

## **1. Einleitung**

### **1.1. Einführung**

Durch die Verbesserung der medizinischen Versorgung ist die Zahl der Intensivpatienten in den letzten Jahren zunehmend angestiegen [1,2]. Dadurch ist auch eine deutliche Zunahme an langzeitbeatmeten Patienten zu verzeichnen. Bei jedem Patienten stellt sich individuell die Frage, wie lange und in welcher Form die Beatmung durchgeführt werden sollte oder kann. Bei einer absehbaren Langzeitbeatmung sollte frühzeitig der Zeitpunkt und die Notwendigkeit einer Tracheostomie diskutiert werden. Die Tracheostomie bietet gegenüber der herkömmlichen Intubation deutliche Vorteile. Die Bronchialtoilette ist besser durchführbar, Medikamente können besser appliziert werden und erreichen auf kürzerem Weg die Lunge, es kommt zur Verkleinerung des Totraumvolumens und die Weaning - Phase wird erleichtert [2,3]. Seit ungefähr 20 Jahren wird die perkutane Dilatationstracheotomie (PDT) zunehmend als Alternative zur herkömmlichen chirurgischen Tracheostomie angewandt [1,2,3,4].

Die Tracheostomie hat eine über 2000 Jahre lange Geschichte und wurde schon in ägyptischen Schriften erwähnt. Aus dieser Zeit sind auch erste Beschreibungen von Operationen im Halsbereich belegbar [3,4]. Neben der herkömmlichen offenen Tracheostomie wurden allerdings auch immer wieder Punktionsversuche der Trachea mit einer Kanüle beschrieben, wobei sich erste Versuche einer perkutanen Tracheotomie oder einer Punktionstechnik aus dem 17. Jahrhundert nachweisen lassen [5,6,7,8,9,10]. Diese Verfahren konnten sich aber letztendlich nicht entscheidend durchsetzen. Die Technik der klassischen konventionellen Tracheostomie wurde durch Chevalier Jackson erstmalig 1909 beschrieben [11]. 1969 wurde erstmals die Punktion der Trachea mittels der Seldingertechnik vorgestellt [12].

Die perkutane Dilatationstracheotomie stellt in der heutigen intensivmedizinischen Behandlung eine wesentliche Alternative zur herkömmlichen offenen oder konventionellen Tracheostomie dar. Im Gegensatz zur offenen Tracheostomie ist die perkutane Dilatationstracheotomie ein relativ junges Verfahren, das sich in den letzten Jahren weltweit etabliert und durchgesetzt hat [4]. Ein wesentlicher Grund dafür ist vor allem die schnelle Durchführbarkeit bettseitig auf der Intensivstation. Der risikoreiche und personalaufwendige Transport von intensivmedizinischen Patienten in häufig sehr kritischem Zustand in den Operationssaal entfällt, und auch der ökonomische Aufwand wird gesenkt [4,13,14,15,16,17,18,19,20].

Darüber hinaus sind die perkutanen Eingriffe mit fiberoptischer Kontrolle nachweislich komplikationsärmer und werden daher von vielen Autoren bevorzugt [4,20,21,22,23,24,25,26,27].

Durch unkritische Anwendung und mangelnde Routine bei der Durchführung der PDT kann es jedoch zu schwerwiegenden Komplikationen kommen. Beispiele hierfür können etwa akzidentielle Dekanülierungen, ösophagotracheale Fisteln, Mediastinalemphyseme, Fehlpunktion der Trachea oder manifeste Erosionsblutungen sein [28,29,30,31,32,33].

In der Literatur wird für die verschiedenen perkutanen Verfahren eine Frühkomplikationsrate von 4 % - 36 % angegeben [5,30,32,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53].

Es ist daher das Ziel dieser prospektiven Studie zu untersuchen, ob die Durchführung der hier zu beschreibenden modifizierten perkutanen Dilatationstracheotomie als Wahleingriff geeignet ist. Darüber hinaus soll sie mit den anderen, heute angewandten Methoden hinsichtlich ihrer in der Literatur beschriebenen Komplikationsrate und Durchführbarkeit verglichen werden.

## 1.2. Geschichte der Tracheostomie

Die herkömmliche Tracheostomie stellt einen der ältesten Eingriffe der Medizin dar. Erste Beschreibungen zur Schaffung eines Atemwegzuganges und die Einführung einer Kanüle in die Trachea finden sich bereits in traditionellen Büchern der hinduistischen Medizin, der Rig Veda und auf alten Tafeln der Ägypter, Abydos und Saqqara, und datieren aus der Zeit zwischen 2000 und 1000 vor Christus [3,54,55]. Auf den alten Abbildungen und Zeichnungen dieser Zeit finden sich Darstellungen, die sich durchaus als primitive Tracheostomien deuten lassen könnten.

Erste Schritte einer perkutanen Tracheotomie und die Entwicklung verschiedener Instrumentarien der neueren Zeitgeschichte datieren aus dem Jahr 1617 und finden sich in den Aufzeichnungen „Opera Chirurgica“ des erfolgreichen und berühmten Anatoms Hieronymus Fabricius ab Aquapendente (1533 - 1619), der bis 1604 an der Universität in Padua lehrte [3,6,55] (Abbildung 1). Er soll angeblich die Operation nicht selbst durchgeführt haben, beschreibt aber präzise die Vorgehensweise und weist auch auf mögliche Komplikationen wie Blutungen oder Verletzungen von Gefäßen, Nerven oder Schilddrüsengewebe hin. Er bevorzugt den horizontal geführten Schnitt unter der dritten Knorpelspange und beschreibt

den Einsatz eines kleinen, kurzen und geraden Röhrchens, um die Tracheahinterwand nicht zu verletzen.

Im Jahre 1626 beschrieb der ebenfalls an der Universität in Padua lehrende Chirurgieprofessor Santorius Sanctorius (1561 - 1636) in seinem Buch „Commentaria In Primam Fen Primi Libri Canonis Avicennae“ die Durchführung einer perkutanen Punktion der Trachea mit Hilfe einer spitzen Nadel und der Verwendung eines Silbertrokars. Diese Darstellung mit der sogenannten Paré'schen Röhre ist wahrscheinlich die erste durchgeführte perkutane Dilatationstracheotomie [3,7,55] (Abbildung 2 + 3).

Im weiteren Verlauf der Jahrhunderte wurden mehrere Versuche von verschiedenen Autoren beschrieben: Dekkers (1648 - 1720) im Jahre 1695 in „Exercitationes practicae“, Heister (1683 - 1758) im Jahre 1750 in „Institutiones Chirurgicae“ und Van Swieten (1700 - 1772) im Jahre 1785 in „Commentaria in Hermanni Boerhaave Aphorismos de Cognoscendis et Curandis Morbis“ [3,8,9,10,55].

Es war der Chirurg Wilhelm Baum (1799 - 1883), der 1844 in Greifswald die erste erfolgreiche Tracheotomie zur Lebensrettung bei Krupp / Diphtherie in Deutschland durchführte. In England und Deutschland fand diese Methode ab Mitte des 19. Jahrhunderts zunehmende Verwendung [55].

Die Technik der heute angewendeten herkömmlichen „klassischen“ oder konventionell-offenen Tracheostomie wurde im Januar 1909 von Chevalier Jackson (1865 - 1958) auf dem Meeting der Eastern Section of the American Laryngological, Rhinological and Otological Society erstmals vorgestellt [11]. Diese Technik hat in weiter verbesserter Ausführung auch in der heutigen intensivmedizinischen Behandlung noch ihren Stellenwert. Er war auch derjenige, der sich als erster gegen die hohe Tracheotomie aussprach, weil seiner Erfahrung nach diese Operationstechnik die Hauptursache für chronische Larynxstenosen darstellte. Jackson stellte in seiner Beschreibung vor allem sechs Punkte als besonders wichtig heraus:

- 1.) Die Vermeidung einer Zyanose und die Aufrechterhaltung des Atemreflexes bei der Anwendung von Chloroform, Äther, Morphin, Kodein und anderen Sedativa erschienen ihm besonders erwähnenswert.
- 2.) Es war ein ausgeprägtes handwerkliches Geschick nötig, um mit vorsichtiger Dissektion exakt in der Mittellinie die Trachea ausreichend darzustellen und um eine absolute Hämostase zu gewährleisten, bevor diese eröffnet wurde.
- 3.) Die sorgsame postoperative Überwachung mit guter Ventilation, feuchter Atmosphäre und gleichbleibender Temperatur der Atemluft wurde erwähnt.

4.) Des Weiteren mussten sowohl die Operation als auch die anschließenden häufigen Wundkontrollen unter aseptischen Bedingungen so steril wie möglich durchgeführt werden.

5.) Der Patient lag zum Zeitpunkt der Tracheaeröffnung in der sogenannten Trendelenburg-Roser-Position. Diese ist die heute noch meistens angewandte Position, in der der Patient im 45 Grad Winkel mit den Beinen nach oben und mit rekliniertem Kopf gelagert wird, benannt nach dem Berliner Chirurgen Friedrich Trendelenburg (1844 - 1924) und erstmals von einem seiner Studenten, Willy Meier (1854 - 1932), 1885 in von Langenbeck's Archiv für klinische Chirurgie beschrieben [56].

6.) Es musste letztlich eine ausreichend großlumige und lange Kanüle verwandt werden.

Durch die rasante Weiterentwicklung der intensivmedizinischen Behandlungsmöglichkeiten und der Weiterentwicklung der differenzierten Beatmungstherapie nach dem 2. Weltkrieg gewann die sichere und schonende Durchführung einer Tracheostomie an Bedeutung und wurde für die Behandlung intensivpflichtiger, langfristig ateminsuffizienter Patienten von elementarer Bedeutung.

In der deutschsprachigen Literatur wird, im Gegensatz zur angloamerikanischen Literatur, deutlich zwischen Tracheotomie und Tracheostomien unterschieden. Bei den Tracheotomien wird nach Punktion oder Eröffnung der Trachealvorderwand durch den Wundkanal eine Kanüle oder ein Tubus eingebracht, während bei den Tracheostomien die Wundränder der Trachealvorderwand mit den Wundrändern der Haut vernäht werden [4].

Im Rahmen dieser Arbeit wird auf eine Unterscheidung zwischen Tracheotomie und Tracheostomie Wert gelegt. Im Hinblick auf die neuen, modernen Verfahren, die im eigentlichen Sinn keine Tracheostomien sind, wird daher einheitlich der Begriff „Tracheotomie“ verwendet.

### 1.3. Indikation zur Tracheostomie

Die Notfallbehandlung akuter Atemwegsobstruktionen war lange Zeit die Hauptindikation der Tracheostomie. In der heutigen Zeit wird bei der Indikationsstellung zwischen dem Notfalleingriff bei akuten Atemwegsobstruktionen und dem Wahleingriff, z.B. bei langzeitbeatmeten Patienten, unterschieden. Außerdem kann es nach Larynxoperationen oder dauerhaften Stimmbandschäden zur Notwendigkeit einer Tracheostomie kommen. Das Hauptargument für eine Tracheostomie ist die Vermeidung von Kehlkopfschäden durch den translaryngealen Tubus [57,58,59,60].

Die Indikation zur Tracheostomie wird grundsätzlich elektiv gestellt, Raum für Notfalltracheostomien gibt es im kontrollierten Bereich einer Intensivstation nur sehr selten [1,2,61]. Im primären und notfallmäßigen Atemwegsmanagement stellt die translaryngeale Intubation unter direkter laryngoskopischer Sicht weiterhin das Verfahren der Wahl dar. Die Tracheostomie wird am häufigsten bei langzeitbeatmeten Intensivpatienten durchgeführt. Sie soll hierbei orale, nasale und laryngeale Langzeitschäden des translaryngealen Endotrachealtubus vermeiden, die Pflege erleichtern, die Kommunikation mit dem Patienten und die enterale Ernährung verbessern sowie die Entwöhnung vom Beatmungsgerät beschleunigen [51,62]. Dementsprechend ist der Eingriff nach einigen Tagen (3 - 5 Tage) der translaryngealen Intubation indiziert, falls die Prognose des Patienten eine längere Beatmungszeit erwarten lässt. Festgeschriebene Zeitpunkte zur Tracheostomie sind nicht definiert. Es bestehen Empfehlungen, die auf einer Konsensuskonferenz zur Beatmungstherapie im Jahre 1989 erarbeitet wurden [62]. Sie sind in der folgenden Auflistung zusammengefasst worden:

- primäre translaryngeale Intubation bei einer voraussichtlichen Intubationsdauer von unter 10 Tagen
- frühelektive Tracheotomie am 3. bis 5. Tag, falls mit einer Intubationsdauer von mehr als 21 Tagen zu rechnen ist
- kann die voraussichtliche Intubationsdauer initial nicht abgeschätzt werden, sollte jeden Tag neu die Indikation zur Tracheotomie überdacht werden

Alle beschriebenen Verfahren zur Tracheostomie und Tracheotomie können prinzipiell sowohl im Operationssaal als auch am Patientenbett auf der Intensivstation durchgeführt werden. Für die klassische konventionelle Tracheostomie wird jedoch von einigen Operateuren die Durchführung im Operationssaal bevorzugt oder empfohlen [63,64]. Diese Auffassung wird auch in unserer Klinik (Klinik für Allgemein -, Visceral -, Gefäß - und Thoraxchirurgie der Berliner Universitätsklinik Charité, Campus Mitte, Klinikdirektor: Prof. Dr. med. J. M. Müller) vertreten, und alle konventionellen chirurgischen Tracheostomien werden im Operationssaal vorgenommen.

Die Dilatationstracheotomien werden üblicherweise bettseitig auf der Intensivstation durchgeführt. Der innerklinische Transport dieser kritisch kranken Patienten von der Intensivstation in den Operationssaal und zurück entfällt somit. Zusätzliche Beeinträchtigungen des Patienten und Gefahren oder Risiken, die durch und auf dem

innerklinischen Transport entstehen können, reichen von Problemen der Überwachung, versehentlicher Diskonnektierung von arteriellen und venösen Zugängen, Unterbrechung von stabilisierenden Medikamenten bis zum Tod des Patienten. Durch stetige Weiterentwicklung der Beatmungsgeräte auf der Intensivstation stehen heute hocheffiziente Beatmungsgeräte zur Verfügung, die eine Vielzahl verschiedener Beatmungsmöglichkeiten bieten. Geräte, die für den Transport gebraucht werden, erfüllen diese Anforderungen normalerweise nicht oder zumindest nicht in gleichem Umfang. Im klinischen Alltag zeigt sich daher, dass sich ein schwer respiratorisch insuffizienter Patient während des Transportes in den Operationssaal deutlich verschlechtern kann oder bereits vorher so beeinträchtigt ist, dass ein Transport von vornherein ausgeschlossen ist.

#### 1.4. Konventionelle Tracheostomie

Die Tracheostomie ist eine der häufigsten durchgeführten Operationen bei intensivpflichtigen Patienten. Sie ist nach Durst und Rohen vor allem dann indiziert, wenn eine prolongierte Beatmung erforderlich und zu erwarten ist, die direkte Bronchialtoilette zum Absaugen von Sekret und zur Verabreichung von Medikamenten notwendig ist und operative Eingriffe im Bereich des Rachens und der Mundhöhle oder eine partielle Resektion im Mundhöhlenbereich liegender Organe oder des Kehlkopfes durchgeführt wurden [64]. Weiterhin können schwere Folgen eines Unfalltraumas des Bereiches, beidseitige Stimmbandlähmung und nicht korrigierbare Fehlbildungen oder eine nicht resektable Tumordinfiltration ein Grund zur Tracheostomie sein. Die beiden Autoren beschreiben die Tracheostomie in ihrem Buch „Chirurgische Operationslehre“ wie folgt [64]:

Die Tracheostomie sollte immer unter optimalen Bedingungen und Verhältnissen durchgeführt werden, d.h. nicht im Bett und in Lokalanästhesie, sondern im Operationssaal am intubierten Patienten. Je nach Zugang werden drei Tracheostomieverfahren unterschieden:

- Tracheotomia superior oberhalb des Schilddrüsenisthmus am 1. und 2. Trachealring
- Tracheotomia media in Höhe des Isthmus am 3. und 4. Trachealring sowie
- Tracheotomia inferior am 5. und 6. Trachealring, d.h. unterhalb des Schilddrüsenisthmus

Begleitverletzungen des Ringknorpels und die Durchtrennung der ersten Trachealspange bei der oberen Tracheostomie können zu subglottischen Stenosen und Phonationsstörungen

führen. Bei unterem Tracheazugang sind druckbedingte Komplikationen durch die eingelegte Kanüle an den großen supraaortalen Gefäßen mit massiven Blutungen und Stenosen bekannt. Die Autoren bevorzugen daher den mittleren Trachealzugang, da dort die Komplikationsrate am geringsten ist und bei gleichzeitig vorliegendem Struma der Schilddrüsenisthmus nicht oder nur sehr selten reseziert werden muss.

Die konventionelle klassische Tracheostomie ist ein Verfahren, das bei Intensivpatienten nahezu uneingeschränkt anwendbar ist. Durch genaue chirurgische Präparation können die verschiedenen anatomischen Strukturen eindeutig bestimmt und dargestellt werden. Verletzungen oder Schäden an der Schilddrüse, Gefäßen oder Nerven sind selten [64].

Die durchschnittliche Komplikationsrate für die konventionelle Tracheostomie liegt zwischen 10 und 15 %, wobei ca. 3 % einen letalen Ausgang haben. Besonders zu erwähnen ist die im Vergleich zu den perkutanen Dilatationsverfahren relativ hohe Rate an postoperativen Infektionen [3].

#### 1.5. Perkutane Dilatationstracheotomie (PDT)

Neben der klassischen konventionellen Tracheostomie standen und stehen weitere Verfahren zur Verfügung. Die perkutane Dilatationstracheotomie wird in der heutigen Intensivmedizin als ein Bestandteil der Behandlung angesehen und ist nur dann möglich, wenn der Eingriff möglichst komplikationsarm durchgeführt werden kann und eine Verschlechterung des Allgemeinzustandes des Patienten vermieden wird. Die Methoden, die heutzutage vorwiegend angewandt werden, gehen vor allem auf Beschreibungen von Ciaglia (1985) [65], Griggs (1990) [50], Fantoni (1997) [48] und Frova (2004) [66] zurück. Diesen neuen Methoden gemeinsam ist die anfängliche perkutane Punktion der Trachea mit nachfolgender Dilatation des Punktionskanals bis zu einer Weite, die das Einsetzen einer Trachealkanüle ermöglicht. Unterschiede bestehen hinsichtlich des Dilatationsvorganges. Die verbesserten Methoden haben sich inzwischen weit verbreitet und die Anzahl der Punktionstracheotomien hat in Deutschland im Jahre 2000 einen Umfang von über 20.000 Eingriffen überschritten [1].

#### 1.6. Geschichte der perkutanen Dilatationstracheotomie (PDT)

Die perkutane Dilatationstracheotomie wurde erstmals 1955 von Shelden beschrieben [67]. Die Trachea wurde dabei mit einer Kanüle zuerst punktiert und durch Zug mit einem Widerhaken gegen die Haut fixiert, so dass mit einem zweiten Zugang ein Trokar in die

Trachea eingeführt werden konnte. Diese noch nicht vollständig ausgereifte Methode hatte vielfach erhebliche, teilweise tödlich endende Verletzungen der umgebenden Halsweichteile zur Folge, so dass sich diese Technik nicht durchsetzen konnte [3].

1969 beschrieben die beiden amerikanischen Neurochirurgen Toyne und Weinstein ein Verfahren der perkutanen Tracheotomie, bei dem zunächst die Trachea mit einer Kanüle punktiert und ein Führungskatheter durch diese hindurch geführt wurde [12]. Nach Entfernung der Kanüle erfolgte in einem Schritt die Dilatation des Tracheotoma mit einem über den Führungsdraht eingeführten großlumigen Dilatator und die Einführung der Trachealkanüle, die über den Dilatator geschoben wurde. Nachdem die Trachealkanüle endgültig platziert war, wurden Dilatator und Führungsdraht entfernt. Bei dieser Technik musste eine relativ große Kraft angewendet werden, um die Trachealkanüle richtig zu platzieren. Auch diese Methode konnte sich nicht durchsetzen und fand keinerlei Verbreitung. Die einzig existierende Studie mit 100 Patienten ist von den Begründern der Technik selbst durchgeführt worden [34].

## 1.7. Operationstechniken der PDT

### 1.7.1 Ciaglia

Die heute meist verbreitete Technik einer Punktionstracheotomie wurde in ihrer ursprünglichen Form von dem amerikanischen Chirurgen Pasquale Ciaglia und seinen Mitarbeitern im Jahre 1985 beschrieben [65]. Es ist ein perkutanes Verfahren in einer Dilatationstechnik, das sich weltweit durchsetzen konnte. Es ist heute eine anerkannte und etablierte Alternative zur herkömmlichen konventionellen Tracheostomie. Durch eine zusätzliche bronchoskopische Überwachung des Punktions- und Dilatationsvorganges konnte diese Methodik weiter verbessert und die Rate, insbesondere von schwereren Komplikationen, konnte deutlich gesenkt werden.

