sind mit durch den Tubus bedingt:

## 1. **Beatmungsqualität**

Um die bronchoskopische Sicht auf die zu punktierende Stelle zu ermöglichen, muss der Tubus entblockt und zurückgezogen werden. Es entsteht zwangsläufig eine Leckage, weswegen das Atemzugvolumen ( $V_t$ ) und damit das Atemminutenvolumen (AMV) sinken. Darüber hinaus kann der positive endexpiratorische Druck (PEEP) nicht aufrechterhalten werden. Führt man nun das Bronchoskop in den Tubus ein, kommt es zusätzlich zu einer Verminderung des Lumens um ca. 50%. Aus dieser Obstruktion des Tubus resultiert eine Erhöhung des Atemwegswiderstands, wodurch die Ventilation weiter beeinträchtigt wird.

## 2. **Handhabung des Tubus**

Der Tubus muss zurückgezogen werden, um die Punktion zu ermöglichen und die bronchoskopische Sicht auf die Punktionsstelle zu gewährleisten. Hierzu wird der Tubus nur 1 - 2 cm unterhalb der Stimmbänder positioniert. Eine dritte Person (neben Operateur und Bronchoskopeur) ist notwendig, um den Tubus auf Anweisung in diese Position zurückzuziehen und dort zu fixieren. Ein geringfügiges, unbeabsichtigtes Herausziehen kann unmittelbar zu einer akzidentiellen Extubation führen. Dosemeci et al. und Ambesh et al. geben diese Komplikation in 3,3% der PDT an<sup>7, 37</sup>. Wird der Tubus hingegen auch nur wenig in die Trachea hineingeschoben, und dies bleibt unbemerkt, da in der bronchoskopischen Sicht die Höhe nur schwer einzuschätzen ist, kann bei der Punktion der Cuff angestochen werden<sup>7, 37</sup>. Eine Punktion des Tubus oder Murphy Auges ist ebenso möglich<sup>8</sup>. Bleibt dies unbemerkt können schwerwiegende Folgen auftreten, da die Dilatation über den liegenden Führungsdraht und ein Rückweg nicht mehr möglich sind.

Darüber hinaus kann das Bronchoskop bei zu tiefer Tubuslage durch die Punktionsnadel beschädigt werden. Nach eigenen Erfahrungen und Angaben der Literatur kann man eine Rate von 1 - 2 Fällen pro 100 PDT annehmen<sup>9</sup>.

Besonders der letzte Punkt hat uns bewogen nach Alternativen zu dem herkömmlichen Vorgehen zu suchen, da eine Reparatur des Bronchoskops sehr kostenintensiv ist. Die Idee, eine LMA als Atemweg zur PDT zu nutzen, entstand aus der Überlegung, dass bei der Bronchoskopie durch die LMA die Spitze des



Bronchoskops ohne Probleme in der Stimmbandebene zu platzieren sein müsste. So ist das Bronchoskop während der Punktion sicher weit genug von der Punktionsnadel entfernt und kann nicht beschädigt werden.

Daraufhin wurde in einer vorhergehenden Beobachtungsstudie mit 86 Patienten die PDT über eine Intubationslarynxmaske (ILM) durchgeführt<sup>9</sup>. Die Intubationslarynxmaske wurde gewählt, da sie sich bei der Notfallintubation in schwierigen Situationen bewährt hat<sup>10</sup>. Im Ergebnis der Studie zeigte sich, dass das Bronchoskop unter Benutzung der Larynxmaske tatsächlich sicher vor Beschädigung zu schützen ist. Über die ILM konnte die Spitze des Bronchoskops in Höhe des Larynx mit Sicht auf den eindeutig zu identifizierenden Schildknorpel platziert werden. Damit ist das Bronchoskop immer weit genug von der Punktionsstelle entfernt. Die Beatmung während der PDT über die ILM war gut möglich, in 4 Fällen (5%) allerdings war eine Reintubation notwendig.

Als weiteres Ergebnis zeigte sich eine von allen Anwendern beschriebene deutlich bessere Übersicht während der Operation im Vergleich zum ETT. Die kommt dadurch zustande, dass das Bronchoskop in Höhe der Stimmbänder platziert werden kann, was mit dem ETT nicht zu praktizieren ist. Dadurch konnten Schild-, Ring- und Trachealknorpel sehr zuverlässig identifiziert werden<sup>9</sup>.

Auch wird keine dritte Person zur Fixierung des ETT benötigt, da die LMA während der Bronchoskopie mit einem Pflaster fixiert werden kann.

Aus diesen Beobachtungen ergaben sich die Fragestellungen für die vorliegende prospektive und randomisierte Untersuchung.

## 1.1 Fragestellung

### Hauptfragestellung

- Sind bei Verwendung der LMA während einer PDT die Sichtbedingungen auf die dafür relevanten trachealen Strukturen besser als mit einem endotrachealen Tubus?

### Nebenfragestellungen

- Wie verhalten sich Atemminutenvolumen (AMV) und Blutgasanalyse (BGA) in Abhängigkeit vom gewählten Atemweg (LMA oder ETT)?
- Welche Unterschiede gibt es bei der Durchführbarkeit einer PDT bei liegendem ETT im Vergleich zu einer Larynxmaske?
- Wie häufig sind Komplikationen in den jeweiligen Untersuchungsgruppen Larynxmaske und ETT?

## **2 Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Es wurde eine einfach verblindete, prospektive, randomisierte klinische Studie an Patienten der operativen Intensivstation der Klinik für Anästhesiologie, Operative Intensivmedizin und Schmerztherapie des Diakonissenkrankenhauses Flensburg durchgeführt.

Da die Patienten sediert und nicht einwilligungsfähig waren, gab der vom Amtsgericht bestimmte gesetzliche Vertreter nach ausführlicher Aufklärung die Zustimmung zur Durchführung. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Kiel genehmigt.

### **2.2 Patienten**

Die Randomisierung der Patienten, die mit LMA oder ETT beatmet werden sollten, erfolgte durch eine computergenerierte Zufallsliste, bis in jeder Gruppe mindestens 30 Patienten enthalten waren.

### **2.3 Einschlusskriterien**

#### **Indikation zur perkutanen Tracheostomie:**

- Zwei fehlgeschlagene Extubationsversuche
- Wenn nach 5 Beatmungstagen eine weitere maschinelle Beatmung von voraussichtlich weiteren 2 Wochen erforderlich sein wird

### **2.4 Ausschlusskriterien**

#### **Kontraindikation der perkutanen Tracheostomie:**

- Schwierige Intubation
- Struma III°, manifeste Infektion im Halsbereich
- Notfall
- Schwere Gerinnungsstörungen
- Notwendigkeit des Tracheostomas für mehr als 8 Wochen

- Schwerste Oxygenierungsstörungen ( $FiO_2 > 0,8$  und  $p_aO_2 / FiO_2 < 150$ )
- Hirndruck, spontan und bei Manipulationen  $> 20$  mmHg
- Alter  $< 18$  Jahre

## 2.5 Durchführung der perkutanen Dilatationstracheostomie

Die PDT wurde nach der Beschreibung von Griggs mit einem kommerziellen Set (Portex Griggs-Set, Smiths Medical, Grasbrunn) durchgeführt<sup>11</sup>.

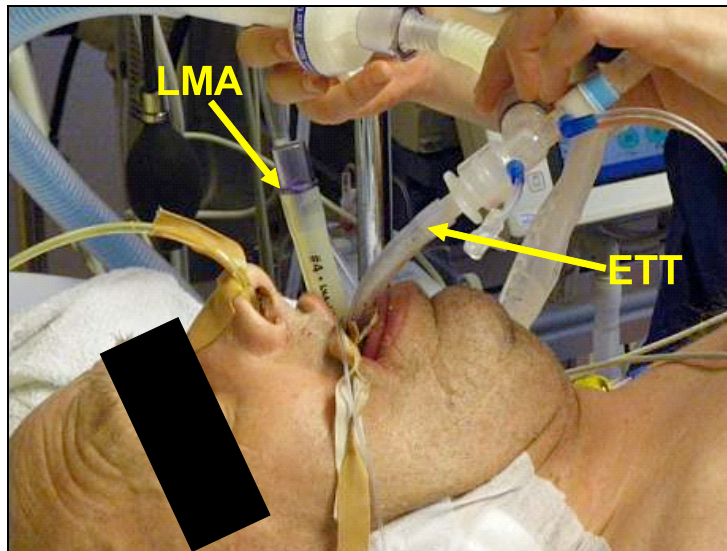
Die Kreislaufparameter wurden mit dem bettseitigen Monitor (Datex Ohmeda, Helsinki, Finnland) überwacht. Die Beatmung wurde mit dem Beatmungsgerät Evita 4 (Dräger, Lübeck) durchgeführt.

Es musste eine sechsstündige Nüchternheit eingehalten werden. Präoperativ wurde über die liegende Magensonde abgesaugt und diese anschließend gezogen. Es erfolgte eine Präoxygenierung des Patienten über 10 Minuten mit einem  $FiO_2$  von 1,0. Die Narkose wurde mit der laufenden Analgosedierung in angepasster Dosierung durchgeführt. Zusätzlich wurde als Muskelrelaxanz cis-Atracurium 0,15 mg/kgKG gegeben, sowie nach Bedarf Propofol und Sufentanil appliziert. Im Operationsgebiet erfolgte eine Lokalanästhesie mit Carbostesin 0,5% + Adrenalin 1:100.000.

Die Vorbereitungen zur PDT in den jeweiligen Gruppen (LMA / ETT) wurden in folgender Weise durchgeführt:

### **Gruppe LMA:**

Als Larynxmaske wurde die LMA classic (LMA Vertriebs GmbH, Bonn) oder die LMA single use (Intersurgical, St. Augustin) in der Größe 4 für Frauen und der Größe 5 für Männer benutzt. Die Larynxmaske wurde hinter dem liegenden endotrachealen Tubus (ETT) eingeführt (Abbildung 1). Wenn die Larynxmaske korrekt lag, wurde der Tubus entfernt und der Patient über die Larynxmaske weiter beatmet. Anschließend wurde die Ventilation kontrolliert und der Inspirationsdruck gegebenenfalls reduziert, um eine übermäßige Leckage zu vermindern.



**Abbildung 1** Die LMA wird hinter dem noch liegenden Tubus (ETT) eingeführt. Die Beatmung erfolgt noch über den ETT.

Das Videobronchoskop (BF 18V, Pentax, Japan) wurde über die Larynxmaske eingeführt. Dabei erfolgte die Passage durch die Stimmbänder unter Sicht. Nachdem Schild- und Ringknorpel, sowie die ersten drei Trachealspangen identifiziert wurden, konnte das Bronchoskop zurückgezogen und die Spitze des Bronchoskops 0 - 1 cm unterhalb der Stimmbänder positioniert werden.

#### **Gruppe Endotrachealtubus (ETT):**

Für die PDT mit liegendem Tubus wurden endotracheale Tuben in der Größe 7,0 mm ID für Frauen und 7,5 mm ID für Männer (High-contour, Mallinckrodt, Athlone, Irland) verwendet.

Der Ring- und Schildknorpel wurde von außen palpirt und die Position der 1. Trachealspange auf der Haut markiert. Dann wurde das Bronchoskop in den endotrachealen Tubus eingeführt und unmittelbar an der Spitze des ETT positioniert. Eine dritte Assistenzperson löste nun den Tubus aus seiner Fixierung und zog diesen auf Anweisung zurück. Zurückgezogen wurde der Tubus unter Diaphanoskopie der Haut bis zu einer Position oberhalb der ersten Trachealspange. Hier wurde der ETT von der Assistenzperson festgehalten. Die Beatmungsparameter wurden nicht verändert.

Der Kopf des Patienten wurde in überstreckter Haltung gelagert und anschließend das OP-Gebiet steril abgewaschen und abgedeckt.

In Höhe der Punktion wurde eine 1,5 cm breite, quere Inzision der Haut durchgeführt. Unter bronchoskopischer Kontrolle erfolgte die Punktion genau in der Mitte der Trachea, zwischen der 1. und 2., oder der 2. und 3. Trachealspange. Über die Punktionskanüle wurde ein Führungsdraht eingelegt und die Kanüle entfernt. Entlang des Führungsdrahts wurde nach einem ersten Dilatationsschritt der Punktionskanal mit einer Spreizpinzette nach Griggs aufgeweitet. Daraufhin konnte die Trachealkanüle eingesetzt und befestigt werden. Die korrekte Kanülenlage wurde unverzüglich mit dem Bronchoskop kontrolliert. Danach erfolgte die Konnektion des Beatmungsgeräts an die Trachealkanüle.

