

Aus der Abteilung für Kardiologie
der Medizinischen Klinik
des Evangelischen Krankenhauses Düsseldorf
Chefarzt: Prof. Dr. med. E. Vester

Perkutane Dilatations-Tracheotomie – ein Vergleich dreier Methoden:

- **Ciaglia Blue Rhino**
- **PercuTwist und**
- **Griggs' Guide Wire Dilational Forceps**

DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Johannes Schiefner DEAA

2008

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gez: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: PD Dr. med. E. Vester
Koreferent: PD Dr. med. D. Kindgen-Milles

Inhaltsverzeichnis

- I Einleitung
 - 1.2 Historische Entwicklung
 - 1.2 Indikationen der Tracheotomie
 - 1.3 Komplikationen und Kontraindikationen der perkutanen Tracheotomieverfahren
 - 1.3.1 Leichtgradige Komplikationen
 - 1.3.2 Schwere, lebensbedrohliche Komplikationen
 - 1.3.3 Technische Komplikationen
 - 1.3.4 Spätkomplikationen
 - 1.3.5 Kontraindikationen der Methode
 - 1.4 Ziel der vorliegenden Studie

- II Material und Methode
 - 2.1 Patientenkollektiv
 - 2.2 Einschluss-/Ausschlusskriterien
 - 2.3 Nomenklatur und Vorstellung der verwendeten Tracheotomie-Verfahren
 - 2.4 Operationstechnik
 - 2.4.1 Operationsteam
 - 2.4.2 Sicherheitsbackup
 - 2.4.3 Interventionsstandard
 - 2.4.4 Beschreibung der Operationsverfahren
 - 2.4.4.1 Ciagila Blue Rhino
 - 2.4.4.2 PercuTwist
 - 2.4.4.3 Griggs Guidewire Dilational Forceps
 - 2.5 Studienmessdaten
 - 2.5.1 Interventionsdauer
 - 2.5.2. Oxygenierungs- und Ventilationsdaten
 - 2.5.3 Blutverlust/Blutung
 - 2.5.4 Frühkomplikationen
 - 2.5.5 Technische Komplikationen
 - 2.5.6 Intermediär-Komplikationen
 - 2.6 Apparative Ausstattung
 - 2.7 Statistische Auswertung

- III Ergebnisse
 - 3.1 Randomisierung
 - 3.2 Altersverteilung
 - 3.3 Interventionsdauer
 - 3.4 Oxygenierung und Ventilation
 - 3.5 Blutverlust/Transfusionsbedarf
 - 3.6 Weitere seltene Komplikationen
 - 3.7 Einschlusszeitpunkt

- IV Diskussion
 - 4.1 Praktikabilitätsaspekte der Dilatationstracheotomie im Alltag eines Schwerpunktkrankenhauses
 - 4.2 Perkutane Dilatationstracheotomie versus Chirurgische Tracheotomie
 - 4.3 Kritische Würdigung unserer Ergebnisse im Vergleich mit Untersuchungen anderer Autoren
 - 4.3.1 Vergleichende Untersuchungen Ciaglia vs. Griggs
 - 4.3.2 Vergleichende Untersuchungen der PercuTwist Methode
 - 4.3.3 Interventionszeiten
 - 4.3.4 Oxygenierung
 - 4.3.5 Blutverlust
 - 4.3.6 Weitere Komplikationen
 - 4.4 Kostenaspekt der Dilatationstracheomie

- V Zusammenfassung

- VI Literatur

- VII Anhang

- VIII Danksagung

I. Einführung

1.1 Historische Entwicklung

Die Tracheotomie als lebensrettende Intervention hat ihren Ursprung bereits in der sehr frühen Medizinhistorie. Um 100 v. Chr. beschrieb der Römer Asklepiades von Bythnyien erstmals die Methode.¹ Zur Behandlung von stenosierenden Atemwegsinfektionen hielt sie allerdings erst im 19. Jahrhundert Einzug in die klinische Routine. Sie wurde häufig bei Atemwegsobstruktionen wie z. B. im Rahmen der Diphtherie durchgeführt.²