Prinzipiell handelt es sich bei dieser Punktionstracheotomie um ein Verfahren, das in Seldinger - Technik durchgeführt wird. Nach initialer Punktion der Trachea wird durch den Punktionskanal ein Führungsdraht eingebracht und anschließend werden die Weichteile und die Trachea schrittweise mit zunehmend breiteren Kunststoffdilatoren sukzessiv aufgedehnt, um dann abschließend eine Kanüle in die Trachea einzusetzen (Abbildung 4).

Die Punktionsstelle wird mittels perkutaner Palpation und endotrachealer fibroskopischer Inspektion bestimmt. Zusätzliche Hilfe zur Bestimmung der Punktionsstelle bietet die

Diaphanoskopie. Die Punktionsstelle befindet sich in Höhe der 2. - 3. Trachealspange und entspricht damit der Lokalisation der klassischen operativen Tracheostomie. Das Bronchoskop als Hilfsmittel dient dabei nicht nur zur Bestimmung der Punktionsstelle, sondern bestätigt auch die korrekte endotracheale Platzierung des Führungsdrahtes. Des Weiteren erlaubt es die Inspektion des Dilatationsvorganges und der Kanülenplatzierung und ermöglicht zusätzlich bzw. abschließend eine gezielte Bronchialtoilette.

### 1.7.2 Griggs

Die Dilatationstracheotomie nach Griggs aus dem Jahre 1990 beginnt ebenfalls mit einer Punktion der Trachea an typischer Stelle [50]. Nach Einlegen des Führungsdrahtes wird wiederum der Punktionskanal geweitet. Im Gegensatz zur vorher beschriebenen Technik nach Ciaglia erfolgt dies bei Griggs mit einem speziellen, auf den Draht aufgefädelten Spreizer. Die Branchen dieses Instrumentes werden in geschlossenem Zustand über den Führungsdraht bis in die Trachea vorgeschoben. Durch Aufspreizen wird dann die Vorderwand der Trachea soweit eröffnet, dass eine Trachealkanüle eingesetzt werden kann (Abbildung 5). Das Spreizeinstrument zieht man dabei zurück, so dass Obturator und Tracheotomiekanüle über den Führungsdraht in das Trachealumen eingeführt werden können. Obturator und Führungsdraht werden abschließend entfernt.

### 1.7.3 Fantoni

Ein weiteres Verfahren einer perkutanen Tracheotomie ist die translaryngeale Tracheotomie nach Fantoni, die 1997 erstmals vorgestellt wurde [48]. Erster Schritt hierbei ist wiederum die Punktion der Trachea an der idealen Stelle in Höhe der 2. - und 3. - Trachealspange. Im Gegensatz zu den anderen Verfahren von Ciaglia und Griggs wird hierbei der Führungsdraht durch die Punktionsnadel nach laryngeal und oral vorgeschoben. An das oral ausgeführte Ende des Führungsdrahtes wird eine spezielle Trachealkanüle mit konischer Spitze befestigt. Die Aufdehnung der Punktionsstelle und des Punktionskanals erfolgt durch die Trachealkanüle selbst. Diese wird dabei von intraluminal nach außen gezogen, d.h. dass die Dilatation von Trachea und Weichteilen, im Unterschied zu den beiden anderen Methoden, hier von innen nach außen durchgeführt wird. Nach Abschneiden des konischen Kanülenendes wird die Trachealkanüle mittels eines Führungsinstrumentes um 180° in Richtung Trachealbifurkation ausgerichtet und endgültig platziert. Der Patient kann nun über

die Trachealkanüle beatmet werden. Auch für diese Methode empfiehlt sich die Verwendung eines flexiblen Bronchoskops, um die Punktion und den Platzierungsvorgang zu überwachen (Abbildung 6).

#### 1.7.4 Frova

Die Dilatationstracheotomie nach Frova [66] ist das neueste Verfahren, welches hier beschrieben werden soll. Die Methode wurde 2002 vorgestellt und ist auch unter dem kommerziellen Namen „Percutwist“ bekannt. Auch bei diesem Verfahren sind die initialen Schritte der Punktion gleich. Die Punktion der Trachea und das Einbringen des Führungsdrahtes an typischer Stelle werden durchgeführt. Die Weitung des Punktionskanals wird hierbei durch eine konisch zulaufende Dilatationsschraube mit selbst schneidendem Gewinde erreicht. Es wird auch hier empfohlen, den Dilatationsvorgang mit einem Bronchoskop zu überwachen. Nach Herausdrehen der Dilatationsschraube kann die auf eine Führungshilfe aufgezogene Trachealkanüle über den Führungsdraht in Seldinger - Technik eingeführt werden (Abbildung 7).

#### 1.7.5 „Ciaglia Blue Rhino“

Inzwischen ist das nach Ciaglia beschriebene Verfahren modifiziert worden. Mit dem „Ciaglia Blue Rhino“ steht nunmehr ein weiteres perkutanes Verfahren zur Verfügung, das die hohe Praktikabilität und Anwenderfreundlichkeit der perkutanen Dilatationstracheotomie der Ciaglia - Methode, die rasche Durchführbarkeit der Griggs - Technik sowie die minimale Blutungsgefahr und Beeinträchtigung des Gasaustausches der translaryngealen Tracheotomie miteinander verbindet. Seit 1999 ist es nun möglich, die Dilatation auch mit einem einzigen Dilatator durchzuführen, der sich an seiner Spitze deutlich verjüngt. Dieser Dilatator, „Blue Rhino“ genannt, wurde von der Firma Cook Critical Care entwickelt.

Die Aufdehnung des Tracheallumens erfolgt in einem Arbeitsschritt durch ein nashornförmiges hydrophobes Kunststoffelement, das über den Führungsdraht gefädelt wird. Danach wird die Tracheotomiekanüle über einen speziellen Ladedilatator eingebracht. Die gesamte Prozedur sowie die korrekte Lage der Kanüle werden fiberbrochoskopisch überwacht und abschliessend bestätigt (Abbildung 8).

## 1.8. Kontraindikation der PDT

Die Indikation zur Dilatationstracheotomie ist kritisch zu stellen und im Notfall nicht anzuwenden [1,2,61]. Allgemeine Kontraindikationen der Tracheotomie sind die bereits erwähnten Notfallsituationen sowie nicht beherrschbare Gerinnungsstörungen und massive Kreislaufinstabilitäten. Diese gelten sowohl für die klassisch operative Tracheostomie als auch für die neueren Punktionsverfahren. Für die modernen perkutanen Methoden ist in den letzten Jahren eine relativ detaillierte Aufstellung von absoluten und relativen Kontraindikationen beschrieben worden [68]:

Absolute Kontraindikationen:

- Patient unter 18 Jahren
- Unmöglichkeit der Trachealpunktion (übergroße Struma)
- instabile Halswirbelsäulenfrakturen
- Trachealtumoren
- frische Trachealnaht
- notwendige Kanülengröße  $\geq 10$  mm (Innendurchmesser)
- Notwendigkeit der seitengetrenten Beatmung

Relative Kontraindikationen:

- frische Bronchusnaht
- vorbestehende Tracheomalazie
- endgültiges Stoma
- mobile nicht - beatmete Patienten

Eine anerkannte Kontraindikation ist die Anwendung bei Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren. Die Trachea ist hier vergleichsweise klein und hochelastisch, wodurch die Tracheahinterwand und der Ösophagus besonderer Gefahr ausgesetzt sind und es leicht zu Blutungen durch Verletzungen kommen kann [15,35,51,65,68,69,70].

Patienten mit instabilen Halswirbelsäulenfrakturen sind für eine Dilatationstracheotomie nicht geeignet, da hier die optimale Lagerung für den Eingriff und damit die Reklination des Kopfes nicht möglich ist [17,40].

Bei Stenosen der oberen Atemwege sollte die klassische konventionelle Tracheostomie durchgeführt werden, da es sich meist um endgültige plastische Eingriffe handelt. Eine

Dilatationstracheotomie ist hierbei kontraindiziert, weil es zu Problemen mit der Trachealkanüle kommen kann. Diese können beim spontan atmenden, wachen und voll beweglichen Patienten okkludieren oder dislokieren [1]. Eine weitere Kontraindikation stellen schwere und nicht korrigierbare Gerinnungstörungen dar. Dies gilt sowohl für die konventionelle Tracheostomie als auch für die Punktionsverfahren [70]. Es sollte erst die Ursache gefunden und gegebenenfalls eine Behandlung durchgeführt werden.

Es gibt weitere Faktoren, die in der Literatur von einigen Autoren als Kontraindikation angesehen werden. Es handelt sich hierbei oft um veränderte anatomische Gegebenheiten in der Halsregion wie z.B. Adipositas, die die genaue Identifikation der wichtigen Landmarken wie Kehlkopf und Trachea erschweren oder unmöglich machen. Speziell das Vorliegen einer Struma wird in der Literatur häufig genannt [4,25,69,70].

Andere Autoren sehen eine Adipositas nicht als Kontraindikation [71]. Auch an unserer Klinik wurde das Punktions - und Dilatationsverfahren bei Patienten mit manifester Adipositas (BMI > 40) durchgeführt. Früher durchgeführte Operationen im Halsbereich, speziell nach Ösophaguskarzinom, oder eine vorliegende Struma waren für die Durchführung nicht bestimmend.

### 1.9. Früh - und Spätkomplikationen nach PDT

Wie bei allen anderen chirurgischen Eingriffen können auch bei der perkutanen Dilatationstracheotomie Probleme während der eigentlichen Operation auftreten. Diese betreffen verschiedene Blutungskomplikationen, z.B. arterielle Massenblutungen, punktförmige Blutungen aus der Trachea oder venöse Sickerblutungen, z.B. aus der Struma, die manchmal schwer zu beherrschen sind [1]. Hierbei kann auch an die Möglichkeit zur Konvertierung zur klassischen konventionellen Tracheostomie gedacht werden. Weitere mögliche Ursachen für Blutungen, die auch erst nach Tagen auftreten können, sind das Einreißen gestauter Halsvenen, Arrosion von Gefäßen und Fisteln zwischen der Trachea und des Truncus brachiocephalicus [1]. Durch eine intraoperative Fehlpunktion oder Fehlplatzierung können weitere Probleme entstehen.

Eine schwerwiegende Komplikation ist die Punktion der Trachealhinterwand. Durch die anatomische Nähe der Trachea zum Ösophagus kann es bei Verletzungen in diesem Bereich zur Ausbildung von ösophageotrachealen Fisteln kommen, die weitere Komplikationen, wie z.B. einen Pneumothorax oder ein Pneumomediastinum mit möglichen fatalen Folgen, nach sich ziehen können [72,73].

Eine unbemerkte Fehlpunktion und der weiter durchgeführte Dilatationsvorgang können zu einer Fehlplatzierung der Kanüle, der sogenannten paratrachealen Lage führen, und so die Ausbildung von subkutanen oder mediastinalen Emphysemen begünstigen. Dieser Zustand kann durch den nicht vorhandenen Sauerstoffaustausch zu einer letalen Hypoxie führen [28,31].

Weitere komplizierende Ereignisse sind das Auftreten von Atemwegobstruktionen, das Aspirieren von Erbrochenem oder Blut, Pneumonien, Wundinfektionen, Mediastinitis, Läsionen von Ring - und Schildknorpel, Bruch der Trachealspangen und zuletzt die Punktion und Beschädigung des Tubus - Cuffes und des Bronchoskopes [3,15,40].

Eine Besonderheit der perkutanen Dilatationstracheotomie ist der Kanülenwechsel. Bei der klassischen konventionellen Tracheostomie kann ein routinemäßiger Wechsel am ersten postoperativen Tag durchgeführt werden. Der plastisch stabile Zugang zur Trachea ermöglicht eine relativ sichere und problemlose Durchführung. Beim Wechsel der Trachealkanüle nach Dilatationstracheotomie steht die lediglich stumpf aufgedehnte Trachealöffnung unter Spannung und verschließt sich spontan bei der Entfernung der Kanüle. Das Einsetzen der Kanüle ist nur mit speziellen Instrumenten wieder möglich. Daher sollte der erste Kanülenwechsel nach Dilatationstracheotomie nicht vor dem 7. - 10. postoperativen Tag durchgeführt werden [4]. Bei Verlust des Zuganges zur Trachea oder bei unbeabsichtigter Dekanülierung sollte zunächst ohne den Versuch einer Rekanülierung notfallmäßig eine translaryngeale Intubation erfolgen. Danach kann dann unter kontrollierten Bedingungen eine erneute Dilatation durchgeführt und die Trachealkanüle wieder eingebracht werden.

Spätkomplikationen nach Dekanülierung umfassen sowohl nach konventionell klassischer Tracheostomie als auch nach perkutaner Dilatationsmethode überwiegend Trachealstenosen und nicht akzeptable Narbenverhältnisse [3,61,74,75,76,77,78,79,80].

Die Ausbildung tracheoösophagealer und tracheokutaner Fisteln ist ebenfalls vereinzelt beschrieben worden. Das Auftreten von Stimmveränderungen und Heiserkeit ist meistens vorübergehend und kann als geringgradige Komplikation angesehen werden [3,79,80,81]. Die Ausbildung von Trachealstenosen ist oft beschrieben und wird mit einer Inzidenz von bis zu 75 % angegeben, wobei jedoch die meisten dieser Stenosen Zufallsbefunde sind und daher keine klinische Relevanz besitzen [40,51,79,80,81,82,83]. Um die Auswirkung der Stenose zu objektivieren, sollten spirometrische Untersuchungen durchgeführt werden. Die typischen klinischen Symptome einer Trachealstenose wie Ruhe- oder Belastungsdyspnoe und Stridor werden üblicherweise erst bei einer Lumeneinengung von mehr als 75 % beobachtet [84].

Der Anteil der klinisch relevanten und behandlungsbedürftigen Stenosen nach perkutaner Dilatationstracheotomie und Dekanülierung sollte heute bei rund 2 % liegen. Die Zahl liegt deutlich unter der Anzahl von Patienten mit Trachealstenosen nach klassisch chirurgischer Tracheostomie [3].

#### 1.10. Vorteile der PDT

Bei der Anwendung von perkutanen Verfahren erscheint die Gefahr von iatrogenen Schädigungen und intraoperativen Komplikationen durchaus erhöht [61]. Stoeckli und Mitarbeiter berichteten jedoch 1997 über eine Rate intra- und postoperativer Komplikationen von 6,4 % bei der perkutanen Dilatationstracheotomie gegenüber 36,1 % bei der herkömmlichen klassischen Tracheostomie [31]. Auch hinsichtlich der postoperativen Tracheostomainfektion war die perkutane Methode der konventionellen chirurgischen Tracheostomie deutlich und teilweise signifikant überlegen. Die Infektionsrate für die PDT wird mit 4 % - 33 % und mit 28 % - 63 % für die Tracheostomie angegeben [29,85,86,87,88]. Durch die niedrigen Komplikationsraten kann die perkutane Dilatationstracheotomie auf der Intensivstation als ein Verfahren angesehen werden, welches sich durch hohe Anwendungsfreundlichkeit auszeichnet und daher der klassischen chirurgischen Operationsmethode durchaus überlegen ist. Vorteile bieten sich vor allem in der schnellen Durchführbarkeit, weniger Personalaufwand und weniger Zeit zur Vorbereitung. Die Operationszeiten sind deutlich kürzer und werden mit 4,9 Minuten bis 21,5 Minuten angegeben [15,89]. Im Vergleich dazu wird für die klassische Tracheostomie durchschnittlich zwischen 15,5 Minuten und 46 Minuten benötigt [15,31].

Vor allem im intensivmedizinischen Bereich wird das Personal besonders nah mit AIDS, Hepatitis und anderen hämatogen übertragbaren Krankheiten konfrontiert [90]. Ein weiterer Vorteil der Dilatationstracheotomie gegenüber der klassischen chirurgischen Technik liegt darin, dass zur perkutanen Methode nur wenige spitze oder scharfe Instrumente benötigt werden und somit die Verletzungs- und Ansteckungsgefahr des Personals deutlich verringert werden kann.

### 1.11. Aufgabenstellung

Die perkutane Dilatationstracheotomie, die in dieser prospektiven Untersuchung durchgeführt wurde, ist eine modifizierte Methode des von Ciaglia beschriebenen Verfahrens [65]. Bei der Ciaglia - Methode wird die Punktion der Trachea unter Transillumination durch die Haut mit einem ca. 1 cm langen Hautschnitt durchgeführt. Die weitere Einführung der Kanüle erfolgt stumpf. Die Modifizierung der in unserer Klinik (Klinik für Allgemein -, Visceral -, Gefäß - und Thoraxchirurgie der Berliner Universitätsklinik Charité, Campus Mitte, Klinikdirektor: Prof. Dr. med. J.M. Müller) durchgeführten Methode liegt in der zunächst chirurgischen Darstellung mit der eindeutigen Identifizierung der Trachea und der umliegenden Weichteile über eine dementsprechend primär größere Hautinzision von ca. 1,5 - 2 cm Länge. Hierbei bietet sich die Möglichkeit der genauen Lokalisation der einzelnen anatomischen Strukturen mit der zusätzlichen Option, eventuell sichtbare Gefäße zu identifizieren. Dies könnte das Auftreten von Komplikationen verhindern und die Durchführbarkeit erleichtern. In der hier vorliegenden Arbeit sollte in einer prospektiven Beobachtungsstudie untersucht werden, ob die so modifizierte Dilatationstracheotomie eine gefahrlose und anwendbare Alternative zur herkömmlichen Ciaglia - Methode darstellt.

Die Hypothese der Studie lautete, dass die modifizierte PDT eine sinnvolle Alternative zur etablierten Ciaglia - Methode darstellt.

Hauptzielkriterium war die Anzahl relevanter Komplikationen bei der modifizierten PDT.

Nebenzielkriterien war die Zeitdauer der PDT, die Anzahl der Beatmungstage, Grunderkrankungen der Intensivpatienten und die kritische Überprüfung gängiger Kontraindikationen zur PDT.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Patientenkollektiv**

In einem Zeitraum von 4 Jahren, von September 2001 bis August 2005, wurden auf der Intensivstation der Klinik für Allgemein -, Visceral -, Gefäß - und Thoraxchirurgie der Berliner Universitätsklinik Charité, Campus Mitte (Klinikdirektor: Prof. Dr. med. J. M. Müller) 179 Dilatationstracheotomien bei 177 Patienten durchgeführt. Eingeschlossen wurden alle Patienten, bei denen nach Aufnahme auf die chirurgische Intensivstation die Indikation für eine Langzeitbeatmung und damit für eine Tracheotomie gestellt wurde. Bei zwei Patienten wurde nach primär erfolgreicher Dekanülierung nach Anlage einer Dilatationstracheotomie erneut, im Anschluss an Revisionseingriffe, eine modifizierte Dilatationstracheotomie durchgeführt. Ausschlusskriterien waren, auf Grund der hohen Elastizität der Trachea, ein Alter von weniger als 18 Jahren sowie eine vorbestehende, nachgewiesene Trachealstenose. Weder Adipositas noch eine vorbestehende Erkrankung oder eine Voroperation in der Halsregion oder eine Struma wurden als Kontraindikation angesehen.

Bei Patienten, die mit einer links cervikalen Anastomose nach Ösophagusresektion und Magenhochzug operiert wurden, wurde die Hautinzision nach lateral rechts verlagert. Alle Eingriffe erfolgten unter sterilen Bedingungen auf der chirurgischen Intensivstation am Bett des jeweiligen Patienten. Alle Patienten erhielten zusätzlich zur allgemeinen Sedierung mit Fentanyl fünf Minuten vor Beginn der Operation eine Vollnarkose mit Propofol 150 - 200 mg/h. Alle Operationen wurden unter bronchoskopischer Kontrolle durchgeführt. Alle Eingriffe wurden elektiv und von oder unter Anleitung von erfahrenen Hals - und Thoraxchirurgen durchgeführt.

Es wurden die Ursachen zur Aufnahme auf die Intensivstation und die Notwendigkeit zur Langzeitbeatmung mit Hilfe der Dilatationstracheotomie registriert. Weiterhin wurden das Alter und das Geschlecht der Patienten dokumentiert, ebenso wurden die Patienten nach der ASA - Klassifikation beurteilt und eingeteilt [91]. Diese Klassifikation der amerikanischen Gesellschaft für Anästhesiologie (American Society of Anesthesiologists) ist eine in der Medizin weit verbreitete Leitlinie zur Einteilung von Patienten in verschiedene Gruppen im Hinblick auf ihren körperlichen Zustand. Sie wird heute vorwiegend verwendet, um den Zustand eines Patienten zu definieren und diesen mit anderen zu vergleichen. Ein bekanntes Problem der ASA - Klassifikation ist jedoch die mangelnde Objektivität in der Beurteilung

der einzelnen Patienten und damit auch die Reproduzierbarkeit der einzelnen Ergebnisse [92,93]. Die Einteilung in die ASA - Klassifikation erfolgte bei unserem Patientenkollektiv bei der Aufnahmeuntersuchung der Intensivstation durch den ausführenden Arzt der chirurgischen Klinik der Charité.