## 2.6 Untersuchungen

### 2.6.1 Blutgasanalyse, Kreislauf- und Beatmungsparameter

Arterielle Blutgasanalysen ( $\text{pH}$ ,  $\text{p}_a\text{O}_2$ ,  $\text{p}_a\text{CO}_2$ ,  $\text{S}_a\text{O}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) erfolgten:

- präoperativ nach zehnminütiger Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff
- unmittelbar vor der Punktion der Trachea
- 1 Minute postoperativ

Die Beatmungs- und Kreislaufparameter (systolischer (SAP), diastolischer (DAP) und mittlerer arterieller Blutdruck (MAP), Herzfrequenz (HF), Atemminutenvolumen (AMV), Atemzugvolumen ( $V_t$ ), Atemfrequenz (AF), Spitzendruck (Ppeak) und positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) wurden notiert:

- vor der Operation
- vor der Punktion der Trachea
- außerdem die Minimalwerte der Kreislauf- und Beatmungsparameter, die für einen Zeitraum von mindestens 2 Minuten während der PDT auftraten

### 2.6.2 Zeiten

Folgende Zeiten wurden erfasst:

- Zeit vom Einführen des Bronchoskops bis zur definitiven Lage, bei der die Punktion der Trachea erfolgen konnte
- „Schnitt-Naht-Zeit“ = Zeit vom Beginn der Punktion bis zum Anschluss des Beatmungsgerätes an die Trachealkanüle
- Gesamtzeit vom Einführen des Bronchoskops bis zum abschließenden Verband des Tracheostomas

### 2.6.3 Bewertung der Untersuchungsschritte

Die einzelnen Operationsschritte (s. Tabelle 1) wurden durch den Operateur anhand einer vierstufigen Skala (1 - 4) bewertet. Dabei bedeuten:

- 1 völlig problemloses Vorgehen möglich, bzw. alle Strukturen klar und deutlich zu erkennen
- 2 es traten geringe Probleme auf, die die Prozedur aber nicht behinderten.  
oder: die Strukturen waren nicht vollständig zu erkennen
- 3 es traten erhebliche Probleme auf, die Prozedur konnte trotz der Behinderungen fortgeführt werden  
oder: nur ein kleiner Teil der Strukturen war sichtbar oder die Strukturen nicht sicher zuzuordnen
- 4 Komplikationen während der Prozedur, keine Beatmung möglich  
oder: keine ausreichende bronchoskopische Sicht, was zum Abbruch oder zur Unterbrechung der PDT führten. Bei Beatmungs- oder Problemen mit der intratrachealen Sicht wurde auf den alternativen Atemweg gewechselt. In diesem Fall wurden alle folgenden Ratings mit 4 angegeben.

### 2.6.4 Bewertung der Beatmungsqualität

Die Beatmungsqualität wurde qualitativ in zwei Situationen bestimmt (s. Tabelle 1):

- nach Platzierung des Atemwegs, noch vor Einführen des Bronchoskops
- die schlechteste Beatmung im Operationsverlauf

Die Beatmungsqualität (s. Tabelle 1) wurde nach der PDT vom Operateur anhand einer vierstufigen Skala (1 - 4) bewertet. Dabei bedeutet:

- 1 AMV wie vorher
- 2 AMV vermindert: AMV < 2 l (> 2 min) oder  $S_aO_2$  80 – 90%
- 3 AMV kritisch vermindert: AMV < 0,5 l (> 2 min) oder  $S_aO_2$  70 – 79%
- 4 Keine Beatmung möglich: AMV = 0 (> 2 min) oder  $S_aO_2$  < 70% oder Extubation



**Tabelle 1** Bewertungskriterien für die einzelnen Operationsschritte der PDT

Operationsschritte	Bewertungskriterien			
	1 keine Probleme	2 geringe Probleme	3 erhebliche Probleme	4 PDT Abbruch / Unterbrechung
<b>Vorbereiten Tubus/ Einführen LMA</b>	Einführen LMA o.B./ Tubusvorbe- reitung o.B.	leichte, unkritische Probleme	Krit. Probleme lösbar / Einführen LMA schwierig	Komplikation: Abbruch / Neustart
<b>Beatmung mit LMA in situ Tubus entblockt</b>	AMV wie vorher	AMV < 2l (>2min) oder SaO <sub>2</sub> 80–90%	AMV < 0,5l (>2min) oder SaO <sub>2</sub> 70 – 79%	AMV = 0 (>2min) oder SaO <sub>2</sub> < 70%
<b>Einführen des Bronchoskops</b>	problemlos	kleinere Wider- stände (Tubus) SB nicht sofort passierbar (LMA)	Platzieren nur mit Mühe (Tubus) SB Passage mit Schwierigkeiten	nicht möglich
<b>Identifikation Schild- ,Ringknorpel, + 1. – 3. Trachealspange</b>	alles sicher	Ringknorpel, Trachealspangen	nur Tracheal- spangen	Höhe nicht bestimmbar
<b>Übersicht der Trachea</b>	gesamte Zirkumferenz sichtbar	> 2/3 der Zirkumferenz sichtbar	< 2/3 der Zirkumferenz sichtbar	nichts sichtbar
<b>Kontrolle Einstich Nadel: Mitte + Höhe</b>	sicher möglich	Mitte sicher, Höhe? aber unterh. 1. Trachealspange	Höhe der Einstichstelle nicht sicher zuzuordnen	keine bronchos- kopische Sicht
<b>Kontrolle Dilatation</b>	sicher möglich	sicher keine Verletzung der P. membranacea	nicht sicher zu sehen, keine Kontrolle	keine bronchos- kopische Sicht
<b>schlechteste Beatmung (für &gt; 2 Minuten)</b>	AMV wie vorher	AMV < 2l oder SaO <sub>2</sub> 80 – 90%	AMV < 0,5l oder SaO <sub>2</sub> 70 – 79%	AMV = 0 oder SaO <sub>2</sub> < 70% od. Extubation
<b>Gesamtbewertung Übersicht + Komplikationen</b>	jederzeit gute Übersicht während PDT	Übersicht mit nicht kritischen Einschränkun- gen	mind. 1 potentiell kritische Situation, Op aber möglich	Abbruch der Op / definitive Komplikation

## 2.7 Statistik

Die Studienparameter von Kreislauf, Ventilation und Labor wurden bettseitig in ein Protokoll eingetragen (Anhang Studienprotokoll, S. 49). Die Errechnung von Mittelwerten, Standardabweichungen und Spannweiten erfolgte nach Übertragen der Werte mit dem Programm Excel 2003 (Microsoft).

Die statistischen Berechnungen wurden nach Importieren der Excel-Tabelle in das Statistical Package of Social Sciences, Version 15.0 (SPSS 15.0) durchgeführt.

Ein  $p < 0,05$  wurde als Signifikanzniveau zugrunde gelegt. Intervallskalierte Werte (MAP, HF,  $p\text{CO}_2$ ,  $p\text{O}_2$ , Zeiten) wurden nach Prüfung auf Normalverteilung (Levene-Test) mittels T-Test für unabhängige Stichproben auf Gruppenunterschiede und mittels T-Test für abhängige Stichproben auf Veränderungen im Studienverlauf untersucht.

Die Werte der Einschätzungen durch den Operateur wurden anhand des  $\chi^2$ -Tests auf Gruppenunterschiede analysiert. Waren die Erwartungswerte in mehr als zwei Feldern der Tabelle kleiner als 5 (= häufiger als 25%), wurden die Einschätzungen 3 und 4 zusammengefasst.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Patientenbezogene Daten

Es wurden 63 Patienten in der Studie untersucht. Bedingt durch die Randomisierung wurden der Gruppe Larynxmaske (LMA) 33 und der Gruppe endotrachealer Tubus (ETT) 30 Patienten zugeteilt.

Die einzelnen Gruppen waren vergleichbar hinsichtlich Alter, Geschlechterverteilung, des Oxygenierungsindex ( $p_aO_2 / FiO_2$ ) und der Ausgangswerte der Beatmungsparameter.

**Tabelle 2** Verteilung der Patienten der Studie hinsichtlich Alter, Geschlecht, Oxygenierungsindex und Abteilung

	LMA	ETT	p
Alter	55 ± 18	58 ± 15	n. s.
m / w	17 / 16	18 / 12	n. s.
$p_aO_2 / FiO_2$	382 ± 117	391 ± 116	n. s.
Neurochirurgie	25	21	
Traumatologie	1	2	
Allgemeinchirurgie	6	4	
Innere Medizin	1	2	
Neurologie	0	1	

### 3.2 Zeiten

Die Zeit zum Einführen des Bronchoskops betrug in beiden Gruppen 4 Minuten (ETT  $\pm 3$ , LMA  $\pm 4$ ), wobei in der Gruppe LMA für das Einführen des Bronchoskops Zeiten zwischen 0,5 und 15 Minuten und in der Gruppe ETT Werte zwischen 1 und 10 Minuten angegeben wurden.

Die Schnitt-Naht-Zeiten wiesen Spannweiten zwischen 1 und 20 Minuten in der Gruppe LMA, und zwischen 1 und 45 Minuten in der Gruppe ETT auf.

Für die Gesamtzeit wurden Werte zwischen 2 und 40 Minuten (LMA) und 11 und 65 Minuten in der Gruppe ETT gemessen.

Keine dieser Zeiten wies einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf.

**Tabelle 3** Zeiten für Bronchoskopie, Schnitt-Naht-Zeit, Gesamtzeit in Minuten

<b>Zeit</b>	<b>LMA</b>	<b>ETT</b>
Bronchoskopie	4 $\pm$ 4	4 $\pm$ 3
Schnitt- Naht	11 $\pm$ 6	13 $\pm$ 10
Gesamtzeit	21 $\pm$ 9	24 $\pm$ 12

### 3.3 Blutgasanalyse (BGA)

#### 3.3.1 Arterieller Sauerstoffpartialdruck ( $p_aO_2$ )

Der Ausgangswert des  $p_aO_2$  war in beiden Gruppen gleich. Zum Zeitpunkt „vor Punktion der Trachea“ war der Wert nur geringfügig niedriger ( $p = 0,378$ ). 1 Minute nach der Operation war der Wert in beiden Gruppen um ca. 100 mmHg vermindert ( $p < 0,01$ ). Jedoch bestand zu keinem Zeitpunkt ein Gruppenunterschied (s. Tabelle 4).

#### 3.3.2 Arterieller Kohlendioxidpartialdruck ( $p_aCO_2$ )

Der Ausgangswert des  $p_aCO_2$  war in beiden Gruppen gleich. Zum Zeitpunkt „vor Punktion der Trachea“ stieg der Wert in beiden Gruppen an ( $p < 0,01$ ). Zu diesem Zeitpunkt war der  $p_aCO_2$  in der Gruppe ETT höher als in der LMA Gruppe ( $p = 0,014$ ).

1 Minute nach der Operation war der Wert im Vergleich zum Ausgangswert, sowohl in der Gruppe LMA ( $p = < 0,01$ ), als auch in der Gruppe ETT um 12 - 19 mmHg ( $p = < 0,01$ ) erhöht. Auch zu diesem Zeitpunkt bestand kein Gruppenunterschied ( $p = 0,71$ ) (s. Tabelle 4).

**Tabelle 4**  $p_aO_2$  und  $p_aCO_2$  Werte (in mmHg) vor Beginn der PDT, vor Punktion der Trachea (mit Bronchoskop in situ), sowie 1 Minute nach der PDT.  
 $p < 0,05$ : signifikante Gruppenunterschiede, n.s = nicht signifikant  
 # Unterschiede innerhalb der Gruppen im Vergleich zum Ausgangswert

	Vor Beginn der PDT ( $FiO_2 = 1,0$ )			Vor Punktion der Trachea			1 Minute postoperativ		
	LMA	ETT	p	LMA	ETT	p	LMA	ETT	p
$p_aO_2$	384 ± 118	393 ± 113	n.s.	371 ± 129	383 ± 141	n.s.	285 ± 152 #	296 ± 150 #	n.s.
$p_aCO_2$	43 ± 8	44,4 ± 12	n.s.	51 ± 11 #	59 ± 14 #	0,01	55 ± 16#	63 ± 17 #	n.s.

### **3.4 Beatmungs- und Kreislaufparameter**

#### **3.4.1 Atemminutenvolumen (AMV)**

Der Ausgangswert des AMV war in beiden Gruppen gleich. Zum Zeitpunkt „vor Punktion der Trachea“ fiel der Wert in den Gruppen auf 5,4 l/min (LMA) und 4,8 l/min (ETT) ab ( $p < 0,01$  in beiden Gruppen) (s. Tabelle 5).

Der minimale Wert während der PDT (für mindestens 2 Minuten) war im Vergleich zum Ausgangswert, sowohl in der Gruppe LMA, als auch in der Gruppe ETT erniedrigt ( $p < 0,01$  in beiden Gruppen) (s. Tabelle 5).

#### **3.4.2 Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP)**

Der Ausgangswert des PEEP war in der Gruppe ETT um 1,6 cmH<sub>2</sub>O höher als in der Gruppe LMA. Zum Zeitpunkt „vor Punktion der Trachea“ fiel der Wert um 2,5 - 3 cmH<sub>2</sub>O ab (n. s.).

Ein relevanter Gruppenunterschied bestand nicht (s. Tabelle 5).

#### **3.4.3 Mittlerer arterieller Blutdruck (MAP)**

Der Ausgangswert des MAP war in beiden Gruppen gleich. Zum Zeitpunkt „vor Punktion der Trachea“ blieb der Wert gleich. Es bestand kein Gruppenunterschied. Der minimale Wert während der PDT (für mindestens 2 Minuten) war im Vergleich zum Ausgangswert nahezu unverändert (s. Tabelle 5).