Von Chevalier Jackson stammt eine 1909 veröffentlichte und heute noch relevante Methodik der operativen Tracheotomie.³ Wesentliche Prinzipien der chirurgischen Tracheotomie umfassen danach folgende Gesichtspunkte:

- horizontale Hautinzision über dem tastbaren Ringknorpel
- Präparation der geraden Halsmuskulatur und stumpfes Auseinanderdrängen der Raphe
- Trennung der mittleren Halsfaszie
- Abdrängen der Schilddrüse vom Unterrand des Ringknorpels
- Tunnelung des Schilddrüsenisthmus, Durchtrennung und Ligatur
- Inzision der Tracheavorderwand im 3. oder 4. interkartilaginären Spalt

Bereits Jackson weist dezidiert auf die Gefahr der Tracheahinterwandverletzung und auf den Fehler der zu hoch angelegten Tracheotomie hin, die Trachealstenosen zur Folge habe.

Später beschrieb Waldapfel eine Modifikation der Methode durch zusätzliche Fensterung der Trachea und Annäherung der evertierten Trachealklappen an die Halshaut.⁴ Dieses Vorgehen repräsentiert bereits im wesentlichen die heute gängige Technik.^{1, 5}

Die ersten Veröffentlichungen zur perkutanen Tracheotomie stammen von Shelden (1957) – eine geschliffene Nadel mit einem darübergeschobenen Trokar schaffte den Trachealzugang.⁶ Dabei mußte das prätracheale Gewebe traumatisch durchdrungen werden, bis die Trachea "blind" punktiert werden konnte und dann der Trokar traumatisch ins Tracheallumen vorgeschoben werden konnte. Das Verfahren implizierte schwere Verletzungsmöglichkeiten und eine ausgesprochen schwierige und unsichere Kanülierung. Toye und Weinstein stellten ihr Konzept eines weniger traumatischen Zugangs zur Trachea mittels eines schneidenden Dilatators, der über einen Führungskatheter in die Trachea vorgeschoben wurde, 1969 vor.⁷ Auch diese Methode hatte noch eine Komplikationsrate von 14% und führte bei paratrachealer Einführung des Dilatationsapparates zu Todesfällen.⁸ Von den Autoren wurde als wesentlicher Vorzug zur chirurgischen Tracheotomie der Zeitvorteil herausgestellt.

Einen entscheidenden Impuls für die klinische Umsetzung des minimal invasiven Konzepts des perkutanen Vorgehens setzte die von Ciaglia 1985 in die Klinik eingeführte perkutane Dilatationstracheotomie.⁹ Hierbei fand eine Modifikation der Technik nach Seldinger Anwendung.¹⁰

Dieses Verfahren benutzt zum Einbringen eines vaskulären Katheters zunächst eine Punktionsnadel, über welche ein dünner Führungsdraht in das Gefäß vorgeschoben wird. Nach Herausziehen der Punktionskanüle erfolgt dann in einem zweiten Schritt die Dilatation von Cutis und Gefäßeintrittsstelle mittels eines entsprechend geformten Dilatators. Der so entstandene transkutane Kanal erleichtert dann in einem dritten Schritt die Passage des endgültigen größerlumigen Gefäßkatheters und dessen Eintritt in das punktierte Gefäß.

Analog beschrieb Ciaglia folgendes Vorgehen: Die Trachea wurde zunächst nach Darstellung durch den tastenden Finger und Transillumination von luminal durch ein Bronchoskop von außen punktiert; nach positiver Luftaspiration wurde ein Führungsdraht in die distale Trachea eingeführt und die Tracheavorderwand sequentiell mittels Dilatatoren aufbougiert, bis das Einsetzen der gewünschten Trachealkanüle möglich war.