Eine andere Stratifizierungsgrundlage war der Body Mass Index (BMI). Er ist eine Maßzahl für die Bewertung des Körpergewichts eines Menschen. Der BMI gibt allerdings nur einen Richtwert an, wobei die Zusammensetzung und die Anteile an Fett und Muskelgewebe nicht berücksichtigt werden. Da er aber die Möglichkeit bietet, die verschiedenen Formen der Adipositas darzustellen, wird diese Einteilung verwendet.

Der Body Mass Index wurde von dem belgischen Mathematiker Adolphe Quételet (1796 - 1874) beschrieben und erstmals 1972 in einem Artikel veröffentlicht [94].

Der Body Mass Index errechnet sich aus dem Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch die Körpergröße in Metern zum Quadrat,  $BMI = \text{kg/m}^2$ . Die Werte für normalgewichtige Personen liegen nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zwischen 18,50 und 24,99.

Eine weitere Größe, die dokumentiert wurde, ist die Zeit, die für die Durchführung der Dilatationstracheotomie nach der modifizierten Methode benötigt wurde. Sie stellt einen wichtigen Faktor zur Bewertung dar und sollte mit anderen Verfahren und Beschreibungen in der Literatur verglichen werden.

Die bei der PDT aufgetretenen Komplikationen wurden registriert und dokumentiert. Diese Ergebnisse wurden kritisch bewertet und mit den Komplikationen der übrigen Dilatationsverfahren verglichen. Weiterhin wurde die Anzahl der Tage vom Zeitpunkt der endotrachealen Intubation bis zur Durchführung der Dilatationstracheotomie registriert. Die Anzahl der Tage bis zur Dekanülierung oder alternativ die Anzahl der Tage bis zum Versterben der Patienten wurden ebenfalls festgehalten.

Die Ausbildung postoperativer Stenosen nach spontanem Stomaverschluss ist in dieser Arbeit nicht systematisch untersucht worden. Allerdings wurden punktuell postoperative Kontrollen der Trachea sowohl fiberoptisch als auch mittels virtueller CT - Diagnostik durchgeführt. Die Erhebung operationsspezifischer Daten und Zeiten erfolgte aus der speziellen Online - Operationsdokumentation. Die Daten zum klinischen Verlauf wurden aus der Patientendokumentation entnommen. Zur Datenerfassung und statistischen Auswertung wurde das Datenprogramm Exel 97 für Microsoft Windows benutzt. Erhobene Daten wurden bei nicht normal verteilten Werten als Median und Range dargestellt.

## 2.2. Die Methode der modifizierten PDT

In unserer Klinik verwendeten wir zur modifizierten PDT das sogenannte „Blue Rhino“-System von der Firma William Cook, das speziell für die minimalinvasive perkutane Dilatationstracheotomie nach Ciaglia entwickelt wurde. Insbesondere die langgezogene und gebogene Spitze des Dilatators verhindert eine Traumatisierung der Trachea. Der flexible Dilatator wird über einen Führungsdraht in Seldinger-Technik in die Trachea eingeführt. Durch die konisch zulaufende Form des Dilatators wird bei der Einführung eine ausreichend grosse Öffnung geschaffen. Auf diese Weise lässt sich eine Aufweitung mit mehreren Dilatatoren verschiedener Grösse vermeiden. Die hydrophile Beschichtung des „Blue Rhino“-Dilatators vereinfacht zusätzlich das Einführen in die Trachea. Der gesamte Eingriff verläuft somit schneller und die Verletzungsgefahr der Trachea wird deutlich reduziert. Die verwendeten Trachealkanülen (Percuquick) wurden von der Firma Rüsç aus Frankreich entwickelt.

Die von uns durchgeführte Operation unterscheidet sich vom herkömmlichen Verfahren nach Ciaglia dadurch, dass die einzelnen Halsweichteile eindeutig chirurgisch präpariert werden.

Im Einzelnen wird wie folgt vorgegangen:

Alle Eingriffe wurden auf der chirurgischen Intensivstation der Klinik für Allgemein -, Visceral -, Gefäß - und Thoraxchirurgie der Berliner Universitätsklinik Charité, Campus Mitte unter sterilen Bedingungen und als bettseitiges Verfahren durchgeführt. Die Dilatationstracheotomien wurden von oder unter der Anleitung eines Chirurgen durchgeführt, der in Hals - und Thoraxeingriffen ausreichende Erfahrung besitzt. Die intubierten Patienten erhielten fünf Minuten vor Beginn des Eingriffes eine Vollnarkose mit 100 % Sauerstoffgabe, d. h. es handelte sich um sedierte und kontrolliert beatmete Patienten. Die Eingriffe erfolgten unter permanenter bronchoskopischer Kontrolle. Die Lagerung der Patienten erfolgte wie bei der konventionellen operativen Tracheostomie in Rückenlage und mit leichter Reklination des Kopfes. Meistens wurde eine Rolle zwischen die Schulterblätter des Patienten platziert.

Zur Durchführung des Eingriffes werden neben einem flexiblen Bronchoskop, eine Punktionskanüle, ein Führungsdraht, ein kleiner Einführungsdilatator, der Spezialdilatator „Ciaglia Blue Rhino“ sowie ein gebogener Führungsstab benötigt. Diese genannten Materialien sind in einem Set zusammengestellt und kommerziell erhältlich. Die Trachealkanüle, die schließlich in die Trachea eingeführt wird, wird separat geliefert. Die verwendeten Bilder stammen aus dem Introduktionsset des „Ciaglia Blue Rhino“ der Firma William Cook Europe.

Die schriftliche Copyright - Erlaubnis liegt vor und befindet sich im Anhang.

Der Hals und der obere Thoraxbereich werden chirurgisch desinfiziert und abgedeckt.

Wegweisende anatomische Strukturen wie Schildknorpel, Knorpelspangen und obere Thoraxapertur werden als Landmarken palpatorisch und präparatorisch mittels Schere und Pinzette identifiziert. Die Darstellung der Trachea erfolgt über eine transversale Mini - Cervikotomie von ca. 1,5 - 2 cm Länge. Die Inzision erfolgt dabei unmittelbar oberhalb der Fossa jugularis.

Bei Patienten mit links zervikaler Anastomose nach Ösophagusresektion und Magenhochzug wird über einen nach rechts verlagerten Zugang vorgegangen. Nachdem das Platysma durchtrennt wurde, erfolgt das stumpfe Spreitzen des subkutanen Fettgewebes. Die gerade Halsmuskulatur wird nach lateral verdrängt und daraufhin wird weiter stumpf bis zur prätrachealen Faszie präpariert. Oberflächliche Halsvenen werden ligiert und Schilddrüsengewebe wird nach oben abgeschoben. Nachdem die Trachea gut sichtbar dargestellt ist, wird der Tubuscuff unterhalb der Stimmlippen zurückgezogen und dort unter bronchoskopischer Kontrolle positioniert. Nach Präparation und sicherer digitaler Identifizierung der Trachealvorderwand erfolgt nun mit Hilfe einer Diaphanoskopie, die die Abklärung eventueller Trachealverlagerungen ermöglicht, die Punktion des Tracheallumens unter bronchoskopischer Kontrolle. Mit dem Instrumentarium des PDK - Sets (William Cook Europe) wird die Trachea in Höhe der 2. - 4. Trachealspange in der Mittellinie und in leicht caudaler Richtung punktiert (Abb. 11).

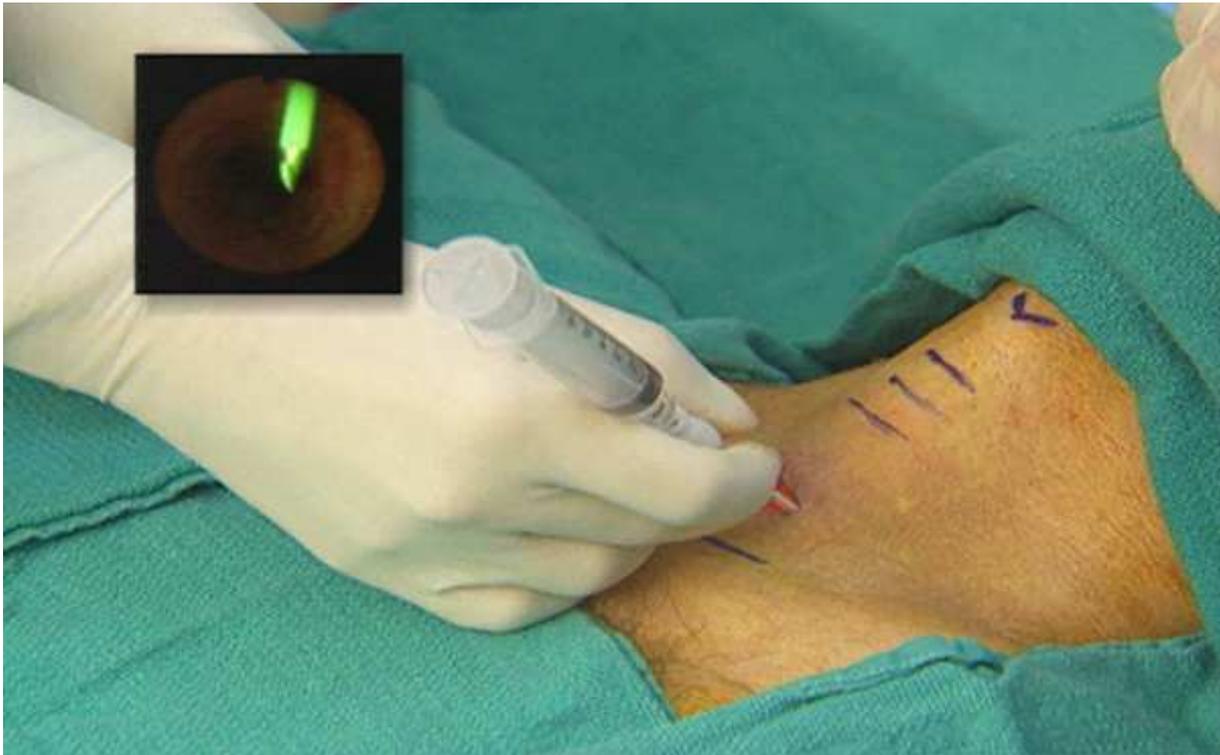


Abb. 11: Punktion der Trachea in Höhe der 2. - 4. Trachealspange unter bronchoskopischer Kontrolle

Bei eindeutiger Feststellung der intratrachealen Lage ohne Verletzung der Tracheahinterwand wird der Führungsdraht in Seldinger - Technik unter fiberoptischer Kontrolle bis zur Karina vorgeschoben. Die Punktionskanüle wird entfernt und der Führungsdraht verbleibt in situ. Die Punktionsstelle wird daraufhin mit einem kleinen Dilatator erweitert und vorbereitet. Der Führungsdraht und ein spezieller Führungskatheter werden zusammen soweit in die Trachea eingeführt, bis sich eine bestimmte Markierung am Führungskatheter in Hautniveau befindet. Führungsdraht und Führungskatheter verbleiben als zusammenhängende Einheit bis zur endgültigen Positionierung der Trachealkanüle in der gewünschten Position. Dieser Arbeitsschritt kann mittels Bronchoskopie ständig kontrolliert werden.

Nachdem die korrekte Lage der Führungsdrahteinheit bronchoskopisch bestätigt worden ist, kann nun die Bougierung mit dem speziell geformtem „Blue Rhino“- Dilatator durchgeführt werden.

Der „Ciaglia Blue Rhino“ - Dilatator besteht aus einem flexiblen Hartgummimantel mit einer speziellen hydrophilen Beschichtung und ist innen hohl. Die Gleitfähigkeit wird mit Kochsalzlösung oder destiliertem Wasser erhöht. Der Dilatator wird nun in einem Arbeitsschritt über die Führungsdrahteinheit bis zur gekennzeichneten Markierung vorgeschoben und in die Trachea eingeführt. Die initiale Anfeuchtung des Dilatators erlaubt die eigentliche Dilatation der Trachea ohne Kraftaufwand und sollte mit einer gleichmäßigen und bogenförmigen Bewegung erfolgen. Durch sorgfältiges und wiederholtes Vorschieben und Zurückziehen des Dilatators wird die Trachea schonend bis zur gewünschten Grösse der Trachealkanüle aufgedehnt (Abb. 12). Die kleine Abbildung in 12 weist auf die intraluminale Lagebeziehung der Tracheahinterwand bei der Dilatation hin.

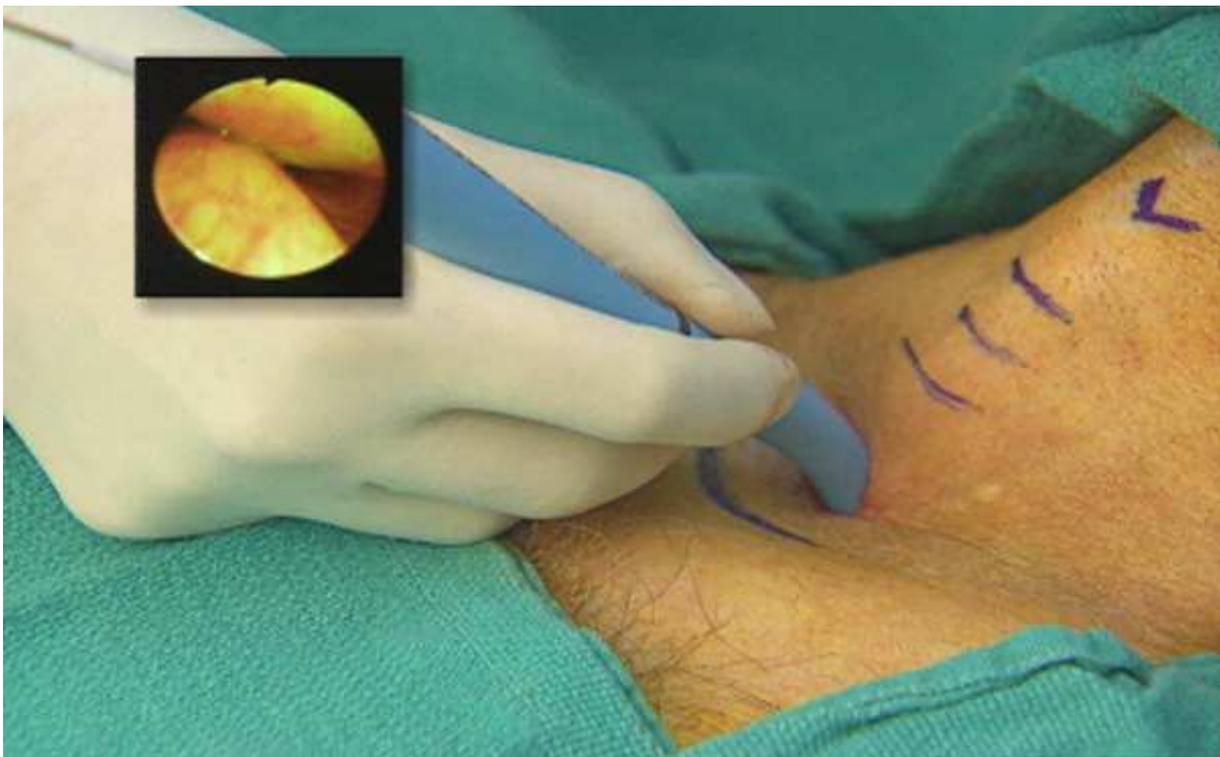


Abb. 12: Durchführung der eigentlichen Dilatation mit gleichmäßigen und bogenförmigen Bewegungen mit der Möglichkeit der bronchoskopischen Kontrolle

Es sollte soweit aufgedehnt werden, dass die Trachealöffnung geringfügig überdehnt ist. Dies ermöglicht die einfache und problemlose Einführung der Trachealkanüle. Nachdem die regelgerechte Funktion der Trachealkanüle und des Cuffs überprüft worden ist und dieser vollständig entleert wurde, wird die Kanüle mit einem sterilen Gleitgel benetzt und auf den Dilatator geschoben. Beide werden nun zusammen zur endgültigen Platzierung der Trachealkanüle über die Führungsdrahteinheit bis zur gewünschten Position eingeführt (Abb. 13).



Abb. 13: Einbringen der Trachealkanüle über die Führungsdrahteinheit bis zur gewünschten Position

Im Set befinden sich drei verschiedene Hartgummiführungsstäbe, die sich zur Spitze hin konisch verjüngen. Diese können so in die Trachealkanüle eingeführt werden, dass ein stufenloser Übergang zwischen der Trachealkanülenspitze und dem Ende des Führungsstabes entsteht. Über den Führungsdraht erfolgt dann die Einführung der aufgeschobenen Trachealkanüle in die Trachea. Sobald der Cuff der Trachealkanüle das Hautniveau ca. einen Zentimeter passiert hat, wird der Führungsstab bei gleichzeitigem Vorschieben der Trachealkanüle gegensinnig zurückgezogen.

Nach bronchoskopischer Überprüfung und Bestätigung der korrekten Lage werden die Führungsdrahteinheit und der Dilatator entfernt. Hier besteht noch einmal die Möglichkeit zur abschließenden Kontrolle der Hämostase. Die Trachealkanüle wird dann an der Halsplatte

fixiert und nach erneutem sterilen Abwaschen ein steriler Verband angelegt. Der Patient kann an das Beatmungsgerät angeschlossen werden und die Entfernung des Endotrachealtubus beendet den Eingriff. Postoperativ wird zum Ausschluss eines Pneumothorax eine Röntgen - Thoraxaufnahme durchgeführt.

Die Entscheidung zur Dekanülierung wird täglich diskutiert und ist von vielen Faktoren abhängig. Es wird mit einer Entwöhnungsphase, dem sogenannten „weaning“ vom Beatmungsgerät begonnen, in der die Patienten zeitweise auch mobilisiert werden. Nach der Entfernung der Trachealkanüle verschließt sich das Stoma ohne weitere chirurgische Intervention mit täglichen Verbandswechseln in der Regel innerhalb weniger Tage selbstständig.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Patientenkollektiv

In einem Zeitraum von vier Jahren, von September 2001 bis August 2005, wurden 177 Patienten, bei denen nach Aufnahme auf die chirurgische Intensivstation die Indikation zur Langzeitbeatmung gestellt und daraufhin eine perkutane Dilatationstracheotomie durchgeführt wurde, in die Untersuchung aufgenommen. Ein Patient, bei dem eine Punktionstracheotomie durchgeführt wurde, hatte auf Grund eines Schilddrüsenkarzinoms Jahre zuvor eine Bestrahlungstherapie erhalten. Auch dieser Eingriff wurde erfolgreich vorgenommen. Zwei Patienten wurden zweimal mit derselben Punktions - und Dilatationsmethode behandelt. Es handelte sich dabei um zwei zeitlich unabhängige Episoden und Erkrankungen, die jeweils eine Beatmungstherapie notwendig machten. Es wurden somit also insgesamt 179 Dilatationstracheotomien in dieser Periode durchgeführt.

#### 3.2. Durchschnittsalter und Geschlecht

Das Durchschnittsalter lag bei 63,9 Jahren (Range 26 - 93). 69,5 % der Patienten waren männlich (n = 123) und 30,5 % (n = 54) waren weiblich. Das Durchschnittsalter der männlichen Patienten lag bei 63,6 Jahren (Range 26 - 93). Das Durchschnittsalter der weiblichen Patienten lag bei 64,7 Jahren (Range 42 - 76) (Tab.1).

Patienten	Anzahl Patienten (n)	%	Durchschnittsalter	Range
Gesamt	177	100	63,9 Jahre	26 - 93 Jahre
Männlich	123	69,5	63,6 Jahre	26 - 93 Jahre
Weiblich	54	30,5	64,7 Jahre	42 - 85 Jahre

Tab. 1: Durchschnittsalter und Geschlecht der Patienten

### 3.3. Body Mass Index (BMI)

Der mediane Body Mass Index lag bei 26,8 (Range 15 - 53) kg/m<sup>2</sup>. Der niedrigste Wert mit 15 wurde bei einer Patientin mit einer chronischen Dünndarmfistel gesehen. Der höchste BMI mit 53 wurde bei einem Patienten mit einer akuten Appendizitis registriert. 10 Patienten hatten bei Aufnahme einen Body Mass Index von weniger als 18,5, was als Untergewicht definiert wird. 50 Patienten konnten in die Kategorie Normalgewicht eingestuft werden.