#### **3.4.4 Herzfrequenz (HF)**

Der Ausgangswert der HF war in beiden Gruppen gleich. Zum Zeitpunkt „vor Punktion der Trachea“ blieb der Wert gleich. Es bestand kein Gruppenunterschied. Der minimale Wert während der PDT (für mindestens 2 Minuten) zeigte sich nahezu unverändert zum Ausgangswert (s. Tabelle 5).

**Tabelle 5** Atemminutenvolumen (AMV) in l/min, positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) in cm H<sub>2</sub>O, arterieller Mitteldruck (MAP) in mmHg, Herzfrequenz (HF). Werte vor Beginn der PDT, vor Punktion der Trachea (mit Bronchoskop in situ) sowie Minimalwerte für > 2 Minuten während der PDT.  
#: signifikanter Unterschied innerhalb der Gruppe zum Ausgangswert  
p: Signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, n.s. = nicht signifikant

	Vor Beginn der PDT (FiO <sub>2</sub> = 1,0)			Vor Punktion der Trachea			Minimalwert für mind. 2 Minuten		
	LMA	ETT	p	LMA	ETT	P	LMA	ETT	p
AMV	8,2 ± 2	8,7 ± 3	n.s.	5,4 ± 3 #	4,8 ± 4 #	n.s.	4,8 ± 4 #	3,7 ± 4 #	n.s.
PEEP	8 ± 3	9,6 ± 5	n.s.	6,3 ± 3	6,9 ± 5	n.s.	--	--	
MAP	87 ± 16	87 ± 17	n.s.	91 ± 20	98 ± 26	n.s.	84 ± 18	82 ± 19	n.s.
HF	77,5 ± 15	76 ± 20	n.s.	81,3 ± 17	81,1 ± 20	n.s.	77,8 ± 18	77 ± 17	n.s.

### **3.5 Bewertung der Arbeitsschritte während der PDT**

#### **3.5.1 Einführen Larynxmaske / Vorbereiten des endotrachealen Tubus**

##### **Gruppe LMA**

Das Einbringen der Larynxmaske wurde in über 90% der Fälle vom Untersucher als „sehr leicht“ oder „leicht“ beschrieben. Bei zwei Patienten war es schwierig, aber möglich (Grad 3). Hier wurden mehrere Versuche benötigt, um die Larynxmaske korrekt zu platzieren. Bei einem Patienten war es nicht möglich die Larynxmaske korrekt zu platzieren, die PDT erfolgte nach Reintubation mit dem ETT (Grad 4). Bei diesem Patienten wurden alle weiteren Operationsschritte mit 4 („mit LMA nicht möglich“) bewertet.

##### **Gruppe ETT**

Bei allen Patienten war das Zurückziehen des Tubus „sehr leicht“ oder „leicht“ (Grad 1 und 2).

##### **Statistischer Gruppenvergleich**

Bei dieser Bewertung ergab sich kein signifikanter Gruppenunterschied (s. Tabelle 6).

#### **3.5.2 Beatmung vor OP-Beginn: LMA in situ / Tubus entblockt**

##### **Gruppe LMA**

Nach Einführen der LMA bewerteten die Operateure die Beatmung bei allen in der Auswertung verbliebenen 32 Patienten mit „sehr gut“ oder „gut“, d. h. mit ausreichendem AMV. In keinem Fall kam es zu erheblichen Problemen oder gar einem Abbruch der Durchführung.

##### **Gruppe ETT**

In der Gruppe ETT kam es häufiger als mit LMA zu geringen (Grad 2) oder erheblichen (Grad 3) Problemen bei der Beatmung. In fünf Fällen wurden die Beatmungsprobleme als schwierig / erheblich dokumentiert (Grad 3), da Sauerstoffsättigungen mit Werten zwischen 79 und 70% aufgetreten waren.



### **Statistischer Gruppenvergleich**

Die Beatmung war in der Gruppe LMA besser ( $p < 0,01$ ) (s. Tabelle 6).

### **3.5.3 Einführen des Bronchoskops**

In fast gleicher Anzahl der Fälle (ETT  $n = 26$ ; LMA  $n = 25$ ) bewerteten die Operateure das Einführen als problemlos. Bei 6 Patienten der Gruppe LMA konnten die Stimmbänder nicht sofort passiert werden (Grad 2). In einem weiteren Fall hatte der Operateur in der Gruppe LMA erhebliche Schwierigkeiten, die Stimmbänder zu passieren (Grad 3). In der Gruppe ETT traten keine gravierenden Probleme auf. Bei vier Patienten war ein Tubuswiderstand zu überwinden (Grad 2) (s. Tabelle 6).

### **Statistischer Gruppenvergleich**

Bei dieser Bewertung ergab sich kein signifikanter Gruppenunterschied (s. Tabelle 6).

**Tabelle 6** Anzahl der Patienten (und %) in den Bewertungskategorien der Arbeitsschritte der PDT in einer 4- stufigen Skala. LMA n = 33, ETT n = 30.  
 \* Wechsel des Verfahrens erforderlich (ETT → LMA bzw. LMA → ETT) und Bewertung mit „4“ auch in allen folgenden Schritten.  
 p < 0,05: signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (chi<sup>2</sup> Test)

		<b>1</b> Keine Probleme	<b>2</b> Geringe Probleme	<b>3</b> Erhebliche Probleme	<b>4</b> nicht möglich / Wechsel Luftweg	<b>p</b>
Einführen LMA	LMA	19 58%	11 33%	2 6%	1* 3%	n.s.
	ETT	22 73%	8 27%	0	0	
Vorbereiten ETT	LMA	28 85%	4 12%	0	1* 3%	0,01
	ETT	10 33%	15 50%	5 17%	0	
LMA liegt	LMA	25 76%	6 18%	1 3%	1* 3%	n.s.
	ETT	26 87%	4 13%	0	0	
Einführen des Bronchoskops	LMA	29 88%	2 6%	1 3%	1* 3%	< 0,01
	ETT	10 33%	10 33%	8 27%	2* 7%	
Identifikation der Strukturen	LMA	24 73%	7 21%	1 3%	1* 3%	< 0,01
	ETT	8 27%	9 30%	11 37%	2* 7%	
Übersicht Trachea (komplette Zirkumferenz)	LMA	29 88%	3 9%	0	1* 3%	< 0,01
	ETT	14 47%	9 30%	5 17%	2* 7%	
Kontrolle Funktion	LMA	30 91%	2 6%	0	1* 3%	< 0,01
	ETT	15 50%	8 27%	5 17%	2* 7%	
Kontrolle Dilatation	LMA	16 48%	15 46%	1 3%	1 3%	0,02
	ETT	5 17%	15 50%	7 23%	3 10%	

### **3.5.4 Identifikation von Schild-, Ringknorpel und 1. - 3. Trachealspange**

#### **Gruppe LMA**

Durch die liegende LMA konnten mit dem Bronchoskop in 88% der Fälle alle Strukturen (Schildknorpel, Ringknorpel, 1. - 3. Trachealspange) sicher identifiziert werden (Grad 1). Ausreichend sicher (Grad 1 und 2 zusammen) waren die Strukturen in 94% zu erkennen. Das bedeutet, dass in lediglich 3% (n = 1) mit der LMA als Atemweg weder Schild- noch Ringknorpel auszumachen waren (s. Tabelle 6).

#### **Gruppe ETT**

Es gelang nur in 33% der Fälle mit dem ETT die genannten Strukturen komplett zu erkennen (Grad 1). Grad 1 und 2 zusammengenommen war in der Gruppe ETT in 66% der Patienten gewertet worden. Umgekehrt waren in 27% (n = 8) mit dem ETT als Atemweg weder Schild- noch Ringknorpel auszumachen (Grad 3). In einem Fall war, durch ständiges Verrutschen des Tubus und Verlust der Sicht, die Einstichhöhe für den Operateur nicht zu identifizieren, so dass der Tubus gegen eine LMA getauscht werden musste (Grad 4). In diesem Fall kam es zusätzlich zu einer Punktion des Bronchoskops. Bei einem weiteren Patienten war das Zurückziehen des Tubus in eine Position, in der sowohl eine suffiziente Beatmung, als auch eine gute Sicht auf die Strukturen vorlag, nicht möglich (Grad 4), so dass das Verfahren gewechselt und eine Larynxmaske eingebracht wurde. Postoperativ zeigten sich eine leichte Blutung und eine Schwellung des Kehlkopfs.

Diese beiden Patienten verblieben im Protokoll in der Gruppe ETT, die folgenden Schritte wurden protokollgemäß mit 4 bewertet (s. Tabelle 6).

#### **Statistischer Gruppenvergleich**

Die Bewertungen zur sicheren Identifikation von Ring-, Schildknorpel und der ersten Trachealspange waren in der Gruppe LMA deutlich besser als bei der Tracheostomie mit ETT ( $p < 0,001$ ).

### **3.5.5 Übersicht der Trachea**

#### **Gruppe LMA**

Über die LMA war in fast allen Fällen (94%) die gesamte Zirkumferenz oder größtenteils (Grad 1 und 2) sichtbar. In nur einem Fall war lediglich ein kleiner Teil der Zirkumferenz zu sehen (Grad 3) (s. Tabelle 6).

#### **Gruppe ETT**

In der Gruppe ETT konnte nur in 57% die Übersicht mit Grad 1 und 2 beurteilt werden. In 11 Fällen war lediglich ein kleiner Teil der Zirkumferenz zu sehen (Grad 3) (s. Tabelle 6).

#### **Statistischer Gruppenvergleich**

Die Bewertungen zur Sicht der Zirkumferenz der Trachea waren in der Gruppe LMA signifikant besser als bei der Tracheostomie mit ETT ( $p = 0,001$ ) (s. Tabelle 6).

### **3.5.6 Kontrolle Einstich der Nadel: Mitte und Höhe der Punktion**

#### **Gruppe LMA**

Bei 88% ( $n = 29$ ) der Patienten der Gruppe LMA war es sicher möglich den Einstich der Nadel und auch die Mitte und Höhe der Punktion zu kontrollieren (Grad 1). In 3 Fällen wurde sicher die Mitte aufgesucht und unterhalb der 1. Trachealspange punktiert, die exakte Höhe konnte aber nicht sicher ausgemacht werden (Grad 2). Insgesamt konnte bei allen verbliebenen Patienten der Gruppe LMA eine sichere Punktion durchgeführt werden (s. Tabelle 6).

#### **Gruppe ETT**

In der Gruppe ETT konnte bei 77% ( $n = 23$ ) der Patienten sicher die Punktionshöhe und Mitte kontrolliert werden, oder zumindest sicher unterhalb der 1. Trachealspange punktiert werden (Grad 1 und 2). In 17% ( $n = 5$ ) der Fälle hingegen war es nicht sicher möglich die Höhe der Punktionsstelle durch das Bronchoskop zuzuordnen (s. Tabelle 6).

### **Statistischer Gruppenvergleich**

Die Bewertungen zur sicheren Überwachung des richtigen Einstichs der Trachea hinsichtlich der Höhe und der Mitte der Trachea waren in der Gruppe LMA signifikant besser als bei der Tracheostomie mit ETT ( $p = 0,006$ ) (s. Tabelle 6).

### **3.5.7 Kontrolle der Dilatation**

#### **Gruppe LMA**

Bei den 32 verbliebenen Patienten der Gruppe LMA war es in 30 Fällen möglich, die Dilatation unter Sicht vollständig zu kontrollieren (Grad 1) und in den restlichen zwei Fällen eine mögliche Verletzung sicher auszuschließen (Grad 2) (s. Tabelle 6).

#### **Gruppe ETT**

In der Gruppe ETT konnte bei 15 Patienten sicher die Dilatation kontrolliert (Grad 1) und in 8 Fällen sicher eine Verletzung der Pars membranacea ausgeschlossen werden (Grad 2). In 5 Fällen war die Aufweitung nicht sicher zu sehen und konnte nicht kontrolliert durchgeführt werden (Grad 3) (s. Tabelle 6).

### **Statistischer Gruppenvergleich**

Die Bewertungen zur sicheren Überwachung der Dilatation hinsichtlich der Aufdehnung der Vorderseite und Unversehrtheit der Pars membranacea waren in der Gruppe LMA signifikant besser als bei der Tracheostomie mit ETT ( $p = 0,005$ ) (s. Tabelle 6).

### **3.5.8 Schlechteste Beatmung (für > 2 Minuten)**

#### **Gruppe LMA**

In der Gruppe LMA wurden bei 94% keine kritischen Werte gemessen (Grad 1 und 2). In lediglich einem Fall wurde die Beatmung mit 3 eingeschätzt (s. Tabelle 6).

#### **Gruppe ETT**

In der Gruppe ETT waren in 23% kritisch verminderte AMV bzw.  $\text{SaO}_2 < 79\%$  gemessen worden (Grad 3). Bei einem Patienten wurde die Beatmung gegen Ende der Operation mit 4 bewertet. Die PDT wurde in Apnoe in kürzester Zeit zu Ende gebracht (s. Tabelle 6).