1989 entwickelten Schachner et al. das Rapitrach-System.¹¹ Mit einer Dilatator-Klemme wurde über einen Führungsdraht die Tracheavorderwand aufdilatiert und so der Weg für das einzusetzende Tracheostoma gebahnt. Verletzungen entstanden bei diesem System durch die Schneide an den Klemmenaußenseiten. Eine heute klinisch verfügbare Weiterentwicklung dieses Rapitrach-Systems ist das von Griggs entwickelte System (Guide Wire Dilational Forceps GWDF), bei dem die Dilatorklemme stumpf und atraumatisch gestaltet ist.¹²

Die bisher beschriebenen dilatativen Tracheotomie-Methoden haben eine Gemeinsamkeit: Aufgrund der anatomischen Verhältnisse wird beim Einbringen von Dilatatoren und Kanülen von prätracheal grundsätzlich Druck bzw. Kraft aufgewendet, die auf die Tracheahinterwand gerichtet ist. Hieraus resultiert ein nicht unerhebliches Verletzungspotential der Tracheahinterwand, das von Perforationen, Blutungen bis hin zum Trachealabriß reicht.

Fantoni stellte 1997 den translaryngealen Zugang vor, der vor allem sämtliche technischen Probleme, die eine Gefährdung der Trachealhinterwand darstellen, durch die retrograde Dilatation des Tracheostomas vermeiden soll.¹³

Einen von der theoretischen Konzeption her ebenfalls anderen Weg wählten Frova und Quintel für das von Ihnen konstruierte PercuTwist System.¹⁴ Der schraubenförmige schneidende Dilatator erlaubt ein Anheben der Tracheavorderwand während der Dilatation, gewährt einen über die gesamte

Prozedur unbehinderten endoskopischen Blick und soll so die Inzidenz von Tracheahinterwandverletzungen minimieren.

Betrachtet man die historische Entwicklung der perkutanen Dilatationsverfahren, so zeigen sich für den Intensivmediziner als treibende Motive die Vereinfachung der Tracheotomie durch Zeitersparnis, durch einfachere Logistik, infektiologische und kosmetische Vorteile, sowie die Unabhängigkeit vom chirurgischen Team. Diese Gedanken zusammen mit dem Bedürfnis der differenzierten Evaluation der heute angebotenen und verfügbaren Dilatations-Sets legten für uns den Grundstein zu der hier durchgeführten vergleichenden klinischen Studie, deren Methodik und Ergebnisse im weiteren detailliert dargestellt und diskutiert werden sollen.

1.2 Indikationen der Tracheotomie

Das Pro und Contra der Langzeitintubation versus Tracheotomie von langzeitbeatmungspflichtigen Patienten begleitet als ewiges Thema die moderne Intensivmedizin seit ihren Kinderschuhen.

Hierbei stehen sich folgende Argumentationen gegenüber:

Verfechter der Langzeitintubation stellen Komplikationen auch der konventionellen chirurgischen Tracheotomie in der Vordergrund. Diese reichen von Frühkomplikationen wie Blutungen, schwieriger Kanülierung bis hin zu Intermediär- und Spätkomplikationen wie Infektionen und Trachealstenosen.

Befürworter der frühen Tracheotomie sehen in erster Linie folgende "Pro"-Argumente.^{15, 16}