Bei 117 Patienten bestand laut Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) ein Übergewicht. Das entspricht ca. 2/3 (66,1 %) des gesamten Patientenkollektives. 82 Patienten hatten eine Prä - Adipositas mit einem BMI von mehr als 25. 21 Patienten hatten eine manifestierte Adipositas Grad I mit einem BMI von mehr als 30. 12 Patienten hatten eine Adipositas Grad II mit einem BMI von mehr als 35 und bei 2 Patienten bestand eine Adipositas Grad III mit einem BMI von mehr als 40 (Tab. 2).

Kategorie	BMI	Anzahl Patienten (n)	% gesamt
Untergewicht	< 18	10	5,7
Normalgewicht	18,5 - 24,9	50	28,3
Präadipositas	25 - 29,9	82	46,3
Adipositas Grad I	30 - 34,9	21	11,9
Adipositas Grad II	35 - 39,9	12	6,8
Adipositas Grad III	> 40	2	1,1
Übergewicht	> 25	117	66,1

Tab. 2: Gewichtsklassifikation bei Erwachsenen anhand des BMI (nach WHO, 2000 EK IV)

### 3.4. ASA - Klassifikation

Alle Patienten wurden bei der Aufnahmeuntersuchung in die ASA - Klassifikation eingestuft. 7 Patienten konnten in ASA - Klasse I eingestuft werden, 46 Patienten in ASA - Klasse II, 77 Patienten in ASA - Klasse III und 47 Patienten in ASA - Klasse IV. 124 Patienten, also ca. 70 %, gehörten nach der Definition demnach einer Hochrisikogruppe an.

71 Patienten sind noch während des Aufenthaltes auf der Intensivstation beatmungspflichtig, also noch vor der Dekanülierung an ihrer Grunderkrankung verstorben: 1 Patient mit ASA - Klasse I, 15 Patienten mit ASA - Klasse II, 26 Patienten mit ASA - Klasse III und 29 Patienten mit ASA - Klasse IV. 61,7 % aller Patienten mit ASA - Klasse IV verstarben noch vor Dekanülierung an ihrer Grunderkrankung nach durchschnittlich 24,0 Tagen (Range 2 - 102 Tage). In ASA - Klasse III lag der Prozentanteil bei 33,8 %, die durchschnittliche Kanülierungszeit der verstorbenen Patienten bei 30,5 Tagen (Range 4 - 117 Tage). In ASA - Klasse II verstarben 32,6 % der Patienten vorzeitig nach durchschnittlich 39,5 Tagen (Range 7 - 96 Tage) nach der Dilatationstracheotomie. Bei ASA - Klasse I war der prozentuale Anteil der vorzeitig an ihrer Grunderkrankung verstorbenen Patienten mit 14,3 % erwartungsgemäß am geringsten und die Kanülierungszeit betrug bei diesem einen Patienten 27 Tage (Tab. 3).

ASA - Klassifikation	Anzahl Patienten (n)	% gesamt	Anzahl verstorbener Patienten (n)	% - Anteil
ASA I	7	4,0	1	14,3
ASA II	46	26,0	15	32,6
ASA III	77	43,5	26	33,8
ASA IV	47	26,6	29	61,7
ASA III + IV	124	70,1	55	44,4

Tab. 3: Verteilung nach ASA - Klassifikation und Anteil noch vor Dekanülierung verstorbenen Patienten

### 3.5. Intubationszeit

Alle 179 perkutanen Dilatationstracheotomien konnten erfolgreich durchgeführt werden. Die mittlere Beatmungsdauer bis zum Zeitpunkt der Tracheotomie betrug im Median 7,6 Tage (Range 1 - 37 Tage). Die mittlere Zeit bis zur Dekanülierung betrug im Median 37,4 Tage (Range 5 - 130 Tage).

71 Patienten verstarben im Mittel 29,7 Tagen nach der PDT (Range 2 - 117 Tage) noch während des Aufenthaltes auf der Intensivstation an ihrer Grunderkrankung (Tab. 4).

Zeit	Anzahl (Median)	Range
mittlere Zeit bis Tracheotomie	7,6 Tage	1 - 37 Tage
mittlere Zeit bis Dekanülierung	37,4 Tage	5 - 130 Tage
mittlere Kanülierungszeit bei verstorbenen Patienten	29,7 Tage	2 - 117 Tage

Tab. 4: Mittlere Beatmungszeit bis Tracheotomie und mittlere Kanülierungszeit bis Dekanülierung oder bis zum Tod der Patienten (Angaben als Median und Range)

### 3.6. Operationszeit

Die Länge der Operation wurde genau definiert. Als genauer Operationsstart wurde der Zeitpunkt der Hautinzision mit dem Skalpell definiert. Als Ende des Eingriffes wurde die Konnektierung des Beatmungsgerätes an die Trachealkanülen gewählt. Die Operationszeit in dem untersuchten Patientenkollektiv und bei Durchführung nach der beschriebenen modifizierten Technik betrug im Median 15 Minuten (Range 11 - 21 Minuten)

### 3.7. Vorbestehende Veränderungen im Halsbereich

33 Patienten (18 %) hatten bekannte vorbestehende Veränderungen im Halsbereich. 24 davon waren mit Magenhochzug nach Ösophagusresektion operiert, vier Patienten waren mit einer Schilddrüsenresektionen operiert worden. Bei zwei weiteren Patienten bestand eine Schilddrüsenerkrankung (Struma und Adenom), ein Patient hatte auf Grund eines Schilddrüsenkarzinoms lange Zeit vorher eine Radiochemotherapie erhalten. Zwei Patienten wurden nach primär erfolgreicher Dekanülierung im Anschluss an die geplanten Revisionseingriffe nach vier und neun Monaten, also zweimal wiederholt tracheotomiert. (Tab. 5).

vorbestehende Veränderungen	Anzahl Patienten (n)
Ösophagusresektion und Magenhochzug	24
Schilddrüsenresektion	4
bestehende Schilddrüsenveränderung	2
cervikale Strahlentherapie	1
vorangegangene Tracheotomie	2

Tab. 5: pathologische Veränderungen und Voroperationen in der Halsregion

### 3.8. Grunderkrankungen

Die Liste der Grunderkrankungen der Patienten ist relativ heterogen. Sie beinhaltet Anastomoseninsuffizienzen nach vorangegangener Ösophagus - Magen - oder Darmoperation, perforierte Sigmadivertikulitis, Ösophaguskarzinom, Ulcusperforation, akute Appendicitis, Mesenterialvenenthrombose, Dünn - und Dickdarmperforation, Bauchaortenaneurysma (BAA), chronische und akute Pankreatitis, Pankreaskarzinom, Ileus, Lungenkarzinom, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Femurfraktur, traumatische Leberruptur, Protheseninfektion nach vorheriger Gefäßoperation, Magenkarzinom, Magenlymphom, Harnblasenkarzinom, Schilddrüsenadenom, septischer Schock, nekrotisierende Orchitis, Gallenblasenperforation, Narbenhernienrezidiv, retroperitonealer Abszess, nekrotisierende Fasciitis, Adhäsionsbauch und Adrenalektomie. Die häufigsten Diagnosen und Ursachen sind in Tabelle 6 aufgelistet (Tab. 6).

häufigste Diagnosen und Ursachen	Anzahl (n)
Perforation des Magen - Darm - Traktes	38
Anastomoseninsuffizienz im Magen - Darm - Trakt	23
Ösophaguskarzinom	17
Bauchaortenaneurysma (BAA)	11
Pankreatitis / Karzinom	10

Tab. 6: Häufigste Diagnosen und Ursachen der tracheotomierten Patienten

### 3.9. Komplikationen

Intraoperative Komplikationen oder andere Zwischenfälle traten nicht auf. In dem in unserer Klinik untersuchten Patientenmaterial wurden drei verschiedene Typen von Komplikationen im Untersuchungszeitraum an vier verschiedenen Patienten registriert. In der nachfolgenden Tabelle werden diese Komplikationen aufgeführt (Tab. 7).

Komplikationen	Anzahl (n)
akzidentelle Dekanülierung	2
postoperative Blutung	1
Weichteilemphysem	1

Tab. 7: Registrierte Komplikationen und deren Anzahl

#### 3.9.1. Akzidentelle Dekanülierung

Postoperativ kam es bei zwei Patienten zu einer frühzeitigen und akzidentellen Dekanülierung. In einem Fall konnte die Kanüle ohne Notwendigkeit zur erneuten Intubation und ohne weitere Probleme bronchoskopisch assistiert wieder eingebracht werden. In einem zweiten Fall musste, 18 Tage nach der ursprünglichen Dilatationstracheotomie, bei wiederholter Dekanülierung und anschliessender klinisch pulmonaler Verschlechterung eine nasale Intubation durchgeführt werden. Bei der nachfolgenden diagnostischen Bronchoskopie wurde eine ausgeprägte Tracheomalazie von drei Knorpelspangen unterhalb der Tracheotomie festgestellt. Bei verlängerter Weaningperiode und insuffizienter Atmung war bei diesem Patienten die temporäre Anlage eines konventionellen Tracheostomas notwendig.

### 3.9.2. Postoperative Blutungen

Transfusionspflichtige Nachblutungen an der Stomastelle wurden nicht beobachtet. Lediglich ein Patient hatte eine revisionspflichtige, oberflächliche, persistierende Nachblutung, die durch eine einzelne Umstechung ohne weitere anästhesiologische Intervention behandelt werden konnte. Es war auch in diesem Fall keine weitere Therapie notwendig.

### 3.9.3. Weichteilemphysem

Desweiteren beobachteten wir bei einem Patienten die Ausbildung eines Weichteilemphysems im Bereich der oberen Thoraxapertur. Grund hierfür war eine Tracheomalazie, die bronchoskopisch diagnostiziert wurde. Der Patient wurde mit einem Kanülenwechsel suffizient behandelt, verstarb allerdings im weiteren Verlauf an seiner Grunderkrankung ohne direkten Zusammenhang mit dem Weichteilemphysem.

### 3.10. Stomainfektion

Bei den insgesamt 179 durchgeführten Dilatationstracheotomien wurde keine Stomainfektion registriert.

### 3.11. Narbenlänge und kosmetisches Resultat

Der Stomaverschluss erfolgte bei allen Patienten spontan, ohne dass Wundheilungsstörungen auftraten. Die genaue Narbenlänge und die kosmetischen Resultate wurden nicht erfasst.

### 3.12. Konventionelle Tracheostomie

Während des Studienzeitraumes erhielt in unserer Klinik lediglich ein Patient bei Verschluss einer ösophago - trachealen Fistel mit Trachealnaht und muskulärem Schwenklappen - interponat primär eine konventionelle Tracheostomie.

### 3.13. ASA - Klassifikation und Anzahl Tage bis zur Dekanülierung

Die zu erwartende Korrelation zwischen der ASA - Klassifikation, der Zeit bis zur Dekanülierung und die Anzahl, der noch vor der Dekanülierung verstorbenen Patienten konnte in dieser Untersuchung bestätigt werden. Die Dekanülierung wurde bei 106 Patienten erfolgreich durchgeführt. Die durchschnittliche Zeit bis zur Dekanülierung betrug bei diesen Patienten im Median 37,4 Tage (Range 5 - 130 Tage). Bei ASA - Klasse I war die Kanülierungszeit im Median mit 32,3 Tagen (Range 10 - 59 Tage) am kürzesten. In ASA - Klasse II lag die mediane Zeit bis zur Dekanülierung bei 32,5 Tagen (Range 7 - 77 Tage) und damit auch weiterhin deutlich niedriger als in den nachfolgenden Gruppen. Die Patienten mit ASA - Klasse III wurden im Median 38,9 Tage (Range 6 - 130 Tage) behandelt, Patienten mit ASA - Klasse IV 41,8 Tage (Range 5 - 99 Tage) (Tab 8).

Kategorie	Anzahl (n)	mittlere Zeit bis Dekanülierung	Range
ASA I	6	32,3 Tage	10 - 59
ASA II	31	32,5 Tage	7 - 77
ASA III	51	38,9 Tage	6 - 130
ASA IV	18	41,8 Tage	5 - 99

Tab. 8: ASA - Klassifikation und Zeit bis zur Dekanülierungszeit (Angaben als Median und Range)

### 3.14. BMI und Anzahl Tage bis zur Dekanülierung

Die gleiche Tendenz, wie auch schon bei der ASA - Klassifikation kann bei der Betrachtung des Body Mass Index und der Zeit bis zur erfolgreichen Dekanülierung beobachtet werden. Bei normalgewichtigen Patienten wurde eine geringere Anzahl Tage bis zur erfolgreichen Dekanülierung registriert. Die durchschnittliche Zeit bis zur Dekanülierung betrug bei diesen Patienten 33,6 Tage (Range 5 - 90 Tage). Bei Patienten mit Untergewicht ergab sich ein durchschnittlicher Wert von 35,4 Tagen (Range 14 - 51 Tage). Bei übergewichtigen Patienten konnte eine vermehrte Anzahl an Tagen bis zur erfolgreichen Dekanülierung beobachtet

werden. Hier wurde eine durchschnittliche Zeit von 38,9 Tagen (Range 6 - 109 Tage) dokumentiert (Tab. 10).

Kategorie/BMI	Anzahl (n)	mittlere Zeit bis Dekanülierung	Range
Untergewicht < 18,5	7	35,4 Tage	14 - 51 Tage
Normalgewicht 18,5 – 24,9	35	33,6 Tage	5 - 90 Tage
Übergewicht > 25	64	38,9 Tage	4 - 130 Tage

Tab. 10: Body Mass Index und mittlere Zeit bis zur erfolgreichen Dekanülierung (Angaben als Median und Range)

### 3.15. BMI, durchschnittliche Kanülierungszeit und Anzahl verstorbener Patienten

Von den 50 registrierten Patienten mit Normalgewicht verstarben 15 noch während des Aufenthaltes auf der Intensivstation. Dies ist ein Prozentanteil von 30 %. Die durchschnittliche Kanülierungszeit betrug 27,7 Tage (Range 3 - 96 Tage). Der prozentuale Anteil der verstorbenen Patienten in der Kategorie mit BMI unter 18,5 kg/m<sup>2</sup> ist dem der Normalgewichtigen mit 30 % vergleichbar. Die Kanülierungszeit mit durchschnittlich 32 Tagen (Range 4 - 85) ist jedoch erhöht, wobei diese Werte auf Grund der relativ geringen Anzahl an 3 Patienten zurückhaltend bewertet werden sollen. Deutlicher werden die Resultate mit ansteigendem Body Mass Index. In der Kategorie Präadipositas mit Werten von 25 - 29,9 und damit gering erhöhtem Risiko für Begleitkrankheiten des Übergewichtes zeigt sich, dass der prozentuale Anteil der verstorbenen Patienten auf 43,9 gestiegen ist. Die durchschnittliche Kanülierungszeit stieg nur geringfügig auf 27,8 Tage (Range 2 - 117). Bei Patienten in der Kategorie Adipositas Grad I mit Werten von 30 - 34,9 kg/m<sup>2</sup> stieg der Prozentsatz der verstorbenen Patienten noch weiter auf 47,6 % an. Dies war auch für die durchschnittliche Kanülierungszeit von 33,3 Tagen (Range 5 - 86) zu beobachten. In den beiden letzten Kategorien Adipositas Grad II mit Werten von 35 - 39,9 kg/m<sup>2</sup> und Adipositas Grad III bei einem BMI von mehr als 40 kg/m<sup>2</sup> sind die Hälfte, also 50 % aller Patienten noch während des Aufenthaltes auf der Intensivstation verstorben.

Die durchschnittliche Kanülierungszeit in der Kategorie Adipositas Grad II stieg nochmals auf 41 Tage (Range 5 - 98) an. Die dokumentierten Werte für Patienten in der Kategorie Adipositas Grad III mit einem BMI von über 40 kg/m<sup>2</sup> sollten auf Grund der geringen Anzahl von 2 Patienten wiederum zurückhaltend bewertet werden. Der prozentuale Anteil aller verstorbenen Patienten mit einem BMI von mehr als 25 kg/m<sup>2</sup> lag bei 45,3 % und die durchschnittliche Kanülierungszeit betrug 30,2 Tage (Range 2 - 117) (Tab. 11).

Kategorie / BMI	Anzahl gesamt (n)	Anzahl verstorbener Patienten (n)	% - Anteil	mittlere Kanülierungszeit	Range
Untergewicht < 18,5	10	3	30	32 Tage	4 - 85 Tage
Normalgewicht 18,5 - 24,9	50	15	30	27,7 Tage	3 - 96 Tage
Präadipositas 25 - 29,9	82	36	43,9	27,8 Tage	2 - 117 Tage
Adipositas Grad I 30 - 34,5	21	10	47,6	33,3 Tage	5 - 86 Tage
Adipositas Grad II 35 - 39,9	12	6	50	41 Tage	5 - 98 Tage
Adipositas Grad III > 40	2	1	50	20 Tage	
Übergewicht > 25	117	53	45,3	30,2 Tage	2 - 117 Tage

Tab. 11: Body Mass Index, Anzahl und Länge der Kanülierungszeit bei noch während des Krankenhausaufenthaltes verstorbener Patienten

#### **4. Diskussion**

Die Hauptindikation zur Durchführung einer Tracheotomie beim Intensivpatienten ist eine zu erwartende Langzeitbeatmung, aus der sich gravierende Folgen, wie z. B. chronische Kehlkopfveränderungen oder Tracheomalazien für den Patienten ergeben können. Diese Veränderungen können durch eine rechtzeitige Tracheotomie vermieden werden.

Whited hat in seiner Arbeit aus dem Jahre 1984 therapiebedürftige Stenosen am Kehlkopf und an der Trachealwand bei 14 % der langzeitintubierten Patienten gesehen [57]. Die wichtigsten Vorteile der Tracheotomie gegenüber der translaryngealen Intubation haben Westphal und Mitarbeiter 1999 in ihrer Arbeit zusammengefasst [3]. Diese sind vor allem die Vermeidung von Larynx - und Trachealschäden, die Verkleinerung des Totraumvolumens mit Verbesserung der alveolären Ventilation, die verminderte Atemarbeit, die verbesserte Fixierung der Trachealkanüle, speziell bei zunehmender Mobilität des Patienten, die erleichterte Entwöhnung vom Beatmungsgerät, die Verbesserung der Mund - und Rachenpflege sowie des Absaugens, der geringere Bedarf an Analgetika und Sedativa, die verbesserte Möglichkeit des enteralen Kostaufbaus und nicht zuletzt ein verbesserter und erhöhter Patientenkomfort mit der Möglichkeit der Kommunikation durch die Anwendung spezieller Sprechkanülen.

Seit der ersten Beschreibung durch Pasquale Ciaglia im Jahr 1985 wird die perkutane Dilatationstracheotomie zunehmend als Alternative zur konventionellen chirurgischen Tracheostomie in der Intensivmedizin eingesetzt. In einer Veröffentlichung von Cooper aus dem Jahre 1998 wurde dies bestätigt [103]. In einer schriftlichen Befragung von 176 intensivmedizinischen Abteilungen in England und Wales wurde deutlich, dass 78 % die perkutane Dilatationstracheotomie als ein sicheres Verfahren ansahen und 67 % der Befragten diese auch als Verfahren ihrer Wahl anwendeten. Die Technik nach Ciaglia wurde dabei mit 72 % am häufigsten angewendet, gefolgt von der Methode nach Griggs mit 43 %. 31 % der Befragten benutzen bei der Durchführung der Ciaglia - Methode routinemässig eine Form der bronchoskopischen Kontrolle. Dies bestätigen auch Dost und Bause in dem bereits erwähnten interdisziplinären Artikel [4]. Die am häufigsten angewandte Methode mit 77 % war die Technik nach Ciaglia, gefolgt von der Griggs - Methode mit 15 %. Bause berichtet über die Anwendungshäufigkeit in anästhesiologischen Abteilungen, in denen das Verfahren von Ciaglia mit 58 % erwartungsgemäß am häufigsten angewandt wurde, gefolgt von der Griggs - Methode mit einer Häufigkeit von 35 %.

Die Frage, zu welchem Zeitpunkt eine elektive Tracheotomie bei beatmeten Intensivpatienten durchgeführt werden sollte, ist kontrovers diskutiert worden. 1981 berichteten Stauffer und Mitarbeiter über eine Komplikationsrate von über 60 % nach elektiven Tracheotomien und schlossen daraus, dass frühestens nach einer Beatmungsdauer von 3 Wochen eine Tracheotomie durchgeführt werden sollte [78]. Neuere Untersuchungen zum Auftreten von Kehlkopf - und Trachealschäden gehen von einer Intubationszeit von 7 bis 11 Tagen aus [57,58]. Bishop und Mitarbeiter zeigten 1985 im Tiermodell bei Hunden schon nach 7 Tagen die Ausbildung einer inflammatorischen Reaktion [59]. Lesnik und Rodriguez haben in ihren Studien bei polytraumatisierten Patienten einen positiven Effekt auf die Behandlungsdauer und die Entwöhnungsphase bei frühzeitig durchgeführter Tracheotomie gesehen [95,96].