#### **Statistischer Gruppenvergleich**

Die Bewertungen zu Beatmungsproblemen ergaben signifikant seltener Oxygenierungsstörungen in der Gruppe LMA als bei der Tracheostomie mit ETT ( $p < 0,02$ ) (s. Tabelle 6).

### 3.6 Komplikationen

Bei einem Patienten in der Gruppe LMA und bei drei der Gruppe ETT wurde eine Einschätzung Grad 4 vergeben. Das ist per se als Komplikation zu bewerten. Darüber hinaus traten weitere Komplikationen auf, die nicht mit der strukturierten Bewertung der Operationsschritte (s. Tabelle 6) erfasst werden konnten: einmal Laryngospasmus, Beschädigung des Bronchoskopes, Verletzung der Pars membranacea und akzidentelle Extubation. Zweimal kam es zu stärkeren venösen Blutungen (Tabelle 7).

**Tabelle 7** Komplikationen während der PDT, Bewertung der Sicht / Beatmung zum Zeitpunkt der Komplikation (lt. Tabelle 6) und Maßnahmen

Patienten Nr.	Gruppe	Komplikation	Bewertung lt. Tabelle 6	Maßnahmen
17	ETT	Zurückziehen des Tubus in Position mit guter Sicht und suffizienter Beatmung nicht möglich Kehlkopf stark geschwollen	Grad 4	Wechsel auf LMA
19	ETT	Beatmung schlecht (gegen Ende der Prozedur)	Grad 4	PDT mit Tubus innerhalb einer Minute beendet
40	ETT	Tubus mehrmals verrutscht Schlechte Sichtverhältnisse Bronchoskop angestoßen	Grad 4	Wechsel auf LMA
62	LMA	Einführen LMA nicht möglich	Grad 4	Wechsel auf ETT
25	ETT	< 2/3 Zirkumferenz sichtbar Blutung	Grad 3	Unterbrechung bis o.k.
29	ETT	< 2/3 Zirkumferenz sichtbar Starke venöse Blutung → Ligatur	Grad 3	Unterbrechung bis o.k.
44	LMA	Probleme bei Einführen LMA; Patient zu wach; Laryngospasmus	Grad 3	Sedierung vertiefen danach keine Probleme
45	ETT	Verletzung Pars membranacea Akzidentelle Extubation	Grad 3	Reintubation problemlos
48	LMA	Trachealkanüle schwer zu platzieren	Grad 3	Mehrere Versuche

## 4 Diskussion

### 4.1 Tracheotomie in der Intensivmedizin

Während einer intensivmedizinischen Behandlung benötigen viele Patienten eine Langzeitbeatmung. Zunächst erfolgt die maschinelle Beatmung über den endotrachealen Tubus. Dies ist aber auf Dauer mit vielen klinischen Nachteilen behaftet. Eine gravierende Komplikation durch den liegenden Tubus sind verschiedene Kehlkopfschäden. Beschrieben sind Stenosen der posterioren Kommissur und der subglottischen Region, sowie Ulzerationen und Knorpelnekrosen der Stimmlippen und Aryknorpel<sup>1-3</sup>. Diese Komplikationsrate korreliert direkt mit der Anwendungsdauer des Tubus<sup>3</sup>. Zudem kommt es gehäuft zu Infektionen der Nasennebenhöhlen.

In mehreren Studien konnten positive Effekte einer Frühtracheotomie auf die Letalität nachgewiesen werden<sup>12-15</sup>. Rumbak beschrieb bei Patienten, die früh, also innerhalb der ersten Woche, tracheotomiert wurden, verminderte Raten an Pneumonien auf 5% im Vergleich zu sonst 25%, eine um fast 10 Tage ( $7,6 \pm 2$  vs.  $17,4 \pm 5,3$  Tage) reduzierte Beatmungsdauer und eine über die Hälfte ( $4,8 \pm 1,4$  vs.  $16,2 \pm 3,8$  Tage) reduzierte Verweildauer auf der Intensivstation<sup>15</sup>. Daraus resultierte eine verminderte Krankenhausmortalität (31,7% vs. 61,7%)<sup>15</sup>. Desgleichen berichteten Gründling et al. und Walz et al. von einer signifikant gesenkten Behandlungsdauer auf der Intensivstation, und einer geringeren Inzidenz nosokomialer Pneumonien. Auch die Weaning Phase kann sich nach einer Frühtracheotomie deutlich verkürzen<sup>3, 14, 16</sup>. Ein Grund dafür ist ein geringerer erforderlicher Sedierungsgrad<sup>3</sup>. Hinzu kommt eine Vereinfachung pflegerischer Maßnahmen (Mundpflege)<sup>14</sup>. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Motivation des Pflegepersonals bei tracheotomierten Patienten höher ist, als bei einem orotracheal intubierten Patienten<sup>2</sup>. Auch der Patient selbst empfindet einen höheren Komfort. Durch die erhöhte Atemwegssicherheit durch ein Tracheostoma ist der Patient mobiler, er hat die Möglichkeit über eine Sprechkanüle zu sprechen und auch die orale Nahrungsaufnahme kann verbessert werden.



## 4.2 Entwicklung der PDT

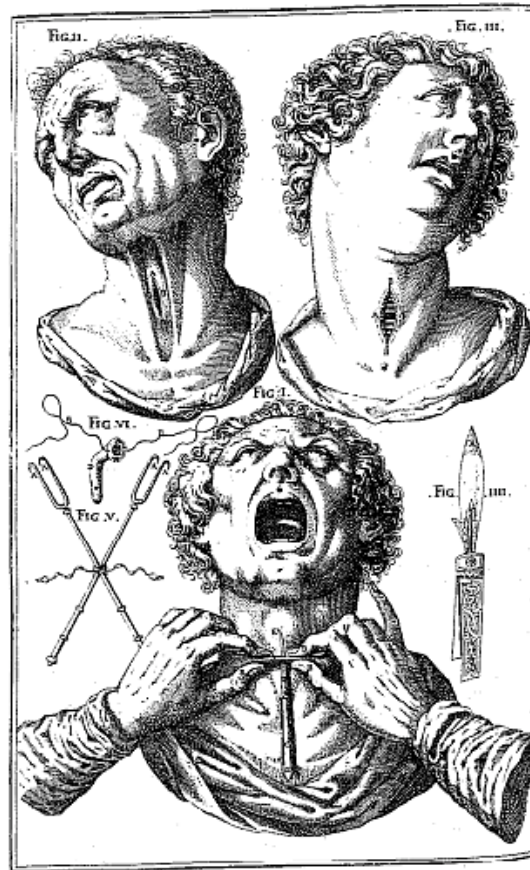
Perkutane Dilatationstracheostomien wurden vor über 20 Jahren eingeführt. In Deutschland werden jährlich bereits über 20.000 Intensivpatienten dilatativ tracheotomiert<sup>2</sup>. Derzeit gibt es fünf verfügbare Dilatationsmethoden. Bei allen Methoden erfolgt die Dilatation entlang eines Führungsdrahtes, der unter bronchoskopischer Sicht, nach perkutaner Punktion der Trachea eingeführt wird. In der ersten von Ciaglia 1985 publizierten Methode wird die Punktionsstelle entlang des Drahtes mit abgestuften Dilatatoren soweit aufdehnt, bis eine Trachealkanüle eingesetzt werden kann<sup>17</sup>. 1990 folgte die Dilatationstracheostomie nach Griggs, der zum Aufweiten entlang des Drahtes eine Spreizpinzette verwendet<sup>11</sup>. Fantoni publizierte 1997 die translaryngeale Tracheostomie. Hierbei erfolgt die Dilatation entlang des Drahtes und das Einsetzen der Trachealkanüle mit retrogradem Durchzug<sup>18</sup>. Im Jahr 2000 erschien die modifizierte Technik nach Ciaglia. Hierbei wird die Aufdehnung entlang des Drahtes mit einem einzigen sich an der Spitze verjüngenden Dilatator („blue Rhino“) durchgeführt<sup>19</sup>.

Zwei Jahre später wurde die Dilatationstracheostomie nach Frova und Quintel veröffentlicht, die mit Hilfe eines selbstschneidenden Schraubendilatators, dem sogenannten PercuTwist, das Gewebe entlang eines Drahtes weitet<sup>20,21</sup>.

Bisher konnten anhand vergleichender Studien keine Vorteile der einzelnen Verfahren erbracht werden, so dass diese Methoden gleichberechtigt nebeneinander existieren<sup>14,22</sup>.

## 4.3 Chirurgische Tracheotomie oder PDT?

Die Tracheotomie kann entweder offen chirurgisch oder als perkutane Dilatationstracheostomie durchgeführt werden. Die chirurgische Tracheotomie wird schon seit über 2000 Jahren durchgeführt und zählt zu den ältesten chirurgischen Eingriffen.



**Abbildung 2** Älteste bekannte Darstellung einer Tracheotomie in einem Lehrbuch des Chirurgen und Anatomen Guilio Casseri (um 1552 – 1616).  
Casseri I: De vocis auditusque organis historia anatomica. Ferrara Baldimus (1600) Lib. I, Cap. XX: 119-124.  
Entn. aus: Byhahn C et al. Tracheotomie. Steinkopf Darmstadt 2000

Die Verfahren zur PDT, sowie die chirurgische Tracheotomie können prinzipiell sowohl im Patientenbett auf der Intensivstation, als auch im Operationssaal durchgeführt werden. Für die Durchführung der offen chirurgischen Tracheotomie wird der aseptische Operationssaal bevorzugt, da sowohl die Lagerung des Patienten, als auch der Komfort während der Operation (Platz, Höhe) aus der Sicht der Chirurgen im Operationssaal optimal ist. Dahingegen kann die PDT ohne jede Einschränkung bettseitig auf der Intensivstation stattfinden. Dadurch vermeidet man den innerklinischen Transport des Intensivpatienten und das damit verbundene Risiko schwerer, zum Teil letaler Komplikationen<sup>3, 23</sup>.

Da die PDT auf der Intensivstation von den dortigen Intensivmedizinern durchgeführt werden kann, entfällt die Koordination und Absprache bezüglich Chirurg und OP-Termin<sup>24</sup>.

Der personelle Aufwand unterscheidet sich stark. Für die chirurgische Tracheotomie im Operationssaal benötigt man in der Regel fünf Personen (OP-Schwester, -Springer, chirurgischen Assistenten, Operateur, anästhesiologisches Pflegepersonal, Anästhesisten). Für die PDT werden 2 - 3 Personen benötigt: der Operateur und Bronchoskopeur und ggf. eine dritte Person zum Fixieren des Endotrachealtubus.

Die reine Operationszeit für eine perkutane Dilatationstracheostomie ist nach Angaben der Literatur mit 21,5 Minuten geringfügig kürzer als für eine konventionelle Tracheotomie (24 Minuten)<sup>25</sup>. In der vorliegenden Untersuchung dauerte die reine Operationszeit (Mittelwert beider Gruppen LMA und ETT) 12,2 Minuten, die Gesamtzeit betrug 22,6 Minuten.

Der Materialaufwand für die PDT liegt mit ca. 150 € pro Set über den Sachkosten für eine chirurgische Tracheotomie. Diesen Mehrkosten für Material steht ein geringerer Personal- und Zeitaufwand gegenüber. Insgesamt ist die Durchführung der PDT weniger kostenintensiv<sup>26</sup>. Hierzu stellte Bause im Jahr 1999 einen Kostenvergleich zwischen konventioneller Tracheotomie und PDT an und konnte zeigen, dass für die chirurgische Tracheotomie das Doppelte an Kosten anfällt. (PDT n. Griggs: 322,65 DM; konventionelle Tracheotomie: 660,30 DM)<sup>12</sup>.

#### **4.3.1 Vergleich der Komplikationen**

Die tracheotomieassoziierten Komplikationen werden in Früh- und Spät-komplikationen unterteilt<sup>27, 28</sup>. Zu den intraoperativen schweren Komplikationen werden unter anderem Blutung, Pneumothorax oder Emphysem, Kanülendislokation und Tod gerechnet. In der Metaanalyse von Klemm wird eine intraoperative Gesamtkomplikationsrate bei der chirurgischen Tracheotomie von 7,2% und bei der PDT von 4,5% angegeben<sup>22</sup>. Stoeckli et al. beschrieb die Gesamtrate der intra- und postoperativen Komplikationen bei der PDT mit 6,4% und bei der chirurgisch konventionellen Tracheotomie mit 36,1%<sup>25</sup>. Des Weiteren liegt die Infektionsrate des Stomas nach einer PDT bei weniger als 1%, hingegen nach chirurgischer Tracheotomie bei 22,2%<sup>2, 25</sup>.

Eine zusätzliche Sicherheit und somit Verminderung von intraoperativen Komplikationen kann durch die Verwendung eines Bronchoskops zur PDT erreicht werden. Durch die bronchoskopische Kontrolle kommt es seltener zu Verletzungen

der Trachealhinterwand. Da unter Sicht jeder Schritt verfolgt werden kann, besteht ein höherer Grad an Sicherheit.