1. Schutz der Larynxschleimhaut vor den Folgen der Langzeitintubation. Mechanischer Reiz der Larynx- und Trachealschleimhaut führt zu lokalen Gewebeschäden und bietet damit Infektionen und mechanischen Dauerschäden Vorschub.
2. Erleichterung von pflegerischen Maßnahmen, z. B. von Absaugmanövern. Das Absaugen durch einen Trachealtubus von ca. 30 cm Länge ist technisch und zeitlich deutlich aufwendiger, als eine nur 10 cm lange Trachealkanüle zu säubern. Dies spielt eine wesentliche Rolle für den pflegerischen Aufwand; aber auch im Management des schweren Lungenversagens (ARDS) sind kurze Absaugzeiten von großer Bedeutung: Je weniger Druckabfall während eines Beatmungszyklus am distalen Tubusende erzeugt wird, desto geringer wird der dadurch verursachte Alveolarkollaps sein.
3. Erhöhte Sicherheit des artifiziellen Atemwegs. Eine akzidentelle Extubation während einer schwierigen Langzeitbeatmung stellt einen schweren respiratorischen Notfall dar, der den Patienten akut vital gefährdet. Das Wiedereinsetzen eines dislozierten Tracheostomas ist – zumindest nach initialer Konsolidierungsphase – technisch in der Regel einfacher.
4. Verbessertes Atemwegskomfort für den Patienten. Sprechen ist möglich – ein Tracheostoma wird vom Patienten in der Rekonvaleszenz wesentlich besser toleriert als ein oraler Tubus, der ein erhebliches orales Fremdkörperproblem darstellt und meist obligat eine Analgo-Sedierung erfordert. Zudem kann über ein Tracheostoma eine "Sprech-Kanüle" eingesetzt werden, die mit variablem kurzen Verschluss dann den Atemstrom über die Stimmbänder leitet und die aktive Phonation ermöglicht; ein erheblicher psychologischer Komfort im späten Weaning, d. h. der Entwöhnung von der maschinellen Beatmung.
5. Reduktion des Atemwegswiderstands und der Atemarbeit. Die Dysbalance zwischen muskulärer Kraft der Inspirationsmuskulatur und hoher Atemarbeit

nach Langzeitbeatmung machen häufig die Entwöhnung zu einem langwierigen Prozess, der nicht selten den größten zeitlichen Anteil an der gesamten Beatmungsdauer hat. Nach dem Hagen-Poseuille'schen Gesetz ist es sehr viel einfacher, an einer kurzen großlumigen Trachealkanüle die zum Einatmen erforderliche Druckdifferenz zu erzeugen als an einem langen, dünnerlumigen Endotrachealtubus. Insofern trägt die Trachealkanüle direkt durch physikalische Gegebenheiten zur Reduktion der Atemarbeit bei.

6. Minimierung der Analgo-Sedierung – bedingt durch die beschriebene bessere Toleranz einer Trachealkanüle gegenüber dem oralen Tubus.
7. Verbesserung der Vigilanz – bedingt durch den geringeren Bedarf an Analgo-Sedierung
8. Verbesserung der psychologischen Grenzsituation – durch komfortable Möglichkeiten der Kommunikation mittels Sprechaufsatz.
9. Verkürztes Weaning – besonders bei respiratorisch grenzwertiger Funktion. Insbesondere Intensiv-Patienten mit einer chronischen Erkrankung der Atempumpe, wie bei schwerer COPD und ausgeprägtem Lungenemphysem profitieren deutlich von den komfortablen Weaningmöglichkeiten unter Tracheotomie, ebenso Patienten mit einer ausgeprägten Critical Illness-Polyneuropathie. Die Schwerpunkte liegen hier auf der Möglichkeit kooperativen Atemtrainings unter weitgehend normaler Vigilanz und programmierten Ruhephasen unter Sedierung und kontrollierter Beatmung zur Restitution ihrer schwer kompromittierten Atemmuskulatur.
10. Ermöglichen von oraler Nutrition - damit Mortalitätssenkung und Verbesserung der psychischen Befindlichkeit.