1989 wurden auf einer Konsensuskonferenz zur Beatmungstherapie die noch heute in etwas abgewandelter Form gültigen Empfehlungen erarbeitet [62]. Die folgenden Empfehlungen wurden ausgesprochen: Für eine zu erwartende Behandlungsdauer von bis zu 10 Tagen sollte die translaryngeale Intubation bevorzugt werden, bei einer zu erwartenden Beatmungszeit von mehr als 21 Tagen ist die Tracheotomie sinnvoll. Die Indikation zur Tracheotomie sollte täglich neu diskutiert werden. Wenn die Entscheidung zur Tracheotomie getroffen wurde, sollte diese auch zeitnah durchgeführt werden. Bei eindeutiger Indikation sollten frühelektive Tracheotomien am 3. - 5. Tag der Beatmungstherapie durchgeführt werden.

Die Vorteile der perkutanen Dilatationstracheotomie gegenüber der konventionellen Tracheostomie sind bekannt. Es liegt inzwischen eine Vielzahl von Veröffentlichungen vor, die diese Tatsache bestätigen. Griggs und Mitarbeiter berichteten 1991 in einer Untersuchung von 153 Punktionstracheotomien und 74 konventionell durchgeführten Tracheostomien [97]. In der Gruppe der Punktionstracheotomien wurden Komplikationen bei 3,9 % der Patienten gesehen. Dies waren in allen Fällen Blutungen, die sowohl intraoperativ als auch in der postoperativen Phase auftraten. Im gleichen Zeitraum lag die Komplikationsrate für die konventionelle Tracheostomie bei 18,9 %. Es handelte sich dabei um Blutungen, Trachealstenosen und Infektionen sowie einen Todesfall, der in kausaler Verbindung mit der Operationstechnik stand. Sie schlussfolgerten, dass die Dilatationstracheotomie ein schnelles und einfach bettseitig durchzuführendes Verfahren darstellt, welches signifikant weniger Komplikationen mit sich bringt.

Friedman und Mitarbeiter veröffentlichten 1996 eine prospektiv randomisierte Studie, in der sie 26 Dilatationstracheotomien und 27 chirurgische Tracheostomien miteinander verglichen [29]. Die Operationszeit der perkutanen Technik betrug 8,2 +/- 4,9 Minuten und die der

chirurgischen Tracheostomie 33,9 +/- 14,0 Minuten. Die Komplikationsrate betrug 12 % für die Dilatationstracheotomie im Gegensatz zu 41 % beim konventionellen Verfahren.

Eine dänische Gruppe aus Aarhus um Holdgaard beschrieb 1998 eine mittlere Operationsdauer für die perkutane Tracheotomie von 11,5 min und von 15,5 min für die Standardmethode [15]. Für die jeweils 30 Patienten in beiden Gruppen wurde zwischen peri- und postoperativen Komplikationen unterschieden. Es zeigte sich auch hier eine deutlich erhöhte Frequenz an Komplikationen für die konventionelle Tracheostomie. 2002 veröffentlichten Melloni und Mitarbeiter eine prospektiv randomisierte Studie mit jeweils 25 Patienten in beiden Gruppen [98]. Die Operationszeit für die herkömmliche Tracheostomie betrug 41 +/- 14 Minuten versus 14 +/- 6 Minuten für die Dilatationstechnik. Die frühe postoperative Komplikationsrate für die konventionelle Technik lag bei 36 % im Vergleich zu 4 % bei der perkutanen Methode. Freeman und Mitarbeiter veröffentlichten im Jahre 2000 eine Metaanalyse, in der 5 Studien mit 236 Patienten für beide Methoden zusammengefasst wurden [86]. Sie kamen zu der Schlussfolgerung, dass die perkutane Dilatationstracheotomie im Vergleich zur konventionellen Tracheostomie leichter durchzuführen ist und die Komplikationsrate im Hinblick auf Blutungen und Infektionen deutlich geringer sei. Sie empfehlen daher die perkutane Dilatationstracheotomie als Wahleingriff bei Intensivpatienten.

Eine weitere Metaanalyse von Angel und Mitarbeitern aus dem Jahre 2003 schlussfolgert damit, dass die perkutane Dilatationstracheotomie eine kosteneffektive und sichere Alternative zur herkömmlichen konventionellen Technik darstellt, wenn sie von entsprechend geschultem Personal ausgeführt wird [99].

Es finden sich aber auch Veröffentlichungen, die diesen positiven Trend in Richtung Punktionstracheotomien nicht bestätigen. Diese kommen vor allem aus dem Lager der Hals-, Nasen- und Ohrenärzte. So publizierten Stripf und Mitarbeiter 2003 eine Studie von 360 elektiven Eingriffen, bei der die Komplikationsrate der offenen chirurgischen Technik mit der der perkutanen Dilatationstracheotomie verglichen wurde [100]. Insgesamt lag die Komplikationsrate für das perkutane Verfahren bei 33 % gegenüber 22 % für die konventionelle Methode. Statistisch signifikant war lediglich die grössere Anzahl an Kanülenfehllagen für die Dilatationsverfahren und die erhöhte Anzahl an Wundinfektionen bei den klassisch offenen Tracheostomien. Bei Eingriffen bettseitig auf der Intensivstation kam es signifikant häufiger zu Blutungskomplikationen, unabhängig vom angewendeten Verfahren.

Die meisten Autoren sind von der Notwendigkeit der unterstützenden Bronchoskopie überzeugt [15,21,35,101]. Diese Auffassung wird auch an unserer Klinik vertreten. Die bronchoskopische Kontrolle stellt einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor dar, der die abschließende Inspektion der Atemwege und die gezielte Absaugung von Schleim oder Blut unter visueller Kontrolle erlaubt. Eine mögliche Komplikation bei der Durchführung einer Dilatationstracheotomie ist die unbeabsichtigte Beschädigung des Tubuscuff. Holdgaard und Mitarbeiter beschrieben die Häufigkeit dieser Komplikation 1998 mit 17 % [15].

Erstmals berichteten Paul und Mitarbeiter 1989 über die ihrer Meinung nach unablässige Notwendigkeit der unterstützenden Bronchoskopie [21]. Sie führten bei 61 Patienten elektive perkutane Tracheotomien durch. Ein Patient verstarb unmittelbar nach der Durchführung an einem Herzstillstand. Bei vier Patienten war auf Grund von Tubusverlegungen und Cuffdefekten eine erneute Intubation erforderlich. Die Autoren kamen zu der Schlussfolgerung, dass die endoskopische Kontrolle zur Vermeidung von Larynxverletzungen, Fehlpositionierung der Trachealkanüle und Verletzungen der Trachealhinterwand beiträgt. Auch Ciaglia berichtet 1999 in einem Artikel über die Notwendigkeit der unterstützenden visuellen Kontrolle [101].

Winkler und Mitarbeiter empfahlen 1994 auch eine bronchoskopische Kontrolle und berichten von 72 durchgeführten perkutanen Dilatationstracheotomien bei 71 Patienten mit der Ciaglia - Methode [35]. 45 der 71 Patienten verstarben noch vor Dekanülierung an ihrer Grunderkrankung. Bei 59 von 72 durchgeführten Prozeduren konnte bronchoskopisch eine korrekte mediane Lage in der Trachea dokumentiert werden. Bei 13 von 72 Patienten (18 %) war die Punktionstelle suboptimal gewählt. Die Operationsdauer betrug 9 +/- 3 Minuten. Die Komplikationsrate lag bei 5,5 % (4/72). Es wurden zwei nicht transfusionsbedürftige Blutungen, die durch den lokalen Druck der Trachealkanüle gestoppt werden konnten, eine Infektion und eine Verletzung der Tracheahinterwand registriert.

Die Häufigkeit eines Pneumothorax oder eines subkutanen Emphysems als Folge einer paratrachealen Tubusinsertion oder einer Verletzung der Trachealhinterwand ist durch die systematische bronchoskopische Kontrolle deutlich verringert worden. Barba und Mitarbeiter konnten dies 1995 in ihrer Arbeit verdeutlichen [13].

Neben ihrer Praktikabilität und ihres Risikoprofils müssen die einzelnen Tracheotomie – verfahren, vor allem in der heutigen Zeit, auch unter ökonomischen Aspekten bewertet werden. Alle Verfahren können sowohl im Operationssaal als auch am Bett des Patienten auf der Intensivstation durchgeführt werden. Die konventionelle Tracheostomie wird in der Regel im Operationssaal durchgeführt. Die perkutanen Dialatationsverfahren hingegen werden

üblicherweise bettseitig auf der Intensivstation durchgeführt. Dies führt vor allem zu einer Reduktion der Risiken, die im Verlauf des Transportes von der Intensivstation in den Operationssaal und zurück auftreten können. Beschriebene Komplikationen reichen von akzidentellen Verlusten von arteriellen und venösen Zugängen, über die Diskonnektion vom Beatmungsgerät bis hin zum Tod des Patienten [29,30]. Die Auffassung, dass konventionelle Tracheostomien grundsätzlich im Operationssaal durchgeführt werden sollten, wird auch in unserer Klinik vertreten. Es ist allseits bekannt, dass die Betriebskosten für den Operationssaal einen erheblichen Anteil an den Gesamtkosten des Eingriffs tragen. Führt man eine perkutane Dilatationstracheotomie im Operationssaal durch, entstehen erhebliche Kosten. Die Benutzung des Operationssaals und die Personalkosten korrelieren direkt mit der Operationsdauer und diese ist bei der herkömmlichen konventionellen Tracheotomie länger. Eine Kostensenkung kann daher mit der bettseitigen Durchführung auf der Intensivstation erreicht werden. Auch der personalaufwendige innerklinische Transport entfällt, was zu einer deutlichen Senkung der Kosten beiträgt. Hinzu kommt ein geringerer Organisationsaufwand für die perkutanen Dilatationstracheotomien, da diese bettseitig auf der Intensivstation durchgeführt werden können und z.B. nicht mit dem Operationsprogramm einzelner Kliniken oder der Operationsabteilung koordiniert werden müssen. Freeman und Mitarbeiter haben in einer Untersuchung 2001 neben der Operationsdauer und den Komplikationen auch die anfallenden Kosten für beide Methoden verglichen [102]. Sie fanden eine Operationszeit von 20,1 +/- 2 Minuten für die perkutane Dilatationstracheotomie gegenüber 41,7 +/- 3,9 Minuten für die herkömmliche Technik. Die anfallenden Gesamtkosten bezifferten sich auf \$ 1647 +/- \$ 50 für die klassische chirurgische Tracheostomie und auf \$ 880 +/- \$ 54 für das perkutane Verfahren. Die Autoren schlussfolgern, dass die perkutane Dilatationstracheotomie eine kosteneffiziente Alternative darstellt.

Van Natta und Mitarbeiter veröffentlichten 1998 eine Studie mit 272 Patienten, bei denen eine perkutane Tracheotomie durchgeführt wurde [17]. Das Verfahren wurde sowohl bettseitig auf der Intensivstation als auch im Operationssaal angewandt. Sie fanden einen vermehrten Kostenaufwand für die Ausführung im Operationssaal, der 4,5 mal höher war als bei der Durchführung des gleichen Verfahrens auf der Intensivstation am Bett des Patienten.

Auch in Deutschland wurde der Kosten - und Zeitunterschied der einzelnen Verfahren miteinander verglichen. In einem interdisziplinären Gespräch, an dem 1999 Ärzte der drei hauptsächlich involvierten Fachrichtungen, Anästhesie, Hals -, Nasen - und Ohrenheilkunde und Chirurgie, teilnahmen, wurde eine Kostenanalyse aufgestellt [4]. Bause dokumentierte in diesem Gespräch den Kostenvergleich zwischen drei Methoden der Punktionstracheotomie

und der konventionellen Tracheotomie, die hierbei von HNO - Ärzten im Operationssaal durchgeführt wurden. Die perkutanen Dilatationsverfahren wurden dagegen bettseitig auf der entsprechenden Intensivstation durchgeführt. Es ergaben sich Kosten für die Methode nach Fantoni / Mallinkrodt von damals 441,30 DM, für das Verfahren nach Griggs (Portex) von 322,65 DM und für die Technik nach Ciaglia (Cook) von 476, 93 DM. Alle diese Angaben beinhalten die Kosten für Materialien inklusive der respektiven Sets mit Kanülen sowie den Personalkostenaufwand für Schwestern und Ärzte. Dem gegenüber ergaben sich Aufwendungen für die konventionell durchgeführte Tracheostomie von 660,30 DM. Der angegebene Zeitaufwand lag mit durchschnittlich 40 Minuten doppelt so hoch wie für die perkutanen Verfahren. Desweiteren wurde der Kostenaufwand für die Dekanülierung und das Verschließen der konventionellen Tracheostomie mit durchschnittlichen Kosten von 1008, 30 DM dokumentiert. Der Verschluss der Punktionsstelle erfolgt bei den perkutanen Dilatationsverfahren ohne die Notwendigkeit der chirurgischen Intervention.

Es besteht die Möglichkeit, den Dilatationsvorgang entweder mit einem Single - Dilatator durchzuführen oder die Punktionsstelle stufenweise auf zu dehnen. Kost veröffentlichte 2005 eine Arbeit, in der sie über eine Reduktion der Komplikationsrate mit einem Single - Dilatator im Vergleich mit einem stufenweise ausgeführten Dialatationsvorgang berichtet [23]. Sie verglich die Ciaglia - Methode mit dem Verfahren nach Griggs und fand eine Komplikationsrate mit 10 % für die Durchführung mit einem Single - Dilatator im Vergleich zu 16 % mit einer stufenweise ausgeführten Dilatation. Der Unterschied in der Operationszeit war signifikant, und sie schlussfolgerte, dass die Durchführung mit einem Single - Dilatator eine sichere, schnelle und technisch einfache Methode darstellt.

Alle Dilatationstracheotomien, die dieser Arbeit zugrunde liegen, wurden mit dem Single - Dilatator „Ciaglia Blue Rhino“ bettseitig auf der Intensivstation und unter bronchoskopischer Kontrolle durchgeführt. Um einen besseren Vergleich mit den in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnissen zu erlangen, werden im folgenden nur Studien genannt, bei denen die perkutane Tracheotomie bettseitig auf der Intensivstation und diese routinemäßig mit unterstützender visueller Kontrolle durchgeführt wurde.

#### 4.1. Intubationszeit

Die Zeit bis zur Tracheotomie betrug in dem untersuchten Material im Median 7,6 Tage (Range 1 - 37 Tage) und liegt damit im Bereich der empfohlenen Richtlinien [62]. Die mediane Zeit bis zur Dekanülierung wurde mit 37,4 Tagen (Range 5 - 130 Tage)

dokumentiert. Zum Vergleich soll hier exemplarisch nur die im Jahre 2000 von Byhahn und Mitarbeitern veröffentlichte Studie erwähnt werden. Sie verglichen die neue „Blue Rhino“ - Technik mit der Basisversion von Ciaglia [45]. In dieser prospektiv randomisierten Studie wurden jeweils 25 Patienten in den beiden Gruppen inkludiert. Die durchschnittliche Intubationszeit vor der Tracheotomie lag bei 7,2 +/- 3,8 Tagen bei der „Blue Rhino“ - Technik und bei 7,5 +/- 3,7 Tagen für die Basisversion. Die durchschnittlich Zeit bis zur Dekanülierung betrug 17,3 +/-14,5 Tage (Range 5 - 52 Tage) für „Blue Rhino“ - Verfahren und 17,1 +/- 13,0 Tage (Range 4 - 49 Tage) für die herkömmliche Ciaglia - Technik.

#### 4.2. Operationszeit

Die im vorliegenden Material dokumentierte Operationszeit lag bei den insgesamt 179 durchgeführten Dilatationstracheotomien bei 15 Minuten (Range 11 - 21 Minuten). Sie ist damit im Vergleich zur Literatur verlängert.

Walz und Mitarbeiter fanden 1993 bei 50 Patienten eine mediane Operationszeit von 8 Minuten (Range 5 - 15 Minuten) [36]. Alle Patienten wurden mit dem herkömmlichen Ciaglia - Verfahren behandelt.

Bause konnte bei 151 nach der herkömmlichen Ciaglia - Methode durchgeführten Eingriffen eine durchschnittliche Operationszeit von 11,5 Minuten dokumentieren [37].

Nates und Mitarbeiter verglichen im Jahre 2000 52 Dilatationstracheotomien nach Ciaglia mit 48 Eingriffen nach der Griggs - Methode [43]. Sie konnten eine durchschnittliche Operationszeit für die Ciaglia - Methode von 9,5 Minuten nachweisen.

Byhahn fand 2000 in der bereits erwähnten Arbeit eine Operationszeit für das neuere „Blue Rhino“ - Verfahren von 165 +/- 78 Sekunden (Range 50 - 360 Sekunden) im Gegensatz zur Basistechnik mit 386 +/- 283 Sekunden (Range 4 - 20 Minuten) [45]. Dieser Unterschied war signifikant. Die durchschnittliche Operationsdauer wurde von den Autoren allerdings definiert als die Zeit von der Punktion der Trachea bis zur Konnektierung an das Beatmungsgerät. Sie ist damit deutlich geringer als die Operationszeiten anderer Autoren und kann auf Grund dieser doch eher unkonventionellen Definition nicht als Bewertungsgrundlage dienen

Fickers und Mitarbeiter veröffentlichten 2001 eine Arbeit mit 100 durchgeführten „Blue - Rhino“ - Verfahren und fanden eine mediane Operationszeit von 13 Minuten (Range 2 - 60 Minuten) [47].

Alle angeführten Studien weisen im Vergleich zu den vorgestellten Ergebnissen eine kürzere Operationszeit auf. Die Ursache dafür liegt bei der von uns durchgeführten chirurgischen

Präparation und eindeutigen Identifikation der Halsweichteile und der Trachea. Es konnten keine negativen Auswirkungen für die Patienten durch die Verlängerung der Eingriffe dokumentiert werden.

#### 4.3. Erweiterte Indikationsstellung und vorbestehende Veränderungen im Halsbereich

In einigen Studien wurden Patienten mit verschiedenen Risikofaktoren von der Durchführung einer Dilatationstracheotomie ausgeschlossen und konventionell chirurgisch tracheostomiert [15,105]. Die Einschätzung der Risikofaktoren und damit die Anwendbarkeit der perkutanen Dilatationstracheotomie hat sich im Laufe der Jahre verändert. Das Verfahren wird heute bei Patienten durchgeführt, die vor einigen Jahren noch mit einer konventionellen Tracheostomie behandelt worden wären. 2004 veröffentlichten Kluge und Mitarbeiter eine Studie mit Patienten, die eine ausgeprägte Thrombozytopenie hatten und trotzdem mit einer Dilatationstracheotomie behandelt wurden [105]. Alle Patienten erhielten vor dem Eingriff Thrombozytenkonzentrate. Die Autoren schlussfolgerten, dass die perkutane Punktionstracheotomie mit bronchoskopischer Kontrolle ein Verfahren mit geringer Komplikationsrate darstellt, wenn die geringe Thrombozytenzahl vor dem Eingriff mit Thrombozytenkonzentraten behandelt wird.

Die in dieser Arbeit vorgestellte chirurgische Darstellung der Trachea entspricht im Wesentlichen dem Vorgehen nach Jackson [11]. Ein weiterer, entscheidender technischer Unterschied ist die Darstellung der trachealen Punktionsstelle mit Hilfe der broncho - skopischen Diaphanoskopie. Im Vergleich zum reinen perkutanen Vorgehen sind pathologische Veränderungen der Halsanatomie durch eventuell vorangegangene Therapien oder Operationen gut erkennbar. Weiterhin ist die exakte Punktion der Trachea zwischen zwei Knorpelspangen unter Sicht möglich, und so eine Läsion der Knorpelanteile der Trachea vermeidbar. Insgesamt hatten 33 Patienten (18 %) Veränderungen im Halsbereich, die bei anderen Autoren, wie bereits erwähnt, zu den Ausschlusskriterien gehören. Es könnte sein, dass durch diese Technik seitliche oder posteriore Trachealläsion im Rahmen des Punktions - oder Dilatationsvorganges in dem untersuchten Patientenkollektiv nicht beobachtet wurden. Weiterhin wird im Unterschied zum reinen perkutanen Zugangsweg eine sichere Kontrolle der Hämostase ermöglicht. Die spezifischen Kontraindikationen bei der hier vorgestellten modifizierten Methode beschränken sich auf ein Alter von unter 18 Jahren auf Grund der erhöhten Elastizität der Trachea sowie auf vorbestehende Trachealstenosen. Notfälle und schwere Gerinnungsstörungen bleiben auch hier weiterhin als Kontraindikationen erhalten.