Die Inzidenz einer postoperativen Blutung wird in der Arbeit von Stoeckli et al. nach PDT mit 2,1% und nach konventioneller Tracheotomie mit 13,9% angegeben <sup>25</sup>. Nach einer PDT wurden im Gegensatz zur chirurgischen Tracheotomie seltener Trachealstenosen gefunden <sup>2</sup>. Stoeckli beschreibt in seiner Arbeit, dass nach subjektivem Empfinden sich das Tracheostoma nach der PDT schneller verschließt und geringere Narben hinterlasse, als nach konventioneller <sup>25</sup>. Das bessere kosmetische Ergebnis nach PDT wird auch in der Arbeit von Heuer bestätigt <sup>29</sup>.

So kann man sowohl hinsichtlich der postoperativen Spätkomplikationen als auch über die Durchführung bezüglich Zeit und Aufwand sagen, dass die PDT gegenüber der konventionellen Tracheotomie Vorteile bietet <sup>2</sup>. Daher hat sich wegen der niedrigeren Komplikationsrate und der weiteren medizinischen und ökonomischen Vorteile die PDT als Atemweg bei der Langzeitbeatmung im Rahmen der Intensivmedizin durchgesetzt <sup>2</sup>.

Dennoch können bei einer PDT methodenbedingte folgende Probleme auftreten:

- In einer Häufigkeit von etwa 3% kommt es zu einer akzidentellen Extubation. Das liegt daran, dass der Tubus oberhalb der Punktionsstelle platziert werden muss und dadurch nur etwa 1 cm unterhalb der Glottisebene liegt. Geringe Bewegungen können dann zur Extubation führen <sup>7</sup>.
- Liegt der Tubus und damit die Spitze des Bronchoskops dagegen zu tief, können Tubuscuff oder Bronchoskop durch die Punktionsnadel beschädigt werden <sup>32</sup>. Es kann zu Verletzungen der Trachealhinterwand kommen, zum einen durch die Punktionsnadel, zum anderen, weil bei den meisten Verfahren während der Dilatation starker Druck ausgeübt werden muss.
- Generell sinkt während des Eingriffs das Atemminutenvolumen. Das liegt zum einen daran, dass der üblicherweise verwendete Tubus während der PDT entblockt und zurückgezogen werden muss, wodurch ein erhebliches Leckagevolumen entsteht, zum anderen wird der Tubus durch das eingeführte Bronchoskop erheblich obstruiert (Tabelle 8). Das verminderte AMV hat einen Anstieg des  $\text{paCO}_2$  zur Folge <sup>30, 31</sup>.

**Tabelle 8** Einfluss eines einliegenden Bronchoskops auf die verbleibende Querschnittsfläche bei LMA classic, Endotrachealtubus (ETT) und ProSeal LMA. ID = Innendurchmesser

	ETT 7,5 mm ID	LMA classic Größe 5	ProSeal LMA Größe 5
mm ID	7,5	12	7,5
Querschnittsfläche (mm <sup>2</sup> )	44,2	113,1	44,2
Reduktion der Querschnittsfläche durch 5 mm Bronchoskop (in %)	44%	17%	44%
Die reduzierte Querschnittsfläche entspricht einem ETT (mm ID)	5,5	11	5,5

Anhand Tabelle 8 wird deutlich, in welchem Ausmaß das eingeführte Bronchoskop das Lumen des jeweiligen Atemwegs obstruiert. So wird aufgezeigt, dass die Querschnittsfläche einer LMA classic durch das eingeführte Bronchoskop lediglich auf einen Innendurchmesser (ID) reduziert wird, der immerhin noch dem eines Endotrachealtubus mit 11 mm ID entspricht. Die reduzierte Querschnittsfläche eines 7,5 mm ID Tubus entspricht dahingegen nach Einbringen des Bronchoskops nur noch einem 5,5 mm ID Tubus. Hier zeigt sich, dass die verbleibende Querschnittsfläche bei eingeführtem Bronchoskop in den Atemweg bei der LMA classic doppelt so groß ist wie bei einem ETT.

Bei dem herkömmlichen Vorgehen wird für die PDT der liegende ETT verwendet. Die Anwendung einer LMA wird von einigen Autoren ausdrücklich nicht empfohlen, weil kein sicherer Atemweg vorläge<sup>8</sup>. Dennoch gibt es ermutigende Berichte in der Literatur über die erfolgreiche Anwendung der LMA zur PDT<sup>7, 9, 33, 34</sup>.

In der Pilotstudie der eigenen Arbeitsgruppe stellten wir nicht nur fest, dass die Beatmung mit LMA in fast allen Fällen zumindest befriedigend möglich war, sondern fanden heraus, dass die Sicht, wegen der im Vergleich zum ETT besseren Lage des Bronchoskops, deutlich verbessert werden konnte<sup>9</sup>.

Eine gute Sicht auf die Strukturen während der Operation hilft Komplikationen während der PDT zu vermindern. Das unterstreicht die Wichtigkeit einer guten und kompletten Sicht auf die Trachea während der gesamten PDT. Da in der Literatur

widersprüchliche Ansichten zur PDT mit einer LMA existieren und es derzeit keine Studien zu den Sichtbedingungen mit einer LMA gibt, führten wir die vorliegende randomisierte Untersuchung zu Risiken und Komplikationen, sowie zur Übersicht während der PDT im Vergleich LMA und ETT durch.

#### **4.4 Ergebnisse der vorliegenden Studie**

Das Studiendesign war randomisiert, prospektiv und einfach verblindet. Eine Verblindung des Untersuchers konnte nicht stattfinden, da der Blick auf den Bildschirm mit der Sicht durch das Bronchoskop die Studiengruppe offenbart.

Beiden Gruppen wurden solange Patienten zugeteilt, bis in jeder Gruppe 30 Patienten waren. Bedingt durch die Randomisierung wurden dann der Gruppe LMA 33 und der Gruppe ETT 30 Patienten zugeteilt. Die Gruppen waren hinsichtlich wichtiger demografischer Patientendaten, Erkrankungsschwere (pulmonal) und Verteilung der Fachabteilungen vergleichbar.

##### **4.4.1 Zeiten**

Die Zeit für die Bronchoskopie (Einführen des Bronchoskops bis zur definitiven Lage), dauerte in beiden Gruppen 4 Minuten. Der Zeitbedarf in der Gruppe ETT ist durch die Suche nach der optimalen Tubuslage und in der Gruppe LMA durch die Stimmbandpassage bedingt. Bei dem ETT wird durch Tasten des Ringknorpels, Transillumination und bronchoskopische Sicht die Spitze des Bronchoskops oberhalb der geplanten Einstichstelle platziert. Mit der LMA ist das Bronchoskop unmittelbar nach der Passage der Stimmbänder richtig platziert. Unter der Glottisebene ist der Schildknorpel einwandfrei zu identifizieren und bleibt die ganze Zeit sichtbar.

Die Gesamtzeit zur Durchführung der PDT mit liegendem endotrachealen Tubus betrug in unserer Studie  $24 \pm 12$  Minuten. In der Gruppe Larynxmaske, in der zunächst der ETT gegen eine Larynxmaske getauscht werden musste, verlängerte sich die Gesamtzeit dadurch nicht. Sie betrug  $21 \pm 9$  Minuten. Dies lässt vermuten, dass durch die verbesserte Sicht während der gesamten Operation und der damit verbundenen Sicherheit, die PDT mit LMA zügiger durchzuführen ist.

In der Literatur wurden Gesamtoperationszeiten für eine PDT mit ETT von 21,5 Minuten angegeben<sup>25</sup>. Verglichen damit konnten wir, sowohl mit dem ETT, als auch mit der Larynxmaske, vergleichbare Zeiten erreichen.

#### 4.4.2 Beatmung / BGA

Ein in der Literatur beschriebenes Problem ist ein Abfall des AMV während der PDT<sup>3, 30, 31</sup>. Dafür sind mehrere Faktoren verantwortlich:

- Nach Einführen des Bronchoskops in den Tubus kommt es zu einer Obstruktion des Atemwegs. Zum Beispiel vermindert ein Bronchoskop mit einem Durchmesser von 5 mm in einem 7,5 mm ID Tubus den Querschnitt um 44%<sup>30, 31</sup> (Hagen-Poiseuille Gesetz) (s. Tabelle 8). Die verbliebene Querschnittsfläche entspricht dann einem Tubusinnendurchmesser von 5,5 mm.
- Unter Verwendung eines ETT entsteht zwingend eine Leckage durch das Entblocken des Tubus, dies ist mit einer LMA prinzipiell vermeidbar.

Auch in der vorliegenden Studie zeigte sich während der PDT ein Abfall des AMV in beiden Gruppen, wobei das Ausgangsminutenvolumen unmittelbar vor Punktion in beiden Gruppen vor Beginn der PDT gleich war. In der Gruppe LMA wurde ein Minimalwert im Mittel von 4,8 l und in der Gruppe ETT von 3,7 l gemessen. In der Gruppe ETT kam es bei 7 Patienten zu einem Abfall des AMV unter 0,5 l, in der Gruppe LMA nur bei einem Patienten.

In den Blutgasanalysen vor Punktion der Trachea und eine Minute postoperativ, fand sich in beiden Gruppen ein Anstieg des  $p_a\text{CO}_2$  als Zeichen der Hypoventilation. Dieser Anstieg „vor Punktion“ betrug in der Gruppe ETT fast 50% und war größer als bei Beatmung mit LMA (hier: 25%). In der Literatur ist eine Hyperkapnie bei der PDT über den liegenden Tubus mehrfach beschrieben<sup>3, 30, 31</sup>. Reilly führt das eindeutig auf die Tubusobstruktion durch das Bronchoskop zurück, denn bei der Lokalisation der Punktionsstelle mit Ultraschall und ohne Bronchoskop, kam es zu geringeren Anstiegen des  $p_a\text{CO}_2$ <sup>31</sup>.

Eine herausragende Relevanz eines  $\text{CO}_2$  Anstiegs liegt darin, dass es zu einer Erhöhung des zerebralen Blutflusses (CBF) um 2 - 4% pro mmHg  $p_a\text{CO}_2$  Anstieg

kommt<sup>35</sup>. Bei Patienten mit einer verminderten intrakraniellen Compliance führt das zu einem Hirndruckanstieg<sup>3, 35</sup>.

Prinzipiell könnte die Larynxmaske eine Lösung dieses Problems bieten, denn nach Einführen des Bronchoskops in eine Larynxmaske kommt es lediglich zu einer Verminderung des Querschnitts um 17%. Damit entspricht der verbliebene Durchmesser einem ETT mit 11 mm Innendurchmesser (Tabelle 8). Die Anwendungseigenschaften der Larynxmaske diesbezüglich sind in Studien noch nicht untersucht worden.

Der arterielle Sauerstoffpartialdruck war vor Beginn der PDT und vor Punktion der Trachea in beiden Gruppen gleich. Postoperativ zeigte sich in beiden Gruppen ein Abfall um 100 mmHg. Trotz des Abfalls wurden arterielle Sauerstoffpartialdrücke von mehr als 280 mmHg gemessen. Dies ist unter anderem auf die präoperative 10-minütige Präoxygenierung zurückzuführen. Außerdem zeigt sich, dass die Beatmung mit einem  $FiO_2 = 1,0$  mit beiden Atemwegen hinsichtlich der Oxygenierung ausreichend war. In Einzelfällen gab es einen Abfall der  $S_aO_2$  Sättigung, aber hier zeigte die LMA Vorteile.

In dem Untersuchungsabschnitt, in dem die Beatmung mit entblocktem Tubus und Larynxmaske in situ beurteilt wurde, hatten 17% der Patienten ( $n = 5$ ) der Gruppe ETT ein kritisch vermindertes AMV von  $< 0,5$  l oder eine Sauerstoffsättigung zwischen 70 und 79%. In der Gruppe mit Larynxmaske hingegen gab es keinerlei Verschlechterung. In der Arbeit von Imami et al. kam es bei der bronchoskopisch überwachten PDT über den endotrachealen Tubus mit einem  $FiO_2$  von 1,0 bei 15% der Patienten zu Abfällen des  $S_aO_2$  auf unter 90%<sup>3, 36</sup>. Ursächlich dafür sind eine Leckage beim Entblocken und die Verminderung des Lumens des Tubus.

Eine Leckage stellt bei der LMA ein geringeres Problem dar, weil der Cuff nach dem Platzieren geblockt werden kann, und die LMA die gesamte Operationsdauer an Ort und Stelle verbleibt. Eine Larynxmaske ist bis zu einem bestimmten Beatmungsdruck dicht. Somit besteht, im Gegensatz zum ETT, die Möglichkeit den Patienten während der gesamten PDT mit einem PEEP zu beatmen.