Ziel der Tracheotomie in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde ist häufig die Schaffung eines dauerhaften artifiziellen Atemwegs. Mithin hat das epithelialisierende permante, chirurgisch angelegte Tracheostoma nach Björk und Dukes dort einen hohen Stellenwert.^{5, 17}

In der Intensivmedizin hingegen wird in der Regel nur überbrückend tracheotomiert, der Patient soll in der Zeit seiner allerschwersten respiratorischen Krise eine Erleichterung der Atemarbeit erfahren, die Bronchialtoilette wird erheblich erleichtert und die Weaning-Phase - durch eine bessere Adaptation des Patienten an den künstlichen Atemweg - effizient abgekürzt. Diese prinzipiellen Vorteile der Tracheotomie für den Beatmungspatienten sind heute gut dokumentiert.^{16, 17}

Die chirurgische Tracheotomie schafft eine Reihe von potentiellen Problemen: Die Logistik, einen schwer kranken katecholaminpflichtigen Patienten innerklinisch in den Operationssaal zu bringen, kann sehr aufwendig und patientengefährdend sein,

trotzdem wird dies vielfach vom Operateur gewünscht – obwohl eine Operation im Setting der Intensivstation durchaus möglich ist.¹⁸

Die konventionelle Tracheotomie bietet darüber hinaus typische Komplikationen in der Früh- und Spätphase, namentlich Blutungen und mitunter schwer beherrschbare Stoma-Infektionen.^{9, 17, 19, 20, 21} Der personelle und finanzielle Ressourcenaufwand ist erheblich und übertrifft bei weitem den Aufwand der bettseitigen perkutanen Tracheotomie.

Aufgrund ihrer einfachen Handhabung, der Kürze der Intervention, der fehlenden Notwendigkeit, mit dem Patienten einen Operationssaal aufzusuchen, der guten kosmetischen Ergebnisse und der minimalen Infektionsneigung haben die perkutanen Tracheotomieverfahren begonnen, der chirurgischen Tracheotomie den Rang abzulaufen.^{22,23} Eine breite Anerkennung als Alternative zur chirurgischen Tracheotomie besteht seit über 10 Jahren.^{19, 24, 25, 26, 27, 28, 29}

1.3 Komplikationen und Kontraindikationen der perkutanen Tracheotomie-Verfahren

Beschrieben sind leichtgradigen Komplikationen der Dilatations-Tracheotomie, die meist keine Konsequenz hinsichtlich therapeutischer Interventionen haben. Davon zu unterscheiden sind seltene schwere, zum Teil fatale Komplikationen.¹¹ Außerdem können die Komplikationen nach dem Zeitpunkt des Auftretens in frühe, intermediäre und späte Komplikationen eingeteilt werden. Das Spektrum der Komplikationsmöglichkeiten ist breit. Während kleinere Blutungen häufig durch die Kompression des Tracheostomas dauerhaft gestillt werden, können selten deletäre Verläufe durch schwere Arrosionsblutungen in der Spätphase entstehen. Zudem können technische Probleme das Verfahren komplizieren. Eine typische Spätkomplikation ist die Trachealstenose, die sich erst nach längerer Liegedauer manifestiert. Die Frage, ob diese Komplikation nach konventioneller chirurgischer oder dilatativer Tracheotomie häufiger auftritt, ist trotz zahlreicher Studien zu diesem Thema weiterhin offen.^{30, 31, 32}

1.3.1 Leichtgradige Komplikationen

- Trachealknorpelfrakturen
Die primären Punktionskanüle kann auf ihrem Weg in die Trachea bei schlechter Visualisierbarkeit bereits durch eine Knorpelspange geschoben werden, durch das Aufbougieieren kommt es dann beim Einsetzen der Trachealkanüle endgültig zur Sprengung dieses Knorpels, zur Knorpelfraktur.
- Sickerblutungen aus dem Dilatationskanal
sind während der Intervention fast regelhaft zu beobachten. Ihr Ausmaß kann

durch Vasokonstriktorzusatz zum Lokalanästhetikum und den tamponierenden Effekt der neu eingesetzten Trachealkanüle in den allermeisten Fällen effektiv begrenzt werden.