#### 4.4. Komplikationen

Während der perkutanen Dilatationstracheotomie kann es zu Schwierigkeiten kommen, die zu einem Wechsel zur konventionellen Tracheostomie führen oder die Operationszeit deutlich verlängern. Daher wird von den meisten Autoren empfohlen, die perkutanen Techniken nur von erfahrener Personal durchführen zu lassen, das die Möglichkeit besitzt, auf mögliche Komplikationen adäquat zu reagieren und diese auch entsprechend professionell behandeln kann.

Die Bandbreite der möglichen Komplikationen ist vielfältig. In der englischsprachigen Literatur findet man vorwiegend die Unterteilung in sogenannte „major and minor complications“. Im deutschen Sprachgebrauch ist oft eine Einteilung in Früh - und Spätkomplikationen üblich, wobei die Frühkomplikationen nochmals in peri - oder intraoperative und postoperative Komplikationen unterteilt werden. Es liegt allerdings keine eindeutige Einteilung der auftretenden Komplikationen in definierte Gruppen vor. Es ist daher jedem Autor selbst überlassen, die dokumentierten Komplikationen zu bewerten.

Für die perkutanen Dilatationstracheotomien werden verfahrensspezifische Früh - und Spätkomplikationen beschrieben. In der Literatur wird mehrfach über letale Komplikationen im Zusammenhang mit der Durchführung einer Dilatationstracheotomie berichtet [5,22,25,32,33,36,]. Das Auftreten eines Pneumothorax und einer akzidentiellen Dekanülierung werden als eine „Major“ - Komplikation angesehen. Blutungen hingegen werden oft als „Minor“ - Komplikation eingestuft, wobei durchaus transfusionsbedürftige Blutungen vorliegen können [43].

Die Komplikationsrate in der vorliegenden Arbeit lag bei 2,2 %. Sie ist im Vergleich zu Komplikationsraten anderer Studien geringer. Die Gesamtanzahl der dokumentierten Komplikationen betrug 4 unerwünschte Zwischenfälle bei 179 durchgeführten Eingriffen. Dies waren zwei akzidentelle Dekanülierungen, eine postoperative, nicht transfusions - bedürftige Blutung und ein Weichteilemphysem.

Eine ernsthafte Komplikation mit letalem Ausgang für den Patienten registrierten wir in unserer Arbeit nicht. Die akzidentelle Dekanülierung ist eine eher seltene Komplikation, die jedoch in die Gruppe der „Major“ - Komplikationen eingestuft werden muss. Diese wurde in unserem Patientenkollektiv zweimal beobachtet, wobei beide Patienten sofort adäquat und suffizient behandelt wurden, ohne dass dies zu negativen Auswirkungen auf den unmittelbaren klinischen Zustand der Patienten führte. In einem Fall konnte die Trachealkanüle unter bronchoskopischer Kontrolle problemlos wieder eingeführt werden. In

dem anderen Fall musste im weiteren Verlauf und bei klinischer pulmonaler Verschlechterung eine nasotracheale Intubation durchgeführt werden. Durch die nachfolgend durchgeführte diagnostische Bronchoskopie konnte eine ausgeprägte Tracheomalazie der drei unterhalb der Tracheotomie liegenden Trachealknorpelspangen diagnostiziert werden. Bei verlängerter Weaningperiode und zunehmend insuffizienter Atmung war bei diesem Patienten zusätzlich die temporäre Anlage eines chirurgischen konventionellen Tracheostomas notwendig.

Verletzungen der Trachealhinterwand, durch die unter anderem auch größere Blutungen ausgelöst werden können, wurden in unserem Patientenkollektiv nicht gesehen. Unserer Meinung nach ist dies auf die Modifikation der Ciaglia - Technik mit offener Darstellung der Trachea und daraus resultierender Dilatation der Tracheavorderwand unter Sicht zurückzuführen. Bei dieser modifizierten Technik ist ein geringerer Druck auf die Vorderwand notwendig mit konsekutiv geringerem Risiko der Hinterwandverletzung als beim reinen perkutanen Verfahren. Nicht transfusionsbedürftige Blutungen sind die am häufigsten dokumentierte Komplikation. In unserer Untersuchung wurde nur eine oberflächliche, persistierende Nachblutung registriert. Diese konnte durch eine Umstechung problemlos therapiert werden. Blutungen im Bereich der Tracheotomie werden oft durch den lokalen Gewebedruck, den die Trachealkanüle ausübt, ohne Notwendigkeit der aktiven chirurgischen Behandlung gestoppt. Ernsthafte Blutungen, die eine Transfusion notwendig gemacht hätten, wurden nicht gesehen.

Eine weitere von uns beobachtete Komplikation war die Ausbildung eines Weichteilemphysems im Bereich der oberen Thoraxapertur. Ursächlich hierfür war eine vorbestehende, aber unbekannte Tracheomalazie, die durch eine anschliessend durchgeführte Bronchoskopie diagnostiziert wurde. Der Patient wurde mit einem Kanülenwechsel suffizient behandelt und das Weichteilemphysem bildete sich innerhalb kurzer Zeit zurück. Der Patient verstarb allerdings später an seiner Grunderkrankung, ohne dass dies in kausalem Zusammenhang zu dem Weichteilemphysem stand.

Dost und Koeser veröffentlichten 1999 eine Arbeit, in der sie über Komplikationen der Punktionstracheotomien an deutschen Hals -, Nasen - und Ohrenabteilungen berichteten [72]. Es wurde ein zweiteiliger Fragebogen an alle registrierten Abteilungen verschickt. Es konnten 116 Antworten ausgewertet werden, was einer Rücklaufquote von 78 % entspricht. Die am häufigsten angewandte Technik war die nach Ciaglia mit 77 %, gefolgt von der Technik nach Griggs in 15 %. Es wurden insgesamt 65 Patienten mit Komplikationen dokumentiert. Die am häufigsten beobachteten Komplikationen waren Blutungen (25), Probleme beim Kanülenwechsel (18), Trachealstenosen (14), tracheo - ösophageale Fisteln (7), Verletzungen

der Trachealhinterwand (6), Kanülenfehllage (6), Halsemphysem (4), Pneumothorax (2) und sonstige Komplikationen.

Die Häufigkeit und das Auftreten der einzelnen Komplikationen bei der Durchführung der herkömmlichen Ciaglia - Methode wird in der Arbeit von Berrouschot hervorgehoben [22]. Blutungen sind die am häufigsten registrierten Komplikationen, gefolgt von Infektionen, Verletzungen der Hinterwand und Emphysemen.

1999 berichteten Walz und Schmidt in einer Studie über die Platzierung der Punktionsstelle bei perkutanen Dilatationstracheotomien [106]. Sie führten bei 42 unabhängig von der durchgeführten Punctionstracheotomie verstorbenen Patienten eine Obduktion durch. Die Tracheotomien wurden nach der Ciaglia - Methode ausgeführt und die Punktionsstelle sollte ca. 1 cm unterhalb des Cricoids liegen, so dass die Punktionsnadel unterhalb des ersten und oberhalb des vierten Trachealringes liegt. Die Ergebnisse zeigten, dass 32 Punctionen im gewünschten Bereich durchgeführt wurden. Sieben Punctionen erfolgten oberhalb des ersten und drei unterhalb des vierten Trachealringes. Zusammen wurden also 10 (24 %) Fehllagen dokumentiert. Sie konnten weiterhin bei 20 Patienten eine horizontale intercartilaginäre Ruptur der anterioren Trachealwand und in 12 Fällen Frakturen der Trachealknorpelspangen nachweisen.

Walz und Mitarbeiter veröffentlichten 1993 eine Serie mit 50 durchgeführten perkutanen Punctionstracheotomien [36]. Acht dieser Patienten wiesen eine schwergradige Thrombozytopenie auf. Es wurde das Verfahren nach Ciaglia angewendet. An ihren Grunderkrankungen sind 34 Patienten nach durchschnittlich 13 Tagen (Range 0 - 53 Tagen) noch vor Dekanülierung verstorben. Die Patienten waren zuvor durchschnittlich 6 Tage (Range 0 - 22 Tage) endotracheal intubiert. Die Operationsdauer lag bei durchschnittlich 8 Minuten (Range 5 - 15 Minuten). Klinisch relevante Infektionen des Tracheotomas wurden bei einer durchschnittlichen Zeit bis zur Dekanülierung von 21 Tagen (Range 0 - 113 Tage) nicht beobachtet. Nach Dekanülierung heilten alle Wunden innerhalb von 2 - 3 Tagen vollständig. Perioperative Komplikationen waren, nach Meinung der Autoren, ein methodenunabhängiger Todesfall bei akuter kardialer Dekompensation, ein Hautemphysem und eine leichte Blutung. Postoperativ wurde eine Blutung dokumentiert. Trachealstenosen nach Dekanülierung wurden nicht beobachtet. Diese Ergebnisse lassen sich sehr gut mit denen unserer Arbeit vergleichen, da es sich um ähnliche Ausgangsparameter handelt. Die mit 2,2 % geringere Komplikationsrate in unserem Patientenmaterial könnte für die von uns vorgestellte eindeutige, chirurgische Darstellung der Trachealvorderwand sprechen.

1995 stellten Bause und Mitarbeiter eine Studie mit 151 Operationen bei 141 Patienten vor [37]. Sie benutzten die von Ciaglia beschriebene Technik mit dem Unterschied, dass die Punktion zwischen dem 2. und 3. Ringknorpel durchgeführt wurde. Die durchschnittliche Operationszeit lag bei 11,5 Minuten (Range 5 - 23 Minuten). Alle Eingriffe wurden erfolgreich ausgeführt. 48 Patienten (37,5 %) verstarben noch vor der Dekanülierung an ihrer Grunderkrankung. Die Autoren beobachteten 11 Komplikationen (7,3 %). Die häufigsten Komplikationen waren vier akzidentelle Dekanülierungen, zwei Verletzungen der Trachealschleimhaut sowie zwei Blutungen, die keiner Bluttransfusion bedurften.

1996 berichteten Fernandez und Mitarbeiter über 162 Patienten, die mit der Ciaglia - Methode behandelt wurden [5]. 25 Patienten verstarben noch vor Dekanülierung an ihrer Grunderkrankung. Sie fanden in ihrer Arbeit vier „Major“ - Komplikationen (2,5 %). Diese waren ein Pneumothorax und drei Tracheahinterwandverletzungen. Desweiteren fanden sie fünf „Minor“ - Komplikationen (3,1 %). Im gleichen Jahr veröffentlichten Marx und Mitarbeiter eine Serie von 254 Patienten [38]. Die Autoren verwendeten die herkömmliche Ciaglia - Methode und berichteten über vier schwerwiegende Komplikationen, eine davon führte zum Tod eines Patienten. Leichtere Komplikationen traten bei 18 Patienten auf (7 %). Dies waren unter anderem Blutungen, Punktionsschwierigkeiten und subkutane Emphyseme. Eine prospektiv randomisierte Studie von Ambesh aus dem Jahre 1998 vergleicht jeweils 40 Patienten, die mit der Ciaglia - Methode oder dem Verfahren nach Griggs behandelt wurden [41]. Für Patienten, bei denen das Ciaglia - Verfahren angewendet wurde, traten manifeste Komplikationen bei 4 Patienten (10 %) auf. Diese waren zwei Blutungen, ein Emphysem und eine Stomainfektion.

In einer weiteren prospektiv randomisierten Studie von Nates aus dem Jahre 2000 wurden jeweils 52 Patienten mit der Ciaglia - Methode und 48 Patienten mit der Griggs Methode behandelt [33]. Abnormale Koagulationsbefunde fanden sich bei 17 % der Patienten in beiden Gruppen. Die durchschnittliche Operationszeit lag bei 9,3 Minuten für die Ciaglia - Methode, bzw. 10 Minuten für das Verfahren nach Griggs. Die Komplikationsrate für die Ciaglia - Methode betrug 2 %, inklusive einer Blutung, die transfusionsbedürftig war. Im Gegensatz dazu fanden die Autoren eine Komplikationsrate von 25 % bei dem Verfahren nach Griggs, wobei es zu sieben größeren Blutungen kam und sechs von diesen transfusionsbedürftig waren.

2003 veröffentlichten Börm und Mitarbeiter eine Studie mit 54 neurochirurgischen Patienten [46]. In 15 Fällen wurde die Ciaglia - Methode angewendet, in 39 Fällen kam das Verfahren nach Griggs zur Anwendung. Die respektiven medianen Operationszeiten beliefen sich auf

10,5 Minuten (Range 8 - 20 Minuten) für die Technik nach Ciaglia und auf 7 Minuten (Range 5 - 13 Minuten) für das Verfahren nach Griggs. Die Komplikationsraten für die Ciaglia - Methode lag bei 27 % („Major“ - Komplikationen 20 %). Für die Technik nach Griggs wurde die Komplikationsrate mit 13 % angegeben („Major“ - Komplikation 5,1 %).

Heuer und Deller legten 1998 eine Arbeit mit 195 Intensivpatienten vor. Bei allen Patienten wurde die Methode nach Ciaglia angewandt [40]. Die Frühkomplikationsrate lag bei 6,6 %. Bei 132 dekanülierten, klinisch, radiologisch und endoskopisch nachuntersuchten Patienten konnte nur eine relevante Trachealstenose nachgewiesen werden. Die Autoren exkludierten jedoch von vornherein Patienten, bei denen die Trachea nicht lokalisiert werden konnte, eine schwere Gerinnungsstörung vorlag oder Operationen im Bereich der Trachea, des Larynx oder des Ösophagus vorgenommen worden oder geplant waren. Die Frühkomplikationsrate von 6,6 % lag hier trotz aller Ausschlusskriterien deutlich höher als die Komplikationsrate in unserem Patientenkollektiv von 2,2 % und dies obwohl gerade Patienten mit einem signifikant erhöhten Komplikationsrisiko einen nicht unerheblichen Anteil in unserer Studie ausmachten. So könnte man auch hier wiederum die Schlussfolgerung ziehen, dass die von uns beschriebene modifizierte Methode eine deutliche Verbesserung zum rein perkutanen Punktions - und Dilatationsverfahren darstellt.

Die hier als letztes zu nennende Studie wurde 2002 von Fickers und Mitarbeitern veröffentlicht [47]. Sie zeigte eine relativ hohe Anzahl an Komplikationen und eine mediane Operationszeit von 12 Minuten 53 Sekunden (Range 2 - 60 Minuten). Die Komplikationsrate wurde mit 36 % angegeben. Davon waren 30 sogenannte „Minor“ - Komplikationen, die sich unter anderem aus Blutungen (14), Punktion des liegenden Trachealtubus (5), akzidentelle Dekanülierung (2) und Punktion der Trachealhinterwand (2) zusammensetzten. Die sechs „Major“ - Komplikationen waren drei chirurgisch zu explorierende Blutungen, zwei Pneumothoraces und eine paratracheale Fehllage. Diese Arbeit lässt sich auf Grund des gleichen Dilatationsvorganges und der relativ gleichen Operationszeit gut mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit vergleichen. Deshalb kann auch hier auf Grund der höheren Anzahl an hauptsächlich „Minor“ - Komplikationen vermutet werden, dass eine chirurgische Darstellung der Halsweichteile über eine Mini - Cervikotomie eine Alternative darstellt.

#### 4.5. BMI und ASA - Klassifikation

Die in der hier vorliegenden Arbeit registrierte Komplikationsrate von 2,2 % ist niedriger als in vergleichbaren, bereits erwähnten Studien. Dies ist besonders hervorzuheben, da fast 2/3 aller Patienten ein klinisch manifestes Übergewicht aufwiesen und mehr als 2/3 aller Patienten in die ASA - Klassen III + IV eingestuft waren.

Kost publiziert 2005 eine Arbeit mit 500 Patienten, die zwischen 1990 und 2003 mit einer perkutanen Dilatationstracheotomie behandelt wurden [23]. Es ist eine der wenigen Studien, bei denen ebenfalls die ASA - Klassifikation und der Body Mass Index registriert wurden. Die ersten 191 Patienten wurden mit dem herkömmlichen Ciaglia - Verfahren behandelt, die restlichen 309 mit der „Blue Rhino“ - Methode. Die Komplikationsrate für die Gruppe mit den multiplen Dilatatoren lag bei 13,6 % während sie für den Single Dilatator 6,5 % (20 Komplikationen) ausmachte. Es wurden insgesamt 46 Komplikationen (9,2 %) dokumentiert. Die beiden häufigsten Komplikationen waren zum einen ein Sauerstoffsättigungsabfall bei 14 Patienten und zum anderen kleinere, nicht transfusionsbedürftige Blutungen bei 12 Patienten. Keine dieser Komplikationen wirkte sich negativ auf den klinischen Zustand der Patienten aus. In der „Blue Rhino“ - Gruppe mit 309 Patienten waren 52,8 % (163) Männer und 47,2 % (146) Frauen. 3,2 % (10 Patienten) der Patienten wurden in die ASA - Klasse II eingestuft, 46,6 % (144 Patienten) in ASA - Klasse III und 50,2 % (155 Patienten) in ASA - Klasse IV. Ein Body Mass Index von unter 30 kg/m<sup>2</sup> lag bei 80,3 % (248 Patienten) der Patienten vor, ein BMI von über 30 kg/m<sup>2</sup> hingegen bei 19,7 % (61 Patienten) der untersuchten Patienten. Die Autorin konnte in ihrer Arbeit ein signifikant erhöhtes Komplikationsrisiko bei Patienten mit ASA - Klasse IV und einem Body Mass Index von über 30 kg/m<sup>2</sup> nachweisen.

Diese Tendenz findet sich in den Ergebnissen der hier vorliegenden Arbeit wieder. In dem hier vorgestellten Patientenkollektiv zeigt sich, dass mit ansteigender ASA - Klasse sowohl die durchschnittliche Anzahl der Tage bis zur erfolgreichen Dekanülierung als auch die Anzahl der Patienten, die noch vor Dekanülierung an ihrer Grundkrankheit verstorben sind, ansteigt. Die gleiche Tendenz zeigt sich auch in Verbindung mit dem Body Mass Index. Patienten mit einem höheren BMI haben eine verlängerte Zeit bis zur erfolgreichen Dekanülierung. Der prozentuale Anteil der noch vor Dekanülierung an ihrer Grundkrankheit verstorbenen Patienten steigt ebenfalls mit steigendem Grad der Adipositas. Durch die geringe Anzahl von Patienten mit einer Adipositas Grad III, also ein BMI über 40 kg/m<sup>2</sup>, kann jedoch keine Aussage über diese spezifische Untergruppe gemacht werden.

Die hier vorliegende Arbeit lässt, wie auch die Studie von Kost, die Schlussfolgerung zu, dass Patienten mit einer höheren ASA - Klasse und einer manifesten Adipositas längere Zeit bis zur erfolgreichen Dekanülierung benötigen und dass der prozentuale Anteil der noch vor Dekanülierung an ihrer Grunderkrankung verstorbenen Patienten kontinuierlich ansteigt. Trotz der relativ großen Anzahl von 179 Dilatationstracheotomien fanden wir keinen Zusammenhang zwischen BMI, ASA - Klasse und dem Auftreten von Komplikationen. Obwohl die Zahlen aufzeigen, dass die Anzahl verstorbener Patienten mit ansteigender ASA - Klasse höher wurde und ein hoher BMI dieselbe Folge hatte, wurden unter anderem diese Risikogruppen in der vorliegenden Arbeit untersucht. Dies weist darauf hin, dass die von uns beschriebene modifizierte Methode eine erweiterte Indikationsstellung besitzt.

#### 4.6. Spätfolgen

Bei der hier vorliegenden Arbeit wurde keine systematische Erhebung von Langzeitresultaten durchgeführt. Ca. 40 % der Patienten verstarben noch vor der Dekanülierung auf der Intensivstation an ihrer Grunderkrankung und andere Patienten wurden nach intensiver Behandlung in das zuweisende Krankenhaus zurückverlegt. Insgesamt wurden mehr als 70 % der Patienten in die ASA - Klassen III + IV eingestuft, was Auskunft über den Allgemeinzustand, der meist auf Grund einer Krebserkrankung stationär aufgenommenen Patienten, gibt. Bei nicht systematischen Nachuntersuchungen mittels Computertomographie und virtueller Bronchoskopie konnte ein stenosefreier Verschluss der trachealen Punktionsstelle demonstriert werden. Klinisch konnte keine symptomatische Trachealstenose nachgewiesen werden.

Spätkomplikationen nach Dekanülierung umfassen überwiegend Trachealstenosen, Granulationsbildung im Tracheallumen, ösophago - tracheale Fisteln und unakzeptable Narbenverhältnisse. Als geringgradige, weitestgehend vorübergehende Komplikationen gelten vor allem Stimmveränderungen und Heiserkeit. Der Nachweis einer Trachealstenose kann radiologisch oder bronchoskopisch erfolgen. Die Stenose liegt in der Regel auf Höhe des Stomas und selten in Cuffnähe [78]. Die Ursachen für das Auftreten von laryngotrachealen Stenosen sind noch nicht abschliessend geklärt. Als prädisponierender Faktor gilt neben der Dauer der translaryngealen Intubation auch die Höhe der Tracheotomie. Bereits 1921 vermutete Jackson einen kausalen Zusammenhang zwischen einer zu hoch durchgeführten Tracheotomie mit einer Ringknorpelverletzung und einer daraus resultierenden subglottischen Stenose [76].