Einige Autoren lehnten die LMA für die PDT ab, weil sie, im Gegensatz zum Endotrachealtubus, einen verminderten Aspirationsschutz unterstellen<sup>37</sup>. Dieses Argument ist kritisch zu werten, da vor dem Zurückziehen des Tubus durch den



Assistenten der Tubus entblockt wird, und damit überhaupt kein Aspirationsschutz mehr besteht<sup>14</sup>. Eine obligate sechsstündige Nüchternheit präoperativ und ein vorheriges Absaugen des Magens mit anschließendem Entfernen der Magensonde wird empfohlen. In der vorliegenden Studie und in der Pilotstudie kam es weder zur Aspiration noch zu Regurgitationen<sup>9</sup>. Auf den eigenen Intensivstationen wurden mehr als 200 PDT durchgeführt, ohne einen Fall von Aspiration (im Rahmen von Studien 152 PDT). Insgesamt ist das Aspirationsrisiko gering, denn es gibt diesbezüglich kaum Angaben in der Literatur bei den Beschreibungen der verschiedenen Komplikationen. Lediglich in einer Arbeit aus dem Jahr 1998 wurden bei 40 durchgeführten PDT drei Fälle einer Aspiration beschrieben<sup>26</sup>.

### **Welche Larynxmaske kann verwendet werden?**

Sowohl die Intubationslarynxmaske (ILM), als auch die ProSeal Larynxmaske und die Larynxmaske classic (LMA) wurden zur PDT verwendet<sup>9, 34, 38</sup>.

In der Pilotstudie der eigenen Arbeitsgruppe wurde die Intubationslarynxmaske verwendet<sup>9</sup>. Ein Vorteil der ILM besteht darin, dass in Notfallsituationen eine Reintubation leicht durchgeführt werden kann. Dennoch haben wir die ILM in unserer Studie nicht verwendet, da in der Pilotstudie in vier Fällen die ILM nicht platziert werden konnte und eine Reintubation erfolgen musste.

Eine andere Alternative bietet die ProSeal Larynxmaske. Durch ein zweites Lumen kann Magensaft nach außen geleitet und eine Aspiration verhindert werden<sup>34, 38</sup>. Der Nachteil dieser Larynxmaske besteht in dem geringeren Innendurchmesser, der dem eines Endotrachealtubus entspricht. Damit findet wieder eine erhebliche Obstruktion des Luftweges statt, womit oben genannte Vorteile verloren gehen.

In unserer Studie benutzten wir die Larynxmaske classic. Durch ihren größeren Innendurchmesser traten Probleme mit einer Hyperkapnie, im Vergleich zum Endotrachealtubus mit verhältnismäßig kleinem Innendurchmesser, signifikant seltener auf. Auch gelang die Platzierung der LMA classic leicht. Lediglich in einem Fall war es nicht möglich die LMA zu platzieren und der Patient musste reintubiert werden.

Aufgrund unserer Erfahrungen bevorzugen wir die Larynxmaske classic zur PDT, da sie wegen ihres großen Innendurchmessers gegenüber den anderen beschriebenen Larynxmasken überlegen ist.

Ein Vergleich der ProSeal LMA und der LMA classic zur PDT liegt derzeit noch nicht vor.

#### **4.4.3 Kreislaufparameter**

Der Mittelwert des mittleren arteriellen Blutdrucks und der Herzfrequenz war in beiden Gruppen zu allen Zeitpunkten gleich, ebenso die Minimalwerte. Es kam bei keinem der Patienten zu einem kritischen Abfall. Die untersuchten Verfahren (LMA / ETT) zur PDT sind hinsichtlich der Kreislaufstabilität gleichwertig.

Auch in anderen Studien traten im Verlauf der Tracheostomien keine relevanten Kreislaufveränderungen auf<sup>39</sup>. Lediglich in der Arbeit von Byhan et al.<sup>40</sup> wird von einem beinahe tödlichen Kreislaufstillstand beim schwierigen Einführen der Kanüle berichtet.

Daraus lässt sich ableiten, dass gravierende Kreislaufprobleme seltene Ereignisse während einer PDT sind.

#### **4.5 Häufigkeit von Komplikationen LMA vs. ETT zur PDT**

Betrachtet man nun die Handhabung mit dem jeweiligen Atemhilfsmittel in unserer Studie, so zeigt sich, dass es zu unterschiedlichen Schwierigkeiten kommen kann.

In zwei Fällen gab es ernsthafte Probleme beim Einführen der Larynxmaske (Grad 3). Einmal wurden zwei Versuche benötigt bis die Larynxmaske korrekt lag und zum zweiten gab es Schwierigkeiten bei einem zu wachen Patienten. Hier kam es beim Einführen der LMA, aufgrund der Manipulationen am zu wachen Patienten, zu einem Laryngospasmus. Dieses Problem ist vermeidbar und mit einer ausreichend tiefen Sedierung beim Wechsel des ETT auf die LMA zu lösen. In einem Fall ließ sich die Larynxmaske gar nicht platzieren und es musste eine Reintubation erfolgen (Grad 4).

In der Gruppe ETT gelang es bei einem Patienten nicht, den Tubus mit Bronchoskop in eine optimale Position zurückzuziehen in der eine suffiziente Beatmung mit Beurteilbarkeit der relevanten trachealen Strukturen vorlag (Grad 4). Bei einem

weiteren Patienten verrutschte der Tubus während der Operation mehrmals, die Sichtbedingungen waren so schlecht, dass in diesem Fall, bei Verlust der Orientierung, das Bronchoskop angestochen wurde (Grad 4). In beiden Fällen wechselte der Operateur auf eine LMA und konnte ohne weitere Zwischenfälle die PDT zu Ende führen. Hier wird ein Problem in der Handhabung mit dem Tubus deutlich. Nach dem Zurückziehen muss eine dritte Person den Tubus manuell fixieren. Dennoch kann der Tubus entweder tiefer hineinrutschen, dabei kann das Bronchoskop oder der Tubus bei der Punktion angestochen werden, oder es kann zu einer akzidentiellen Extubation kommen <sup>7</sup>. In einem Fall kam es in unserer Untersuchung während der PDT zur akzidentiellen Extubation. Das Problem wurde durch eine problemlose Reintubation gelöst.

Jedoch kann es durchaus zu einer Notfallsituation kommen, wenn Schwierigkeiten bei der Reintubation auftreten. Durch den Zeitverlust kann es zu einem Abfall des  $p_aO_2$  mit schwerwiegenden Folgen für den Patienten kommen.

Die eingeführte Larynxmaske hingegen kann mit einem Klebestreifen in Position fixiert werden, da sie nach Platzierung nicht weiter bewegt werden muss. Hier entfällt die dritte Person, es werden lediglich der Operateur und Bronchoskopeur benötigt. Wichtig ist eine ausreichend tiefe Sedierung während der gesamten Prozedur.

Ein versehentliches Tieferrutschen des Bronchoskops ist mit einer LMA nicht so leicht möglich, da bei korrekter Lage der markante Schildknorpel am Bildschirm sichtbar ist. Ein Herausrutschen aus der Trachea ist unproblematisch, da das Wiedereinführen genauso leicht ist wie initial.

Außerdem wurde die Handhabung während des Einbringens des Bronchoskops im Vergleich LMA zu ETT beurteilt. In der Gruppe ETT war dieser Schritt einfacher. Das erklärt sich dadurch, dass der Weg durch den ETT in die Trachea genau vorgegeben ist, da der Tubus über die Stimmbandebene in die Trachea hineinreicht und somit eine Leitschiene für das Bronchoskop an den Stimmbändern vorbei bietet. Dennoch kam es in drei Fällen zu kleineren Problemen beim Einführen des Bronchoskops. Diese treten auf, wenn durch einen kleineren Tubus bronchoskopiert werden muss, oder wenn der zurückgezogene Tubus mit seiner Spitze direkt auf der Trachealvorderwand steht. Jedoch bewerteten die Untersucher diesen Schritt mit ETT in über 90% der Fälle als unproblematisch (Grad 1 oder 2).

Aber auch in der Gruppe LMA konnten über 90% der Untersucher das Bronchoskop ohne größere Probleme einführen. Bei sechs Patienten wurden geringe Schwierigkeiten bei der Passage der Stimmbänder beschrieben. In zwei Fällen wurden Schwellungen der Stimmbänder beschrieben. Dies führte lediglich zu einem Zeitverzug, die Beatmung wurde während der Manipulation nicht beeinträchtigt.

Schwellungen und Nekrosen der Stimmbänder sind aus der Literatur bekannte Nebenwirkungen nach einer orotrachealen Langzeitintubation<sup>1-3</sup>. Führt man das Bronchoskop durch die LMA ein, ist im Gegensatz zum ETT der Zustand der Stimmbänder immer zu beurteilen. Von Befürwortern des ETT zur PDT wird angeführt, dass nach längerer Intubation die Stimmbänder so stark geschwollen sein können, dass eine Beatmung mit LMA stark erschwert werden kann. Die Häufigkeit dieser Schwellungen wird in der Literatur mit 10% angegeben<sup>41, 42</sup>.

In der vorangegangenen Pilotstudie der eigenen Arbeitsgruppe lag die Häufigkeit von Stimmbandschwellungen, welche die Beatmung beeinträchtigte, bei 0%. Dies lag vielleicht daran, dass im Gegensatz zu früheren Zeiten die Indikation zur Tracheostomie deutlich früher gestellt wurde. In 4,6% (n = 4) musste zwar reintubiert werden, da die Beatmung über die Intubationslarynxmaske (ILM) nicht möglich war. Jedoch lag der Grund nicht in einer Schwellung der Stimmbänder, sondern in Problemen beim Einführen und der häufigen Fehllage der Intubationslarynxmaske über dem Zungengrund und nicht über dem Kehlkopf<sup>9</sup>.

In der vorliegenden Untersuchung wurden in der Gruppe LMA bei zwei Patienten Schwellungen angegeben, Beatmungsprobleme bestanden nicht.

Auch wenn es in der Gruppe LMA in zwei Fällen zu Schwierigkeiten beim Einführen der LMA kam, so waren diese Probleme trotz Schweregrad 3 gut zu beherrschen. Zum einen wurde lediglich ein dritter Versuch benötigt um die LMA richtig zu platzieren und zum anderen konnte durch eine ausreichend tiefe Sedierung der Laryngospasmus durchbrochen werden. Bei einem Patienten musste nach erfolgloser Platzierung der LMA eine Reintubation erfolgen. Bei den sechs Patienten, bei denen es Schwierigkeiten bei der Stimmbandpassage mit dem Bronchoskop gab, kam es nur zum Zeitverzug, aber zu keinerlei Beatmungsproblemen. Da die Stimmbandpassage unter Sicht erfolgt, kann man hier zugleich eine Übersicht über

den Zustand des Kehlkopfes und der Stimmbänder gewinnen, und somit aus dem Zeitverzug einen diagnostischen Vorteil erzielen.

In beiden Gruppen wurde das Einführen des Bronchoskops in weit über 90% der Fälle als sehr leicht oder leicht bewertet. Somit weist die Larynxmaske keine Nachteile in der Handhabung mit dem Bronchoskop im Gegensatz zum Tubus auf. Insgesamt kam es mit der Larynxmaske zu weniger Komplikationen als mit dem Endotrachealtubus.

#### **4.6 Sichtbedingungen**

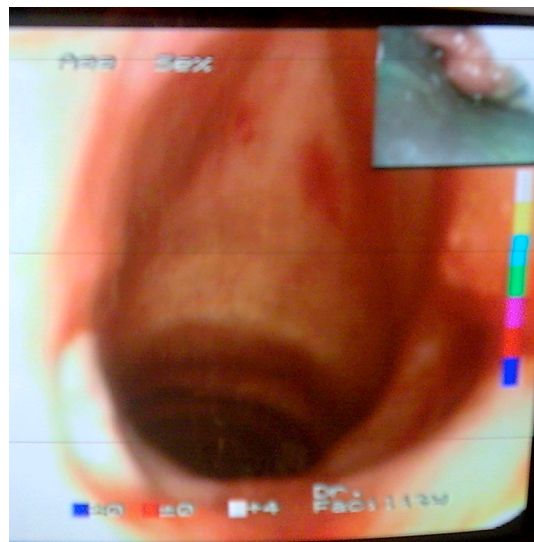
Diese Studie zeigte erstmals mit randomisiertem Design, dass die Sichtbedingungen während der PDT unter Nutzung einer Larynxmaske deutlich besser sind als mit einem ETT. Einen Hinweis auf die Bedeutung einer guten Sicht liefert der Befund, dass bei allen Komplikationen (Tabelle 7, S. 25) die Sicht mit Grad 3 oder 4 bewertet wurde.

In der Gruppe LMA wurde in 88% die Sicht auf die Strukturen mit sehr gut (Grad 1) bewertet. In der Gruppe ETT in 33%. Auch die zusammengefasste Bewertung von Grad 1 und 2, die immer noch eine problemlose Operation ermöglicht, wurde in der Gruppe LMA in 94% angegeben, mit ETT nur in 66%. Diese Einschätzungen der Untersucher geben an, mit welcher Sicherheit die einzelnen Strukturen, Schild-, Ringknorpel und 1. - 3. Trachealspange, mit dem Bronchoskop identifiziert werden können. Dies zeigt eindeutige Vorteile der LMA gegenüber dem ETT. Durch die gute Übersicht auf die Strukturen in fast allen Fällen in der Gruppe LMA, wird dem Operateur ein hohes Maß an Sicherheit gegeben.