- Passagere O₂-Desaturation
Es liegt in der Natur des Verfahrens, dass einerseits durch Manipulationen an der Trachea und andererseits durch Bronchoskopie und partielle Verlegung des Atemwegs Unregelmäßigkeiten in der laufenden Beatmung auftreten. Abhängig davon, wie sehr ein Patient im pulmonalen Versagen auf stabile Druckverhältnisse in der Trachea angewiesen ist, kommt es daher zum Verlust von PEEP (positiv endexpiratorischem Druck) und Pmean (Atemwegsmitteldruck). Folge können Alveolarkollaps, vermehrter Rechts-Links-Shunt und erhebliche Desoxygenierung sein.
- Atemwegsobstruktion durch Schwellung der Trachealhinterwand
Schwellungen der Trachealschleimhaut können in jeder Lokalisation und Beatmungsphase zu erheblichen ventilatorischen Problemen führen.³³
- Subkutanes Emphysem
Bedingt durch unphysiologischen Luftaustritt am Tracheostoma in die Halsweichteile unter Überdruckbeatmung kann es zur Ausbildung eines subkutanen Emphysems kommen (1 - 2,4%).^{18, 34}

1.3.2 Schwere, lebensbedrohliche Komplikationen

- Tracheahinterwandläsion^{35, 36, 37, 38}
- Trachealläsion mit Ausbildung einer ösophago-trachealen Fistel³⁵
- Transsection der Trachea³⁹
- Pneumothorax – bei Verletzung der Pleura visceralis⁴⁰
- Pneumomediastinum – Lufteinstrom über Via falsa
- Deletäre, unstillbare Blutung
Im prätrachealen Gewebe, das häufig Schilddrüsenanteile enthält, die verletzt werden können, aber auch durch aberrierende kleine Arterien, können schwere Blutungen hervorgerufen werden^{33, 41}
- Pneumoperitoneum mit Abdominal Compartment Syndrome, d. h. gravierende intraabdominelle Druckerhöhung mit gastrointestinaler Perfusionsminderung⁴²

Die schweren Frühkomplikationen sind bis auf die Trachealhinterwandläsion, die leider immer noch häufiger vorkommt, insgesamt selten. Ihre Dokumentation erfolgte bisher ausschließlich in Fall-Kasuistiken.

1.3.3 Technische Komplikationen

- Extubation während des bronchoskopisch überwachten Zurückziehens des Endotrachealtubus – Die korrekte Platzierung des Tubusendes ist eine der Hauptaufgaben des Bronchoskopeurs. Eine Reintubation über das Bronchoskop kann bei größerer Schleimproduktion und bereits eingetretenen Blutungen ausgesprochen schwierig oder unmöglich sein.
- Cuffläsion des liegenden Endotrachealtubus/Punktion des Bronchoskops - durch die Punktionskanüle hervorgerufen
- Bruch, Knick oder Dislokation des Seldinger-Führungsdrahts – häufige Komplikation der Methode besonders bei Anfängern. Durch Fehlinsertion des Dilatators oder der Kanüle kommt es zur Ausbildung einer Via falsa
- Akzidentelle Dekanülierung (s.o.)

Die hier beschriebenen Komplikationen, die mit einem Verlust des gesicherten Atemwegs einhergehen, können sehr schnell in einen schweren Atemwegsnotfall einmünden, falls die sofortige Re- bzw. Um-Intubation nicht gelingt.

1.3.4 Spätkomplikationen

- Tracheokutane Fistel – seltene Residualfistel nach unvollständigem Spontanverschluß der Tracheostomaöffnung
- Stoma-Infektion
- Mediastinitis – deszendierende paratracheale Entzündung
- Trachealstenosen – als Folge von narbigen Heilungsprozessen der Trachealschleimhaut
- Trachealatresie – als Extremfall der Trachealstenose⁴³
- Arrosionsblutung aus dem Truncus brachiocephalicus⁴⁴

Führend sind im Bereich der Spätkomplikationen Infektionen und Trachealstenosen. Alle anderen Komplikationen sind ausgesprochene Raritäten. Dagegen sind Stoma-Infektionen häufig und zum Teil sehr langwierig.