Hommerich und Mitarbeiter vertreten die Ansicht, dass unter anderem lokale Infektionen eine wesentliche Ursache für die Entstehung von Trachealstenosen sind, da es entzündungsbedingt immer zum Verlust von Trachealknorpel kommt [61]. Eine weitere Ursache für die spätere Ausbildung von Stenosen soll die mechanische Behandlung der Knorpelspangen während der eigentlichen Tracheotomie sein. Bei mangelnder knorpeliger Stütze durch eine Verletzung der Vorderwand kann es zur Ausbildung einer anterioren Trachealstenose kommen. Dabei dürfte das Dilatationstrauma am geringsten sein, wenn gerade zwischen zwei Trachealknorpelspangen punktiert und dilatiert wird. Die Autoren fanden bei endoskopischen Untersuchungen eines Kollektivs von 15 Patienten einen mittleren Grad der Tracheallumeneinengung von  $14 \pm 5,1$  % (Range 8 - 25 %). Keine dieser Veränderungen war klinisch symptomatisch und damit auch nicht therapiebedürftig.

In einer Auswertung von acht Studien mit perkutaner Dilatationstracheotomie zeigten Westphal und Mitarbeiter eine Inzidenz von symptomatischen Trachealstenosen von 2 % (14/781 Patienten) [3].

Sieben Jahre nach ihrer Erstbeschreibung berichteten Ciaglia und Mitarbeiter 1992 von 30 nachuntersuchten Patienten [70]. Sie fanden bei einem Patienten eine Stimmveränderung, aber keine weiteren subjektiven oder objektiven Symptome für laryngotracheale Stenosen.

2000 berichteten Norwood und Mitarbeiter über 48 Patienten, die mit Computertomographie nachuntersucht wurden [74]. 25 Patienten (52 %) wiesen einen normalen Befund auf. Bei 15 Patienten (31 %) zeigten sich Tracheallumeneinengungen von mehr als 10 %. Ein Patient hatte eine diffuse Tracheomalazie mit einer Trachealstenose von mehr als 50 % und vier Patienten berichteten über Stimmveränderungen.

Law und Mitarbeiter beschreiben 1997 in ihrer Arbeit eine Inzidenz von signifikanten Trachealstenosen von ca. 10 % bei 41 Patienten, die mit spirometrischen und fiberoptischen Verfahren nachuntersucht wurden [79]. Bei insgesamt 32 Patienten konnte eine asymptotische Lumeneinengung der Trachea von 10 % dokumentiert werden. Die Autoren bemerken, dass Langzeitresultate nach perkutanen Dilatationstracheotomien auf Grund der hohen Mortalität bei Intensivpatienten und der schwierigen Definition einheitlicher, reproduzierbarer und vergleichbarer Kriterien schwer dokumentiert werden können.

Fikkers und Mitarbeiter fanden 2002 bei Nachuntersuchungen an 64 Patienten symptomatische subglottische Stenosen mit einer Häufigkeit von 1,6 % [47].

2008 berichteten Christenson und Mitarbeiter über Langzeitergebnisse bei 390 Patienten [77]. Bei drei Patienten wurde eine Trachealstenose zwischen 20 - 50 % registriert. Weitere sechs Patienten hatten eine Tracheallumeneinengung von mehr als 70 %. Dies entspricht einer

Stenoserate von 2,3 %. Bei allen neun Patienten konnte eine Veränderung der Trachea mit Kollaps der anterioren Trachealwand dokumentiert werden.

Abschliessend lässt sich feststellen, dass Trachealstenosen meist asymptomatisch sind. Klinisch typische Symptome einer Trachealstenose zeigen sich normalerweise erst bei einer Verengung des Lumens von ungefähr 75 %, und ein Stridor tritt meist nicht auf, bevor ein Trachealdurchmesser von fünf Millimeter unterschritten wird. Weber und Heffner konnten dies in ihren Arbeiten dokumentieren [75,107]. Der Anteil klinisch relevanter Trachealstenosen nach perkutaner Dilatationstracheotomie liegt bei ungefähr 2 %.

#### 4.7. Schlussfolgerung

Die Besonderheit des hier beschriebenen Verfahrens ist die offene Darstellung der Trachealvorderwand, wodurch eine exakte mittelständige Trachealpunktion und eine atraumatische Knorpeldilatation gewährleistet werden kann. Die eindeutige Identifizierung der anatomischen Halsstrukturen, die sichere Hämostase und die exakte Punktion nehmen natürlicherweise eine gewisse Zeit in Anspruch. Die durchschnittliche Operationszeit der hier beschriebenen Methode ist im Vergleich zu anderen Studien um einige Minuten verlängert. Der Mehraufwand einer exakten anatomischen Präparation wurde hier bewusst akzeptiert und ist unserer Meinung nach der Grund der niedrigen Komplikationsrate.

Trotz der relativ großen Anzahl von 179 durchgeführten Dilatationstracheotomien konnten wir keinen Zusammenhang zwischen BMI, ASA - Klasse und dem Auftreten von Komplikationen feststellen. Es zeigt sich aber, dass bei ansteigenden BMI und ASA - Klassen eine längere Zeit bis zur Dekanülierung notwendig ist.

Des Weiteren konnte aufgezeigt werden, dass Patienten mit gängigen Kontraindikationen gleichwohl erfolgreich mit der von uns vorgestellten modifizierten Methode behandelt werden können. Es ist somit die erweiterte Indikationsstellung dokumentiert worden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das hier beschriebene modifizierte, perkutane Dilatationsverfahren ein sicheres, leicht anzuwendendes, kostengünstiges und bettseitig gut durchzuführendes Verfahren darstellt. Es bedarf eines größeren Zeitaufwandes und eines in der Halschirurgie erfahrenen Operateurs, jedoch ist dies aus Sicht des Autors bei einer Reduktion der Komplikationsrate akzeptabel. Auch die bronchoskopische Kontrolle bei der Durchführung der perkutanen Dilatationstracheotomie trägt zur Vermeidung von Komplikationen bei und sollte daher einen festen Bestandteil des Verfahrens darstellen. Als Kontraindikationen bleiben weiterhin vorbestehende Trachealstenosen und ein Alter von unter 18 Jahren.

## **5. Zusammenfassung**

Seit der Erstbeschreibung durch Ciaglia im Jahre 1985 wird die perkutane Dilatations - tracheotomie zunehmend als Alternative zur herkömmlichen konventionellen Tracheostomie eingesetzt. In Studien, die diese beiden Verfahren miteinander vergleichen, wurden oftmals Patienten mit Riskofaktoren von der Durchführung der Dilatationstracheotomie ausgeschlossen und konventionell chirurgisch tracheostomiert.

Typische Frühkomplikationen der Dilatationstracheotomie sind ein subkutanes Emphysem oder ein Pneumothorax als Folge einer paratrachealen Tubuslage oder einer Verletzung der Trachealhinterwand mit zusätzlich möglichen Blutungen. Diese Komplikationen können durch bronchoskopische Kontrolle deutlich reduziert werden.

Alle Dilatationstracheotomien, die die Grundlage für diese Arbeit bilden, wurden mit dem Single - Dilatator „Ciaglia Blue Rhino“ bettseitig auf der Intensivstation und unter bronchoskopischer Kontrolle durchgeführt.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es, eine modifizierte Dilatationstracheotomie als Methode der Wahl prospektiv auf ihre peri - und frühinterventionelle Morbidität zu untersuchen und die operativen Modifikationen zu beschreiben. Die von uns beschriebene offene Darstellung der Trachealvorderwand entspricht in weiten Teilen dem Vorgehen nach Jackson aus dem Jahre 1909. Im Gegensatz zu den ausschließlich perkutanen Verfahren stellten pathologische Veränderungen der Halsanatomie keine Kontraindikation für diese Methode dar. In unserem Patientenkollektiv lagen bei 18 % der Patienten Veränderungen im Halsbereich vor. Bei den insgesamt 179 durchgeführten Dilatationstracheotomien wurden lediglich vier Komplikationen dokumentiert, die jedoch sämtlich adäquat behandelt werden konnten und folgenlos blieben.

Die Ergebnisse der hier vorgelegten Arbeit zeigen einen im Vergleich zu den meisten anderen Studien erhöhten Zeitaufwand bei der Durchführung der Dilatationstracheotomie. Dem gegenüber lässt sich aber eine geringere Komplikationsrate feststellen und dies trotz der erweiterten Indikationsstellung und des relativ hohen Anteils an Patienten mit ASA - Klasse III + IV und Übergewicht. Es wurden weiterhin auch keine seitlichen oder hinteren Verletzungen der Trachealwand im Rahmen des Punktions - oder Dilatationsvorganges beobachtet. Wir konnten keinen Zusammenhang zwischen BMI, ASA - Klasse und dem Auftreten von Komplikationen feststellen. Es zeigt sich aber, dass bei ansteigenden BMI und höheren ASA - Klassen eine längere Zeit bis zur Dekanülierung notwendig ist.

Bei der hier vorliegenden Arbeit wurde keine systematische Erhebung von Langzeitresultaten durchgeführt. Bei nicht systematischen Nachuntersuchungen mittels Computertomographie und virtueller Bronchoskopie konnte ein stenosefreier Verschluss der trachealen Punktionsstelle demonstriert werden. Klinisch konnte keine symptomatische Trachealstenose nachgewiesen werden.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass es sich bei der hier beschriebenen modifizierten Dilatationsmethode um ein sicheres und einfach anzuwendendes Verfahren handelt, das zum einen ein in der Halschirurgie erfahrenes Team erfordert und zum anderen einen gewissen zeitlichen Mehraufwand mit sich führt, aber nachweislich eine geringere Komplikationsrate bei den beschriebenen Patienten im Vergleich zu anderen perkutanen Verfahren aufweist. Die Anwendung der hier beschriebenen modifizierten Dilatationstracheotomie hat somit in einem erfahrenen Team und unter bronchoskopischer Kontrolle als Wahleingriff eine minimale Morbidität und kann unter den beschriebenen Bedingungen empfohlen werden. Als Kontraindikationen bleiben vorbestehende Trachealstenosen und ein Alter von unter 18 Jahren.

## **6. Literaturverzeichnis**

- 1 Walz MK. Die Tracheostomie. Indikation, Methoden, Risiken.  
Chirurg 2001;72:1101-10
- 2 Bause H, Prause A. Stellenwert und Komplikationen der minimalinvasiven perkutanen Tracheotomieverfahren.  
Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1999;34:659-64
- 3 Westphal K, Byhahn C, Lischke V. Die Tracheotomie in der Intensivmedizin.  
Anaesthesist 1999;48:142-56
- 4 Bause H, Dost P, Kehrl W, Walz MK, Schultz-Coulon HJ. Punktionstracheotomie versus konventionelle Tracheostomie. Ein interdisziplinäres Gespräch.  
HNO 1999;47(1):58-70
- 5 Fernandez L, Norwood S, Roettger R, et al. Bedside percutaneous tracheostomy with bronchoscopic guidance in critical ill Patients. Arch Surg 1996;131:129-32
- 6 Fabricius H. (1617) Opera Chirurgica. Boutesteniana, Lugdunum Batavorum, Leiden, pp 475-83
- 7 Sanctorius S. (1626) Commentaria in Primam fen Primi Libri Canonis Avicennae. Lacobum Sancinam, Venetiis:507-12
- 8 Dekers F. (1695) Exercitationes practicae. Luchtman & Boutesteyn, Lugdunum Batavorum, Leiden, pp 238-45
- 9 Heister L. (1750) Institutiones Chirurgicae. Janssonis-Waesberge, Amstekaedam, pp 674-8
- 10 Van Swieten G (1785) Commentaria in Hermanni Boerhaave Aphorismos de Cognoscendis et Curandis Morbis. 3rd edn, Samuel et Johannes Luchtman, Lugdunum Batavorum, Leiden, pp 687-92
- 11 Jackson C. (1909) Tracheostomy. Laryngoscope 19:285-7
- 12 Toye FJ, Weinstein JD. A percutaneous tracheostomy device.  
Surgery 1969;65:384-89

- 13 Barba CA, Angood PB, Kauder DR, et al. Bronchoscopic guidance makes percutaneous tracheostomy a safe, cost-effective and easy-to-teach procedure. *Surgery* 1995;118(5):879-83.
- 14 Heikkinen M, Aarno P, Hannukainen J. Percutaneous dilational tracheostomy or conventional surgical tracheostomie ? *Crit Care Med* 2000;28(5):1399-402
- 15 Holdgaard HO, Pedersen J, Jensen RH, et al. Percutaneous dilatational tracheostomy versus conventional surgical tracheostomy. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998;42:545-50
- 16 Westphal K, Byhahn C, Rinne T, et al. Tracheostomy in cardiosurgical patients: surgical tracheostomy versus Ciaglia and Fantoni methods. *Ann Thorac Surg* 1999;68:486-92
- 17 Van Natta TL, Morris JA Jr, Eddy VA, et al. Elective bedside surgery in critically injured patients is safe and cost-effective. *Ann Surg* 1998;227(5):618-26
- 18 Smith I, Fleming S, Cernaianu A. Mishaps during transport from the intensive care unit. *Crit Care Med* 1990;18(3):278-81
- 19 Indeck M, Peterson S, Smith J, et al. Risk, cost and benefit of transporting ICU patients for special studies. *J Trauma* 1988;28(7):1020-5
- 20 Marelli D, Paul A, Manolidis S, et al. Endoskopik guided percutaneous tracheostomy: early results of a consecutive trial. *J Trauma* 1990;30(4):433-5
- 21 Paul A, Marelli D, Chiu RC-J, et al. Percutaneous endoskopik tracheostomy. *Ann Thorac Surg* 1989;47:314-5
- 22 Berrouscht J, Oeken J, Steininger L, et al. Perioperative complications of percutaneous dilational tracheostomy. *Laryngoscope* 1997;107:1538-44
- 23 Kost KM. Endoskopik percutaneous dilatational tracheotomy: a prospective evaluation of 500 consecutive cases. *Laryngoscope* 2005;115(10Pt2):1-30
- 24 Deitmer T. Die Tracheotomie in der Intensivmedizin - wo, wie, wer und bei wem ? *Anaesthesist* 1999;48:139-41
- 25 Muhl E, Franke C, Bruch HP. Verbesserte Technik der Dilatationstracheostomie und erste Ergebnisse. *Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1995;30:497-500

- 26 Polderman KH, Sijkstra JJ, De Bree R, et al. Percutaneous dilatational tracheostomy in the ICU. *Chest* 2003;123(5):1595-602
- 27 Hazard PB. Further refinement of percutaneous tracheostomy technique. *Intensive Care Med* 1994;20:466-7
- 28 Friedman Y, Mayer AD. Bedside percutaneous tracheostomy in critically ill patients. *Chest* 1993;104(2):532-5
- 29 Friedman Y, Fildes J, Mizock B, et al. Comparison of percutaneous and surgical tracheostomies. *Chest* 1996;110(2):480-5
- 30 Hazard PB, Garnett HE, Adams JW, et al. Bedside percutaneous tracheostomy: experience with 55 elective procedures. *Ann Thorac Surg* 1988;46:63-7
- 31 Stoeckli SJ, Breitbach T, Schmid S. A clinical and histologic comparison of percutaneous dilational versus conventional surgical tracheostomy. *Laryngoskop* 1997;107:1643-6
- 32 Toursarkissian B, Zweng TN, Kearney PA, et al. Percutaneous dilational tracheostomy: report of 141 Cases. *Ann Thorac Surg* 1994;57:862-7
- 33 Wang MB, Berke GS, Ward PH, et al. Early experience with percutaneous tracheotomy. *Laryngoscope* 1992;102:157-62
- 34 Toye FJ, Weinstein JD. Clinical experience with percutaneous tracheostomy and cricothyroidotomy in 100 patients. *J Trauma* 1986;26:1034-40
- 35 Winkler WB, Karnik R, Seelmann O, et al. Bedside percutaneous dilatational tracheostomy with endoscopic guidance: experience with 71 ICU patients. *Intensive Care Med* 1994;20:476-9
- 36 Walz MK, Thürauf N, Eigler F-W. Die Punktionstracheostomie beim Intensivpatienten; Technik und Ergebnisse einer minimal-invasiven Methode. *Zentralbl Chir* 1993;118:406-11
- 37 Bause H, Prause A, Schulte am Esch J. Indikation und Technik der perkutanen Dilatationstracheotomie für den Intensivpatienten. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1995;30:492-6

- 38 Marx WH, Ciaglia P, Graniero KD. Some important details in the technique of percutaneous dilatational tracheostomy via modified Seldinger technique. *Chest* 1996;110(3):762-6
- 39 Treu TM, Knoch M, Focke N, et al. Die perkutane dilatative Tracheotomie als neues Verfahren in der Intensivmedizin; Durchführung, Vorteile und Risiken. *Dtsch med Wschr* 1997;122:599-605
- 40 Heuer B, Deller A. Früh- und Spätergebnisse der perkutanen Dilatationstracheostomie (PDT Ciaglia) bei 195 Intensivpatienten. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1998;33:306-12
- 41 Ambesh SP, Kaushik S. Percutaneous dilational tracheostomy: the Ciaglia method versus the Rapitrach method. *Anesth Analg* 1998;87:556-61
- 42 Westphal K, Byhahn C, Wilke H-J, et al. Percutaneous tracheostomy: a clinical comparison of dilatational (Ciaglia) and translaryngeal (Fantoni) techniques. *Anesth Analg* 1999;89:938-43
- 43 Nates JL, Cooper J, Myles PS, et al. Percutaneous tracheostomy in critical ill patients: A prospektive, randomized comparison of two techniques. *Crit Care Med* 2000;28(11):3734-9
- 44 Byhahn C, Lischke V, Scheifler G, et al. Ciaglia Blue Rhino: Ein weiterentwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheostomie; Technik und erste Ergebnisse. *Anaesthesist* 2000;49:202-6
- 45 Byhahn C, Wilke H-J, Halbig S, et al. Percutaneous tracheostomy: Ciaglia Blue Rhino versus the basic Ciaglia technique of percutaneous dilational tracheostomy. *Anesth Analg* 2000;91:882-6
- 46 Börm W, Gleixner M. Experience with two different techniques of percutaneous dilational tracheostomy in 54 neurosurgical patients. *Neurosurg Review* 2003;26(3):188-91
- 47 Fikkers BG, Briedé IS, Verwiel JMM, et al. Percutaneous tracheostomy with Blue Rhino technique: presentation of 100 consecutive patients. *Anaesthesia* 2002;57:1094-7

- 48 Fantoni A, Ripamonti D. A non-derivative, non-surgical tracheostomy: the translaryngeal method. *Intensive Care Med* 1997;23:386-92
- 49 Byhahn C, Lischke V, Westphal K. Perkutane Tracheotomie in der Intensivmedizin; Praktikabilität und Frühkomplikationen der translaryngealen Technik nach Fantoni. *Anaesthesist* 1999;48:310-6
- 50 Griggs WM, Worthley LIG, Gilligan JE, et al. A simple percutaneous tracheotomy technique. *Surg Gynecol Obstet* 1990;170:543-5
- 51 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
- 52 Walz MK, Peitgen K. Punktionstracheostomie versus translaryngeale Tracheostomie; Eine prospektiv-randomisierte Studie bei 50 Intensivpatienten. *Chirurg* 1998;69:418-22
- 53 Byhahn C, Wilke H-J, Lischke V, et al. Bedside percutaneous tracheostomy: clinical comparison of Griggs and Fantoni techniques. *World J Surg* 2001;25:296-301
- 54 Jackson AV. ARROWSMITH'S EDITION OF KAEGI'S RIGVEDA. *Science* 1886Dec24;8(203S):618
- 55 Petermann J. Greifswald und die Tracheotomie. *Journal für Anästhesie und Intensivbehandlung* 2006;3:5-9
- 56 Meier W, von Langenbeck's Archiv für klinische Chirurgie, Berlin 1885,31:495-525
- 57 Whited RE. A prospective study of laryngotracheal sequelae in long-term intubation. *Laryngoskop* 1984;94(3):367-77
- 58 Bishop MJ. Mechanisms of laryngotracheal injury following prolonged tracheal intubation. *Chest* 1989;96(1):185-6
- 59 Bishop MJ, Hibbard AJ, Fink BR, et al. Laryngeal injury in a dog model of prolonged endotracheal intubation. *Anesthesiology* 1985;62(6):770-3
- 60 Deslée G, Brichet A, Lebuffe G, et al Obstructive fibrinous tracheal pseudomembrane. A potentially fatal complication of tracheal intubation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000Sept;162(3Pt,1):1169-71