Ein besonders kritischer Punkt ist die Punktion der Trachea. In diesem Schritt braucht der Operateur eine besonders gute Übersicht auf die zu punktierenden Strukturen, um eine Verletzung umliegender Strukturen zu verhindern. Die Punktion der Trachea, auch in Hinsicht auf Höhe und Mitte, sicher kontrollieren zu können, war in 88% in der Gruppe LMA sehr gut und in 9% gut möglich. Bemerkenswert ist, dass nie erhebliche Schwierigkeiten bestanden. In der Gruppe ETT war die Punktion in 47% sehr gut, in 30% gut möglich. Wichtig ist die Erkenntnis, dass die Punktion in

immerhin 17% nur mit erheblichen Einschränkungen der Sicht (Grad 3) möglich war. Auch hier wird deutlich, dass die LMA höhere Sicherheit bringt.

Erfolgt die Punktion ohne ausreichende Sicht, kann es z. B. zur Verletzung der Pars membranacea kommen, mit schwerwiegenden Folgen und Spätkomplikationen. In unserer Studie zeigt sich, dass in der Gruppe ETT lediglich in knapp 50% der Fälle die Punktion unter sehr guter Sicht durchgeführt werden konnte.



**Abbildung 3** Blick auf den Schild- und Ringknorpel. Die Spitze des Bronchoskops liegt am Ende der LMA in Höhe der Stimmbänder. In der Tiefe sichtbar ist die erste Trachealspange. Die optimale Position des Bronchoskops während der Punktion liegt noch 1 cm tiefer.

In zwei Fällen musste der Atemweg vom ETT auf LMA wegen schlechter Sichtbedingungen gewechselt werden. In einem dieser Fälle konnte der Tubus nicht weit genug zurückgezogen werden, um eine ausreichende Sicht auf die Strukturen zu schaffen, da in dieser Position keine suffiziente Beatmung erreicht wurde. In dem anderen Fall kam es durch ständiges Verrutschen des Tubus zu ungenügenden Sichtbedingungen auf die Strukturen. Nach Wechsel auf LMA konnte die PDT unter guten Sichtbedingungen fortgeführt werden.

Eine in der Literatur immer wieder beschriebene Komplikation während der PDT ist die Verletzung der Pars membranacea während der Dilatation <sup>14</sup>. Auch in unserer Studie kam es in einem Fall in der Gruppe ETT zu einer Verletzung dieser. In der vorliegenden Studie gaben Operateure in 5 Fällen der Gruppe ETT an, die

Aufweitung nicht sicher zu sehen und diese nicht kontrolliert durchführen zu können. Es kam mit der LMA überhaupt nicht vor, dass die Dilatation nicht sicher (Grad 1 und 2) bronchoskopisch überwacht werden konnte.

Ein beschriebenes Problem in der Literatur sind kostspielige Beschädigungen des Bronchoskops während der PDT, besonders durch Fehlpunktionen aufgrund schlechter bzw. fehlender Sicht<sup>14, 32</sup>. Auch in unserer Studie kam es bei einem Patienten der Gruppe ETT, unter schlechten Sichtverhältnissen durch den verrutschenden Tubus, zum Anstechen des Bronchoskops.

In Studien wird die Blutung als eine häufige intraoperative Komplikation während der PDT mit ETT angegeben<sup>3</sup>. In unserer Studie kam es in keinem Fall in der Gruppe LMA zu einer Blutung. Hingegen in der Gruppe ETT in drei Fällen. In jedem dieser Fälle wurde eine schlechte Sicht auf die Trachea beschrieben (< 2/3 der Zirkumferenz der Trachea sichtbar). Bei schlechter Sicht auf die gesamte Zirkumferenz ist besonders die Hinterwand der Trachea bei der Punktion stark gefährdet. Die Studienlage und die Ergebnisse unserer Studie in der Gruppe LMA lassen vermuten, dass ein Teil der Blutungskomplikationen durch eine optimale Sicht auf die umliegenden Strukturen zu verhindern ist. Weitere beschriebene Gefahren aufgrund Punktion oder Dilatation ohne Sicht, sind die Entstehung eines Pneumothorax oder Lungen- bzw. Mediastinalemphysems durch Kanülenfehlage<sup>14, 42</sup>.

Mit der LMA als Atemweg zur PDT ließen sich diese Komplikationen aufgrund der besseren Sichtbedingungen sicherlich vermindern, da die Lokalisation des Einstiches aufgrund der besseren Orientierung leicht zu kontrollieren ist.

Die PDT mit einer LMA führt aufgrund der besseren Sichtbedingungen zu einer erhöhten Patientensicherheit.

## 4.7 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Sichtbedingungen während der PDT mit einer Larynxmaske deutlich besser sind als mit dem ETT. Im Vergleich zum Tubus konnten während der Punktion mit LMA bei fast allen Patienten die relevanten Strukturen, wie Schild- und Ringknorpel sowie die ersten drei Trachealspangen, sicher identifiziert werden. Komplikationen wie akzidentielle Extubation, Verletzungen der Pars membranacea, Punktion der Trachealhinterwand und des Bronchoskops traten in der Gruppe LMA im Gegensatz zur Gruppe ETT gar nicht auf. Ein Wechsel des Atemweges, der wegen schlechter Beatmung oder schlechter Sicht vorgenommen wurde, erfolgte zweimal in der Gruppe ETT, dabei wurde bei einem weiteren Patienten der Atemweg nur deshalb nicht gewechselt, weil die Operation bei guter Oxygenierung in Apnoe rasch zu Ende gebracht werden konnte. Bei Anwendung der LMA passierte es nur einmal, dass reintubiert werden musste. Dies war zum Zeitpunkt „Einführen LMA“ und somit vor der Operation, so dass es zu keinem Zeitpunkt zu einer riskanten Situation für den Patienten kam.

Mit der LMA zeigten sich bezüglich des Kreislaufverhaltens und des  $p_aO_2$  vergleichbare Ergebnisse. Der größere Innendurchmesser der LMA classic bietet einen Vorteil gegenüber dem ETT, hierdurch kommt es zu einer geringeren Obstruktion des Lumens durch das eingeführte Bronchoskop. Vermutlich konnten unter anderem dadurch mit der LMA starke Hyperkapnien und Abfälle des AMV vermindert werden.

Die von einigen Autoren vermutete erhöhte Gefahr der Aspiration bei PDT mit einer LMA konnte in dieser Arbeit nicht verifiziert werden.

Die PDT mit einer LMA bietet deutliche Vorteile hinsichtlich der bronchoskopischen Sicht und erhöht somit die Sicherheit während der PDT. Sie kann als Atemweg während der PDT empfohlen werden.



## 5 Zusammenfassung

Tracheotomien werden bei Intensivpatienten zumeist als perkutane Dilatations-tracheostomie (PDT) durchgeführt. Traditionell wird während der PDT eine Bronchoskopie über den liegenden Endotrachealtubus (ETT) durchgeführt. Mögliche Probleme sind: akzidentielle Extubation, Punktion des Tubuscuffs und Punktionen des Bronchoskops. Eine vorangegangene Pilotstudie zeigte, dass diese Probleme bei Anwendung einer Larynxmaske (LMA) an Stelle des ETT vermieden werden können, da die Spitze des Bronchoskops am Ende der LMA in Höhe der Stimmbänder platziert werden kann. Darüber hinaus wurde deswegen auch die bronchoskopische Übersicht während der PDT als „hervorragend“ bewertet.

Die Hauptfragestellung der vorliegenden Untersuchung war, ob bei der Verwendung der LMA während einer PDT die Sichtbedingungen relevant besser sind als mit einem endotrachealen Tubus.

Die Untersuchung erfolgte nach Zustimmung der Ethikkommission bei 63 konsekutiven Patienten zur PDT. Das Studiendesign war einfach verblindet, randomisiert und prospektiv. Nach Präoxygenierung erfolgte die Narkose mit Sufentanil, Propofol, cis-Atracurium und einer Lokalanästhesie. In der Gruppe LMA wurde der ETT gegen eine LMA ausgetauscht und in der Gruppe ETT dieser zurückgezogen. Die PDT wurde mit dem Verfahren nach Griggs durchgeführt.

Blutgasanalysen und die Kontrolle von Kreislauf- und Beatmungsparametern erfolgten präoperativ, vor Punktion der Trachea und 1 Minute postoperativ.

Der Operateur bewertete standardisiert Sicht und Beatmung während der PDT: Grad 1 = keine Probleme, Grad 2 = geringe Probleme, Grad 3 = erhebliche Probleme, Grad 4 = PDT nicht möglich / Wechsel des Atemweges (ETT→LMA / LMA→ETT).

Das Atemminutenvolumen (AMV) fiel mit ETT von 8,2 l/min auf 4,8 l/min; mit LMA von 8,7 l/min auf 5,4 l/min. Der  $p_a\text{CO}_2$  stieg in beiden Gruppen an. Zum Zeitpunkt „vor Punktion“ hatten Patienten mit ETT einen signifikant höheren  $p_a\text{CO}_2$  (ETT 59 mmHg, LMA 51 mmHg).  $P_a\text{O}_2$ , Herzfrequenz und arterieller Druck waren in beiden Gruppen zu allen Zeiten vergleichbar.

Komplikationen: In der Gruppe ETT kam es in 3 Fällen zu gravierenden Problemen mit der Beatmung oder Sicht (Grad 4). Zweimal wurde deswegen der Atemweg auf

eine LMA gewechselt. Zusätzlich wurde in einem Fall das Bronchoskop angestoßen, es kam in zwei Fällen zu Blutungen und in einem Fall zur Verletzung der Pars membranacea, einmal zur akzidentiellen Extubation.

In der Gruppe LMA traten bei einem Patienten Probleme (Grad 4) mit der LMA auf, die eine Reintubation auf einen ETT erforderlich machten. Bei einem anderen Patienten wurden mehrere Versuche benötigt, um die LMA zu platzieren (Grad 3), bei einem weiteren kam es aufgrund zu geringer Sedierung zu einem Laryngospasmus. Die PDT konnte in diesen Fällen ohne weitere Probleme zu Ende geführt werden.

Sicht: Mit der LMA war die bronchoskopische Sicht besser als mit ETT, sie war fast immer mit Grad 1 oder 2 eingeschätzt worden, nur einmal mit Grad 3.

In der Gruppe ETT konnten in 8 Fällen weder Schild- noch Ringknorpel ausgemacht werden. Einmal musste deswegen der ETT gegen eine LMA ausgetauscht werden. In 11 Fällen konnte lediglich ein kleiner Teil der Zirkumferenz der Trachea identifiziert werden und in 5 Fällen war es nicht sicher möglich, die Höhe der Punktionsstelle durch das Bronchoskop zuzuordnen. Auch die Dilatation konnte in diesen 5 Fällen nicht kontrolliert durchgeführt werden.

Durch eine sichere Identifikation der Strukturen im Operationsgebiet können Verletzungen der Trachealhinterwand und umliegender Strukturen verhindert werden. Dies gelingt mit der LMA besser, was die Sicherheit der Operation erhöht. Unter Nutzung der LMA kann eine Punktion des Bronchoskops kaum vorkommen und die Gefahr der akzidentiellen Extubation besteht nicht.

Vermutete Nachteile des Vorgehens mit LMA, wie erhöhtes Aspirationsrisiko oder Beatmungsprobleme durch geschwollene Stimmbänder, stellen weder in der Literatur noch in der vorliegenden Studie ein Problem dar.