Es gibt nur wenige Patienten nach Tracheotomie, die überhaupt keine Stenose aufweisen. Allerdings ist der Anteil klinisch relevanter Stenosen, entsprechend einer Trachealeinengung > 75%, niedrig (0 – 5%).^{20, 45}

In der Literatur werden folgende typische Kontraindikationen für die PDT beschrieben:^{1, 16, 17}

1.3.5 Kontraindikationen der Methode

- Not-Tracheotomie – bei vitaler Zeitnot ist die schnellere Not-Koniotomie die Methode der Wahl

- Pathologische/schwierige Anatomie, welche die Rate an Fehlpunktionen, Punktionskomplikationen und Blutungen ansteigen lassen:
 - Ringknorpel und/oder Trachealwand nicht tastbar
 - Raumforderungen prä- oder para-tracheal, Hämatome, Lymphome, ausgeprägte Strumen, Mediastinaltumoren – hier besteht ein deutlich erhöhtes Risiko an Gefäß-Fehlpunktionen und unkontrollierbaren Blutungen.
 - Adipositas vergesellschaftet mit kurzem Hals – anatomisch bedingt wird hier das Auffinden des Tracheallumens erschwert.
 - Nicht tastbare Trachea
- Infektion der Halsweichteile – unkontrollierte Infektausbreitung stellt hier das Hauptproblem dar. Das Verfahren der Wahl wäre die chirurgische Tracheotomie mit gleichzeitiger Abszessentlastung und gezielten Spüldrainagen.
- Kontraindikationen gegen eine Reklination der HWS: instabile HWS-Fraktur – in diesen Fällen kann die Lagerung für die PDT nicht optimiert werden und die globale Komplikationsrate steigt.
- Trachealstenose – eine chirurgisch zu sanierende Trachea sollte auch gezielt chirurgisch eröffnet werden.
- Tracheomalazie
- Fehlende Bronchoskopie-Möglichkeit
- Unkorrigierte Gerinnungsstörung

1.4 Ziel der vorliegenden Studie

Für die perkutane Dilatationstracheotomie stehen heute verschiedene Verfahren zur Verfügung. Die Dilatationstracheotomie nach Ciaglia (PDT) arbeitete in ihrer ursprünglichen Version mit mehreren sequentiell zur Verwendung kommenden Dilatatoren. 1999 wurde von Ciaglia selbst eine Modifikation des Verfahrens entwickelt, die mit nur einem speziell konstruierten, konischen Dilatator, der mit einer hydrophilen Beschichtung versehen ist, auskommt und aufgrund der Form-Analogie von Ciaglia "Blue Rhino" genannt wird⁴⁶ (Fig. 2.1).

Die "Blue Rhino"-Modifikation (CBR), die gegenüber der PDT durch die kürzere Interventionsdauer und damit auch durch geringere periinterventionelle Blutverluste und Beatmungsschwierigkeiten nochmals eine entscheidende und verbessernde Weiterentwicklung darstellt, was in zahlreichen Studien belegt werden konnte, stellt heute den Gold Standard der perkutanen Dilatationstracheotomie dar, an dem sich neuere Verfahren messen lassen müssen.^{47, 48} Hierzu zählen die translaryngeale Methode nach Fantoni,¹³ die Methode nach Griggs, zunächst als "Rapitrach", jetzt als "Guide Wire Dilational Forceps Tracheostomy" (GWDF) bezeichnet und die neue Variante "PercuTwist" nach Frova und Quintel (PTW), bei der die Dilatation mit einer

Art perkutaner "Schraube" bewerkstelligt wird.¹⁴ In unserer prospektiven, randomisierten Studie sollen drei verschiedene, heute aktuelle und häufig eingesetzte Dilatationstracheotomie-Verfahren im Hinblick auf Praktikabilität, Risikoprofil, Zeitaufwand und Komplikationen verglichen werden: die Methode nach Ciaglia in der Blue-Rhino-Modifikation (CBR), die Guide Wire Dilational Forceps Tracheostomy nach Griggs (GWDF) und die PercuTwist-Methode (PTW).