- 61 Hommerich CP, Rödel R, Frank L, et al. Langzeitergebnisse nach chirurgischer Tracheotomie und PDT. Eine vergleichende retrospektive Analyse. *Anaesthesist* 2002;51:23-7
- 62 Plummer AL, Gracey DR. Consensus conference on artificial airways in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 1989;96:178-80
- 63 Stock MC, Woodward CB, Shapiro BA, et al. Perioperative complications of elective tracheostomy in critically ill patients. *Crit Care Med* 1986;14(10):861-3
- 64 Durst J, Rohen JW. *Chirurgische Operationslehre*. Stuttgart - New York: Schattauer, 1991, ISBN 3-7945-1199-9, S. 192-4
- 65 Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest* 1985;87(6):715-9
- 66 Frova G, Quintel M. A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilatation. A preliminary report. *Intensive Care Med* 2002;28:299-303
- 67 Shelden CH, Pudenz RH, Freshwater DB, et al. A new method for tracheostomy. *J Neurosurg* 1955;12:428-31
- 68 Walz MK, Eigler F-W. Methodik der Punktionstracheostomie. Technik, Indikationen und Kontraindikationen. *Chirurg* 1996;67:436-43
- 69 Deitmer T, Delank KW. Kritische Anmerkungen aus HNO-ärztlicher Sicht zur perkutanen dilatativen Tracheostomie nach Cialgia. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1995;30:501-3
- 70 Ciaglia P, Graniero KD. Percutaneous dilatational tracheostomy. Results and long-term follow-up. *Chest* 1992;101(2):464-7
- 71 Mansharamani NG, Koziel H, Garland R, et al. Safety of bedside percutaneous dilatational tracheostomy in obese patients in the ICU.
- 72 Dost P, Koeser K. Komplikationen der dilatativen Punktionstracheotomie in deutschen Hals-Nasen-Ohren-Abteilungen. *Laryngo-Rhino-Otol* 1999;78(2):81-5
- 73 Spilker D, Krier C. Perkutane dilatative Tracheotomie - eine Alternative oder die bessere Technik für den Intensivpatienten. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1995;30:467-8

- 74 Norwood S, Van Vallina L, Short K, et al. Incidence of tracheal stenosis and other late complications after percutaneous tracheostomy. *Ann Surg* 2000;232(2):233-41
- 75 Weber AL, Grillo HC. Tracheal stenosis: an analysis of 151 cases. *Radiol Clin North Am* 1979;16(2):291-308
- 76 Jackson C. (1921) High tracheostomy and other errors - the chief cause of chronic laryngeal stenosis. *Surg Gynecol Obstet* 32:392
- 77 Christenson TE, Artz GJ, Goldhammer JE, et al. Tracheal stenosis after placement of percutaneous dilational tracheotomy. *Laryngoscope* 2008;118(2):222-7
- 78 Stauffer JL, Olson DE, Petty TL. Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheostomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 1981;70(1):65-76
- 79 Law RC, Carney AS, Manara AR. Long-term outcome after percutaneous dilational tracheostomy. Endoscopic and spirometry findings. *Anaesthesia* 1997;52(1):51-6
- 80 Hill BB, Zweng TN, Maley RH, et al. Percutaneous dilational tracheostomy: report of 356 cases. *J Trauma* 1996;41:238-43
- 81 Rosenbower TJ, Morris JA Jr, Eddy VA, et al. The long-term complications of percutaneous dilatational tracheostomy. *Am Surg* 1998;64(1):82-6; discussion 86-7
- 82 Mc Farlane C, Denholm SW, Sudlow CLM, et al. Laryngotracheal stenosis: a serious complication of percutaneous tracheostomy. *Anaesthesia* 1994;49:38-40
- 83 Fischler MP, Kuhn M, Cantieni R, et al. Late outcome of percutaneous dilatational tracheostomy in intensive care patients. *Intensive Care Med* 1995;21(6):475-81
- 84 Wood DE, Mathisen DJ. Late complications of tracheostomy. *Clin Chest Med* 1991;12(3):597-609
- 85 Muttini S, Melloni G, Gemma M, et al. Percutaneous or surgical tracheotomy. Prospektive, randomized comparison of the incidence of early and late complications. *Minerva Anestesiol* 1999;65(7-8):521-7
- 86 Freeman BD, Isabella K, Lin N, et al. A meta-analysis of prospective trials comparing percutaneous and surgical tracheostomy in critically ill patients. *Chest* 2000;118(5):1412-8

- 87 Hazard P, Jones C, Benitone J. Comparative clinical trial of standard operative tracheostomy with percutaneous tracheostomy. *Crit Care Med* 1991;19(8):1018-24
- 88 Holdgaard HO, Pedersen J, Paaske PB, et al. Percutaneous dilatational tracheostomy. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996;40:838-41
- 89 Westphal K, Lohrengel A, Wilke HJ, et al. Die perkutane Dilatationstracheotomie bei Intensivpatienten in der Herzchirurgie. *Z Herz Thorax Gefässchir* 1998;12:177-81
- 90 Flum DR, Steinberg SD, Adams PX, et al. Bedside percutaneous tracheostomy in acquired immunodeficiency syndrome. *Am Surg* 1998;64(5):444-6
- 91 American Society of Anesthesiologists (ASA): New classification of physical status. *Anesthesiology* 1963;24:111
- 92 Little JP. Consistency of ASA grading. *Anaesthesia* 1995;50(7):658-9
- 93 Harling DW. Consistency of ASA grading. *Anaesthesia* 1995;50(7):659
- 94 Keys A. Indices of relative weight and obesity. *Journal of chronic Diseases* 1972;25(6):329-43
- 95 Lesnik I, Rappaport W, Fulginiti J, et al. The role of early tracheostomy in blunt, multiple organ trauma. *Am Surg* 1992;58(6):346-9
- 96 Rodriguez JL, Steinberg SM, Luchetti FA, et al. Early tracheostomy for primary airway management in the surgical critical care setting. *Surgery* 1990;108(4):655-9
- 97 Griggs WM, Myburgh JA, Worthley LI. A prospective comparison of a percutaneous tracheostomy technique with standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med* 1991;17(5):261-3
- 98 Melloni G, Muttini S, Gallioli G, et al. Surgical tracheostomy versus percutaneous dilatational tracheostomy. *J Cardiovasc Surg* 2002;43(1):113-21
- 99 Angel LF, Simpson CB. Comparison of surgical and percutaneous dilational tracheostomy. *Clin Chest Med* 2003;24(3):423-9
- 100 Stripf T, Ali M, Mewes T, et al. Percutaneous dilative tracheostomy versus conventional surgical tracheostomy: a retrospective trial. *Laryngorhinootologie* 2003;82(4):281-5

- 101 Ciaglia P. Video-assisted endoscopy, not just endoscopy, for percutaneous dilatational tracheostomy. *Chest* 1999;115(4):915-6
- 102 Freeman BD, Isabella K, Cobb JP, et al. A prospective, randomized study comparing percutaneous with surgical tracheostomy in critically ill patients. *Crit Care Med* 2001;29(5):926-30
- 103 Cooper RM. Use and safety of percutaneous tracheostomy in intensive care. Report of a postal survey of ICU practice. *Anaesthesia* 1998;53(12):1209-12
- 104 Van Heurn LW, Goei R, De Ploeg I, et al. Late complications of percutaneous dilatational tracheostomy. *Chest* 1996;110(6):1572-6
- 105 Kluge S, Meyer A, Kühnelt P, et al. Percutaneous tracheostomy is safe in patients with severe thrombocytopenia. *Chest* 2004;126(2):547-51
- 106 Walz M, Schmidt U. Tracheal lesion caused by percutaneous dilatational tracheostomy—a clinico-pathological study. *Intensive Care Med* 1999;25(1):102-5
- 107 Heffner JE, Miller KS, Sahn SA. Tracheostomy in the intensive care unit. Part 2: Complications. *Chest* 1986; 90(3):430-6
- 108 Smtih SB, Macchi V, Parenti A, et al. Hieronymous Fabricius Ab Acquapendente (1533-1619) *Clinical Anatomy* 2004;17:540-3
- 109 Eknoyan G. Santorio Sanctorius (1561- 1636) - founding father of metabolic balance studies. *Am J Nephrol* 1999;19(2):226-33
- 110 Sosath J, Gründling M. Die historischen Wurzeln der perkutanen Dilatationstracheotomie nach Giaglia (PDT). *Journal für Anästhesie und Intensivbehandlung* 2006;3:87-88
- 111 Paleczny J, Knapik P, Maciejewski D, et al. Long-term outcome after Fantoni translaryngeal tracheostomy. *Anestezjologia intensywna terapia* 2/2004(36):103-109

## **7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

1. Hieronymus Fabricius ab Aquapendente (1533-1619) [108]
2. Santorius Sanctorius (1561-1636) [109]
3. Paré'sche Röhre [110]
4. Dilatationsmethode nach Ciaglia [111]
5. Dilatationsmethode nach Griggs [111]
6. Dilatationsmethode nach Fantoni [111]
7. Dilatationsmethode nach Frova [111]
8. Dilatationsmethode mit „Blue Rhino“ [111]

## 8. Abbildungen



Abbildung 1: Hieronymus Fabricius ab Aquapendente (1533-1619) [108]



Abbildung 2: Santorius Sanctorius (1561-1636) [109]

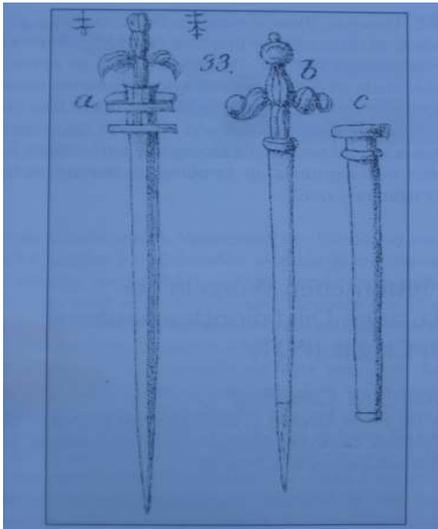


Abbildung 3: Paré'schen Röhre [110]

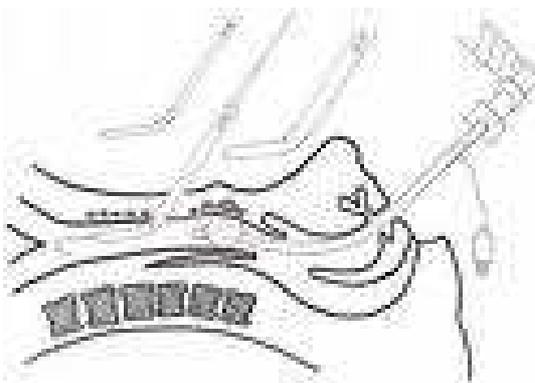


Abbildung 4: Methode nach Ciaglia [111]

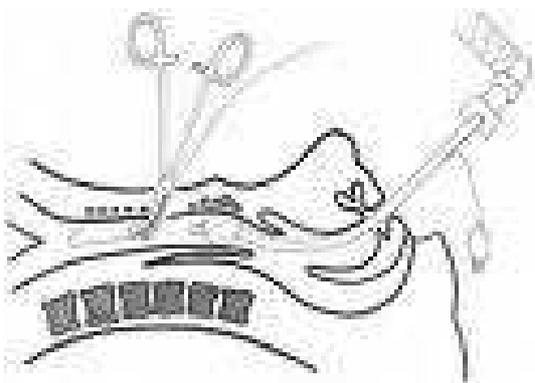


Abbildung 5: Methode nach Griggs [111]

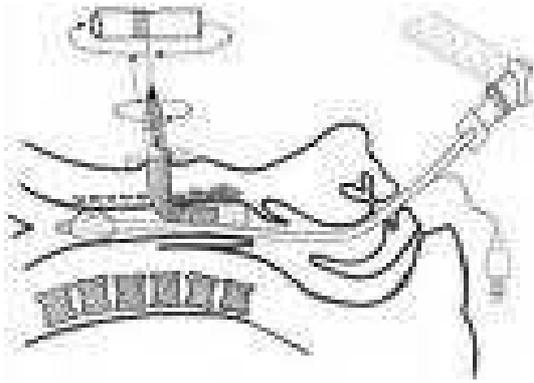


Abbildung 6: Methode nach Fantoni [111]

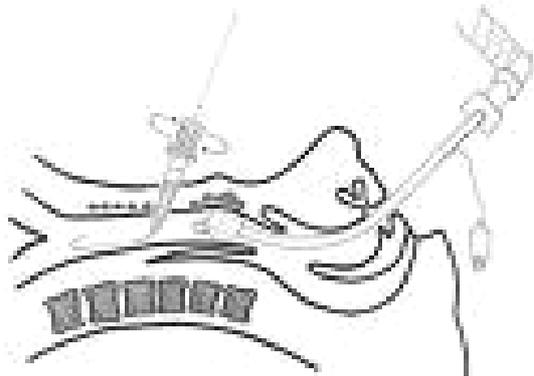


Abbildung 7: Methode nach Frova mit Percutwist [111]

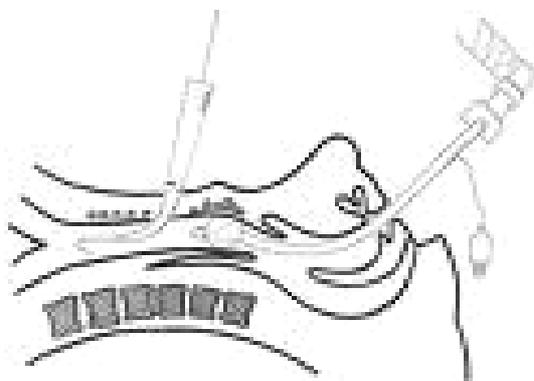


Abbildung 8: Methode mit „Blue Rhino“ - Single Dilatator - Verfahren [111]

## 9. Anhang



COOK INCORPORATED  
750 DANIELS WAY, P.O. BOX 489  
BLOOMINGTON, IN 47402-0489 U.S.A.  
PHONE: 812.339.2235 TOLL FREE: 800.457.4500  
WWW.COOKMEDICAL.COM

6/13/11

Stefan Bartels  
Charité - University Medicine Berlin  
Department of General Visceral Vessel and Thoracic Surgery

To Whom It May Concern:

Cook Incorporated hereby authorizes the use of Cook Medical images of our Critical Care product, Blue Rhino, still images from video (shown here) .This permission is for use in a publication titled, "The Modified Dilation Tracheostomy as an Elective Procedure in Intensive Care - A Perspective Observational Study ('Die modifizierte Dilatationstracheotomie als Wahleingriff auf der Intensivstation - eine prospective Beobachtungsstudie') to be published in August 2011. Please keep images in proportion when sizing for print.

Photo credit and permission shall read, "Permission for use granted by Cook Medical Incorporated, Bloomington, Indiana" and can be placed in either a footnote or reference section. This permission is granted for future editions, of this edition only, as well as any additional languages or electronic distribution.

If you have any additional needs concerning training or demonstration of any Cook Medical products please do not hesitate to ask. Cook Medical supports the continued education and training of medical staff and will help to facilitate this effort to our greatest ability.

Thank you for including our products in your published media; we appreciate it. Regards,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Teresa Steinsberger".

Teresa Steinsberger  
Digital Asset Manager, Cook Incorporated



BlueRhinoStill-3(2).jpg

BlueRhinoStill-3.jpg



BlueRhinoStill-2(2).jpg

BlueRhinoStill-2.jpg



BlueRhinoStill-1(1).jpg  
[Bestandteil der Dissertationen]

BlueRhinoStill-1.jpg

**Absolute und relative Kontraindikationen für Punktionsmethoden gültig bei Walz [68]:**

Patienten unter 18 Jahren:	weiche, flexible Trachea mit Verletzungsgefahr der Tracheahinterwand
Unmöglichkeit der Trachealpunktion:	Übergrosse Struma, M. Bechterew
Unmöglichkeit der translaryngealen Intubation:	akzidentelle Dekanülierung
Notwendigkeit der seitengetrennten Beatmung:	Platzierung entsprechender Kanülen in Seldinger-Technik nicht möglich
Endgültiges Stoma:	im Langzeitverlauf stabileres Stoma nach plastischer Tracheotomie
instabile Halswirbelsäulenfrakturen:	zusätzliche Gefahr durch Druck von ventral
notwendige Kanülengrösse $\geq 10$ mm (Innendurchmesser):	Instrumentarium nicht entsprechend dimensioniert

### ASA - Klassifikation:

**ASA 1:** normaler, gesunder Patient, < 80 Jahre und < 5 Zigaretten / Tag

**ASA 2:** Patient mit leichter Allgemeinerkrankung, > 80 Jahre, > 5 Zigaretten / Tag, leicht COLD, benigne und unkomplizierte Hypertension

**ASA 3:** Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, moderate ernsthafte Lungenerkrankung, Angina pectoris, Herzinfarkt vor mehr als 6 Monaten

**ASA 4:** Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung darstellt, Herzinfarkt vor weniger als 6 Monaten, maligne Hypertension, manifeste Herzinsuffizienz, instabile Angina

**ASA 5:** moribunder Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überleben wird

**ASA 6:** hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden

### Body Mass Index:

<u>Kategorie</u>	<u>BMI ( kg / m x m )</u>	
starkes Untergewicht	< 16	< 18,5 Untergewicht
mässiges Untergewicht	16 - 17	
leichtes Untergewicht	17 - 18,5	
Normalgewicht	18,5 - 25	
Präadipositas	25 - 30	> 25 Übergewicht
Adipositas Grad I	30 - 35	> 30 Adipositas
Adipositas Grad II	35 - 40	
Adipositas Grad III	> 40	

Gewichtsklassifikation bei Erwachsenen anhand des BMI (nach WHO, 2000 EK IV)

### Ergebnisse genannter Studien:

Autor / Jahr	Methode	Patienten Anzahl (n)	Eingriffs- dauer (min)	Komplikationen Anzahl				
				(n) %	peri - post operativ	major	Tod	
Walz 1993 [36]	Ciaglia	50	8 (5 - 15)	4 / 8 %	2	1	1	1
Winkler 1994 [35]	Ciaglia	71	9 +/- 3	4 / 5,6 %	2	2	0	
Bause 1995 [37]	Ciaglia	151	11,5	11 / 7,3 %				
Fernandez 1996 [5]	Ciaglia	162		9 / 5,6 %	6		4	
Marx 1996 [38]	Ciaglia mod. Seldinger	254		22 / 8,7 %	15	7	4	1
Treu 1997 [39]	Ciaglia Griggs	41 71	10 - 15 6 - 10	2 / 4,9 % 3 / 4,2 %	2 3		0	
Heuer 1998 [40]	Ciaglia	195		6,6 %	10	5	6	
Ambesh 1998 [41]	Ciaglia Griggs	50 50	14 +/- 5,5 6,5 +/- 3,5	4 / 10 % 6 / 15 %	3 4	1 2	0	
Westphal 1999 [42]	Ciaglia Fantoni	45 45	10,4 +/- 11 9,2 +/- 8	12,5 % 31,3 %			1	
Nates 2000 [43]	Ciaglia Griggs	52 48	9,3 10	1 / 12 % 12 / 25 %	1 10	0 2	1 6	
Byhahn* 2000 [44]	BlueRhino	20	152 +/- 22 sek *	5 / 25 %	5		0	
Byhahn* 2000 [45]	BlueRhino Ciaglia	25 25	165 +/- 78 386 +/- 283 sek *	18 / 36 %			0 0	
Börm 2003 [46]	Ciaglia Griggs	15 39	10,5 7	4 / 27 % 5 / 13 %	3 5	1 0	1 1	
Fickers 2002 [47]	BlueRhino	100	13 ( 2 - 60 )	36 / 36 %	24	6	6	
Charité	BlueRhino	179	15 +/- 5,7	4 / 2,2 %		4	2	

\* Def.: Operationszeit als Zeit von Punktion der Trachea bis Konnektierung an das Beatmungsgerät

## Erklärung

„Ich, Stefan Bartels, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:  
„Die Modifizierte Dilatationstracheotomie nach Ciaglia auf der Intensivstation - eine  
prospektive Beobachtungsstudie“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen  
Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in  
Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift

## **10. Danksagung:**

Danken möchte ich zuerst allen, die an mich geglaubt haben.

In erster Linie gilt mein Dank PD Dr. med. Julian W. Mall für die Überlassung des Themas dieser Arbeit. Insbesondere danke ich ihm für die fachliche und inhaltliche Betreuung, sowie für die nicht selbstverständliche Geduld mit mir während der Ausarbeitung dieser Arbeit.

Herrn Professor Dr. med. J. M. Müller danke ich für die Möglichkeit, dass diese Arbeit in seiner Klinik durchgeführt werden konnte.

Weiter möchte ich mich bei denjenigen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.