Wegen dieser Vorteile und der sicheren praktischen Durchführbarkeit empfehlen wir die Larynxmaske als Atemweg zur PDT.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Plummer AL, Gracey DR. Consensus conference on artificial airways in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 1989; **96**: 178-80
2. Walz MK. Tracheostomie: Indikationen, Methoden, Risiken. *Chirurg* 2001; **72**: 1101-10
3. Westphal K, Byhahn C, Lischke V. Die Tracheotomie in der Intensivmedizin. *Anaesthesist* 1999; **48**: 142-56
4. Fernandez L, Norwood S, Roettger R, Gass D, Wilkins H. Bedside percutaneous tracheostomy with bronchoscopic guidance in critically ill patients. *Arch Surg* 1996; **131**: 129-32
5. Polderman KH, Spijkstra JJ, de Bree R, et al. Percutaneous dilatational tracheostomy in the ICU: optimal organization, low complication rates, and description of a new complication. *Chest* 2003; **123**: 1595-602
6. Klasen J, Junger A, Röhring R, Hartmann B, Hempelmann G. Dilatative Tracheotomie: Strategien zur Verhinderung von Komplikationen. *Anästh Intensivmed* 2006; **47**: 133-42
7. Dosemeci L, Yilmaz M, Gurpinar 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**: 63-7
8. Gründling M, Kuhn SO, Pavlovic D, Feyerherd F, Wendt M. Atemwegsmanagement bei Dilatationstracheotomien; airway management during dilatational tracheostomy. *Anästh Intensivmed* 2006; **47**: 505- 14
9. Linstedt U, Moller 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**: 912-5
10. Langenstein H, Möller F. Erste Erfahrungen mit der Intubationslarynxmaske. *Anaesthesist* 1998; **47**: 311-9
11. Griggs WM, Worthley LIG, Gilligan JE, Thomas PD, Myburg JA. A simple percutaneous tracheostomy technique. *Surg Gynecol Obstet* 1990; **170**: 543-5

12. Bause H, Dost P, Kehrl W, Walz MK. Punktionstracheotomie versus konventionelle Tracheotomie- Ein interdisziplinäres Gespräch. *HNO* 1999; **47**: 58-70
13. Griffith J, Barber VS, Morgan L, Young JD. Systematic review and meta-analysis of studies of the timing of tracheostomy in adult patients undergoing artificial ventilation. *Br Med J* 2005; **330**: 1243
14. Gründling M, Quintel M. Perkutane Dilatationstracheotomie: Indikationen- Techniken- Komplikationen. *Anaesthesist* 2005; **54**: 929-44
15. Rumbak MJ, Newton M, Truncale T, Schwarz SW, Adams JW, Hazard PB. A prospective, randomized study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy). *Crit Care Med* 2004; **32**: 1689-94
16. Walz MK, Peitgen K, Thürauf N, et al. Percutaneous dilatational tracheostomy-early results and long- term outcome of 326 critically ill patients. *Intensive Care Med* 1998; **24**: 685-90
17. Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilatational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest* 1985; **87**: 715
18. Fantoni A, Ripamonti D. A non- derivative, non- surgical tracheostomy: the translaryngeal method. *Intensive Care Med* 1997; **23**: 386
19. Byhahn C, Lischke V, Halbig S, Scheifler G, Westphal K. Ciaglia Blue Rhino: Ein weiterentwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheotomie. Technik und erste klinische Ergebnisse. *Anaesthesist* 2000; **49**: 202
20. Frova G, Quintel M. A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilation. *Intensive Care Med* 2002; **28**: 299-303
21. Gründling M, Kuhn SO, Nees J, et al. PercuTwist- Dilatationstracheotomie. *Anaesthesist* 2004; **53**: 434-40
22. Klemm E, Künstler TH, Graf A, Henker M. Tracheotomie: Kritische Anmerkungen und Schlußfolgerungen. *Intensivmed* 1999; **36**: 309-13

23. Poloczek S, Madler C. Transport des Intensivpatienten. *Notfall Rettungsmed* 2000; **3** 445-6
24. Deitmer T. Die Tracheotomie in der Intensivmedizin - wo, wie, wer und bei wem? *Anaesthesist* 1999; **48**: 139- 41
25. Stoeckli S, Breitbach T, Schmid S. A clinical and histologic comparison of percutaneous dilational versus conventional surgical tracheostomy. *Laryngoscope* 1997; **107**: 1643-6
26. Westphal K, Lohrengel A, Wilke HJ, Rinne T, Wichelhaus THA, Lischke V. Die perkutane Dilatationstracheotomie bei Intensivpatienten in der Herzchirurgie. *Herz Thorax Gefäßchir* 1998; **12**: 177-81
27. Durbin CG. Early complications of tracheostomy. *Respir Care* 2005; **50**: 511-5
28. Epstein SK. Late complications of tracheostomy. *Respir Care* 2005; **50**: 542-9
29. Heuer B, Deller A. Früh- und Spätkomplikationen der perkutanen Dilatationstracheostomie (PDT Ciaglia) bei 195 Intensivpatienten. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1998; **33**: 306-12
30. Reilly PM, Anderson HL, Sing RF, Schwab CW, Bartlett CW. Occult hypercarbia. An unrecognized phenomenon during percutaneous endoscopic tracheostomy. *Chest* 1995; **107**: 1760-3
31. Reilly PM, Sing RF, Giberson FA, Anderson HL, Rotondo MF, Tinkoff GH. Hypercarbia during tracheostomy: A comparison of percutaneous endoscopic, percutaneous Doppler, and standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med* 1997; **23**: 859-64
32. Kirkpatrick MB, Smith JR, Hoffman PJ, Middleton RMI. Bronchoscope damage and repair costs: results of a regional postal survey. *Respir Care* 1992; **37**: 1256-9
33. Cook TM, McKinstrey C, Hardy R, Twigg S. Randomized crossover comparison of the ProSeal laryngeal mask airway with the Laryngeal Tube during anesthesia with controlled ventilation. *Br J Anaesth* 2003; **91**: 678- 83

34. Cook TM, Taylor M, McKinstry C, Laver SR, Nolan JP. Use of the ProSeal Laryngeal Mask Airway to initiate ventilation during intensive care and subsequent percutaneous tracheostomy. *Anesth Analg* 2003; **97**: 848-50
35. Brian C. Carbon dioxide and the cerebral circulation. *Anesthesiology* 1998; **88**: 1365-86
36. Imami E, Hogans L, Komer K, Martin M. Percutaneous dilational tracheostomy: risks and benefits of bronchoscopy. A prospective randomized study. *Crit Care Med* 1994; **22**: A 67
37. Ambesh SP, Sinha PK, Tripathi M, Matreja P. Laryngeal mask airway vs endotrachealtube to facilitate bedside percutaneous tracheostomy in critically ill patients: a prospective comparative study. *J Postgrad Med* 2002; **48**: 11-5
38. Craven RM, Laver SR, Cook TM, Nolan JP. Use of the Pro-Seal LMA facilitates percutaneous dilatational tracheostomy. *Can J Anaesth* 2003; **50**: 718-20
39. Gründling M, Pavlovic D, Kuhn SO, Feyerherd F. Capnography vs. bronchoscopy for percutaneous tracheostomy placement. *Anaesthesia* 2004; **59**: 301-2
40. Byhan C, Westphal K, Meininger D, Gürke B, Kessler P, Lischke V. Single-dilator percutaneous tracheostomy: a comparison of PercuTwist and Ciaglia Blue Rhino techniques. *Intensive Care Med* 2002; **28**: 1262-6
41. de Bast Y, de Backer D, Moraine JJ, Lemaire M, Vandendorgh C, Vencent JL. The cuff leak test to predict failure of tracheal extubation for laryngeal edema. *Intensive Care Med* 2002; **28**: 1267-72
42. Kaylie DM, Wax MK. Massive subcutaneous emphysema following percutaneous tracheostomy. *Am J Otolarynol* 2002; **23**: 300-2

# 7 Anhang

## 7.1 Studienprotokoll LMA und Tubus bei der PDT

Name	Datum	
Geburtsdatum	Indikation PDT	<input type="checkbox"/> LMA <input type="checkbox"/> Tubus
Diagnose	Operateur	
	Bronchoskopie	

Messungen präoperativ vor Manipulationen, FiO <sub>2</sub> = 1,0 für 10 min					
BGA:	pH	paO <sub>2</sub>	paCO <sub>2</sub>	SaO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>
RR / Puls	SAP	MAP	DAP	HF	
Beatmung	AMV	AF	p <sub>peak</sub>	PEEP	

Manipulation am Atemweg bis „Schnitt“		1	2	3	4	Bemerkung
	<b>Schwierigkeitsgrad: Vorbereiten Tubus/ Einführen LMA</b>	leichtes Einführen LMA/ Tubusvorbereitung o.B.	leichte, unkritische Probleme	Krit. Probleme lösbar / Einführen LMA schwierig	große Komplikation: Abbruch/Neustart	wenn „3“ od. „4“ welche Komplikation, Intervention (Rückseite):
	<b>Beatmung (LMA in situ/ Tubus zurückgezogen)</b>	AMV wie vorher	AMV < 2l (>2min) u/o. SaO <sub>2</sub> 80–90%	krit. vermindert: AMV < 0,5l oder SaO <sub>2</sub> 70 – 79%	AMV = 0 (>2min) oder SaO <sub>2</sub> < 70%	wenn „3“ od. „4“: Maßnahme → <input type="checkbox"/> keine, Op weiter <input type="checkbox"/> Unterbrechung bis o.k. <input type="checkbox"/> Extubation <input type="checkbox"/> Abbruch
	<b>Einführen des Bronchoskopes</b>	problemlos	kleinere Widerstände (Tubus) SB nicht sofort passierbar (LMA)	Platzieren nur mit Mühe (Tubus) SB Passage mit Schwierigkeiten	nicht möglich	wenn „3“ od. „4“: → <input type="checkbox"/> keine Maßnahme, Op weiter <input type="checkbox"/> Unterbrechung bis o.k. <input type="checkbox"/> Abbruch <input type="checkbox"/> Wechsel Tubus↔LMA
	<b>Identifikation von: Schild-, Ringknorpel, + 1 – 3. Trachealspange</b>	alles sicher	Ringknorpel, Trachealspangen	nur Trachealspangen	Höhe nicht bestimmbar	wenn „3“ od. „4“: → <input type="checkbox"/> keine Maßnahme, Op weiter <input type="checkbox"/> Unterbrechung bis o.k. <input type="checkbox"/> Abbruch <input type="checkbox"/> Wechsel Tubus↔LMA
	<b>Übersicht der Trachea</b>	gesamte Zirkumferenz sichtbar	größtenteils Zirkumferenz sichtbar	kleiner Teil d. Zirkumferenz sichtbar	nichts sichtbar	wenn „3“ od. „4“: → <input type="checkbox"/> Pars membranacea nicht sichtbar <input type="checkbox"/> Einstichstelle nicht sichtbar oder:
<b>Messungen unmittelbar vor „Schnitt“ → FOTO MACHEN!!</b>						
BGA:	pH	paO <sub>2</sub>	paCO <sub>2</sub>	SaO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	
RR / Puls	SAP	MAP	DAP	HF		
Beatmung	AMV	Vt	AF	p <sub>peak</sub>	PEEP	
<b>Bronchoskopie: Zeit Einführen bis definitive Lage</b>				Minuten		

Einstich Nadel – Kanüleneinlage		1	2	3	4	Bemerkung
	<b>Kontrolle Einstich Nadel: Mitte + Höhe</b>	sicher möglich	Mitte sicher, Höhe? aber untern. 1. Spange	Höhe der Einstichstelle nicht sicher zuzuordnen	keine bronchoskopische Sicht	wenn „3“ od. „4“: → <input type="checkbox"/> keine Maßnahme, Op weiter <input type="checkbox"/> Unterbrechung, Neuanfang <input type="checkbox"/> Abbruch
	<b>Kontrolle Dilatation</b>	sicher möglich	sicher keine Verletzung der P. membranacea	nicht sicher zu sehen, keine Kontrolle	keine bronchoskopische Sicht	wenn „3“ od. „4“: → <input type="checkbox"/> keine Maßnahme, Op weiter <input type="checkbox"/> Unterbrechung bis o.k. <input type="checkbox"/> Abbruch
	<b>schlechteste Beatmung (für &gt; 2 Minuten)</b>	AMV wie vorher	AMV < 2l u/o. SaO <sub>2</sub> 80 – 90%	krit. vermindert: AMV < 0,5l oder SaO <sub>2</sub> 70 – 79%	AMV = 0 oder SaO <sub>2</sub> < 70% od. Extubation	wenn „3“ od. „4“: → <input type="checkbox"/> keine Maßnahme, Op weiter <input type="checkbox"/> Unterbrechung bis o.k. <input type="checkbox"/> Abbruch <input type="checkbox"/> Wechsel Tubus↔LMA
	<b>Gesamtbewertung Übersicht + Komplikationen</b>	jederzeit gute Übersicht während PDT	Übersicht mit nicht kritischen Einschränkungen	mind 1 potentiell kritische Situation, Op aber möglich	Abbruch der Op./ definitive Komplikation	Art der Komplikation (ausführlich auf Rückseite) <input type="checkbox"/> Verletzung P. membranacea <input type="checkbox"/> Tubus oder <input type="checkbox"/> Bronchoskop angestochen <input type="checkbox"/> akzidentelle Extubation / Dislokation LMA
	<b>RR / Puls (minimal)</b>	SAP	MAP	DAP	HF	
<b>Beatmung (minimal)</b>	AMV	Vt			Für > 2 Minuten	
<b>Messungen nach Operation</b>						
BGA (nach Op):	pH	paO <sub>2</sub>	paCO <sub>2</sub>	SaO <sub>2</sub>	HCO <sub>3</sub>	
<b>Schnitt – Naht – Zeit</b>				Minuten		
<b>Einführen Bronchoskop – Verband: Gesamtzeit</b>				Minuten		

## **8 Danksagung**

Ich danke Herrn PD Dr. med. Ulf Linstedt sehr herzlich für die Überlassung des Themas. Seine kontinuierliche Betreuung und die wertvollen konstruktiven Anregungen waren mir eine große Hilfe, besonders in der Zeit der Auswertung und Diskussion der Arbeit. Außerdem möchte ich mich für die Möglichkeit bedanken, das Verfahren der PDT erlernen zu können.

Meinen Eltern Jutta und Peter Krull, sowie Henning Sievert danke ich besonders für ihre ständige Motivation und Unterstützung während der gesamten Zeit.