II Material u. Methode

2.1 Patientenkollektiv

Während des Untersuchungszeitraums (August 2002 - November 2004) wurden gemäß dem Studienplan 36 bei absehbarer Langzeitbeatmungs-Indikation zur Tracheotomie anstehende Patienten unseres akademischen Lehrkrankenhauses in eine prospektive randomisierte Studie aufgenommen.

Es handelte sich hierbei um konsekutiv auf eine der beiden Intensivstationen (internistisch-kardiologisch und anästhesiologisch-chirurgisch) eingelieferte, kritisch kranke Patienten mit einem insgesamt sehr breiten Spektrum an Diagnosen und Vorerkrankungen, welche in Tabelle 7.3 (Anhang) detailliert aufgelistet sind. Die Indikation zur Tracheotomie wurde im wesentlichen nach den Empfehlungen von Heffner überprüft.⁴⁹ Es wird dort für eine Tracheotomie am 7. Beatmungstag plädiert, wenn zu diesem Zeitpunkt eine baldige Entwöhnung vom Respirator und Extubation nicht absehbar sind. Gleichwohl unterlag der Tracheotomie-Zeitpunkt in unserer Studie insgesamt einer gewissen Schwankungsbreite.

Laut unserem Studienprotokoll wurden per Randomisierung drei Patientengruppen gebildet, so dass jeder Patient prospektiv einem der drei verschiedenen Verfahren zugewiesen wurde.

Es wurden insgesamt 37 perkutane Dilatationstracheotomien durchgeführt.

Ein mündliches Einverständnis zur Tracheotomie wurde bei den intubierten und analogo-sedierten Patienten über die Angehörigen eingeholt.

Endpunkte der Studie waren:

- Vergleich der prozeduralen Interventionszeiten
- Vergleich der perioperativen Blutverluste
- Vergleich der Oxygenierungs- und Ventilationsparameter
- Vergleich von Komplikationsraten und der Schwere der aufgetretenen Komplikationen

2.2 Einschluss-/Ausschlusskriterien

Bei Fehlen von Kontraindikationen (Tab. 2.1) wurde der Patient in die Studie aufgenommen. Die in der Tabelle aufgeführten Kontraindikationen wurden bereits an anderer Stelle ausführlich beschrieben und diskutiert.^{1, 16, 17, 50, 51}

Tabelle 2.1

Kontraindikationen zur Dilatationstracheotomie

- sehr kurzer, dicker Hals
- Ringknorpel und/oder Trachea nicht tastbar
- Trachealstenose
- Tracheomalazie
- Hals-Tumor im OP-Gebiet
- vorhergegangener HNO-chirurgischer Eingriff an Hals oder Trachea
- ausgeprägte Gerinnungsstörung
- Infektion der Halsweichteile
- ausgeprägte Struma
- unzureichende Reklinierbarkeit
- instabile HWS-Fraktur
- Not-Tracheotomie
- Kindesalter

2.3 Nomenklatur und Vorstellung der verwendeten Tracheotomieverfahren

In der Literatur findet man eine gewisse Uneinheitlichkeit in den Bezeichnungen und Abkürzungen für die heute gebräuchlichen perkutanen Tracheotomie-Verfahren, die zu Bewertungs- und Interpretationsunterschieden von Studienergebnissen führen können.^{45, 52}

Daher soll zunächst die Nomenklatur der hier untersuchten Verfahren geklärt werden:

Die ursprüngliche, von Ciaglia vorgestellte Methode der Perkutanen Dilatations-Tracheotomie (PDT) benutzt zum Aufbougieieren der Trachea-Vorderwand eine Serie sequentiell im Durchmesser ansteigender Dilatatoren.⁹ Nach Dilatation mit dem größten Dilatator wird die Trachealkanüle in die Trachea eingebracht. Da mehrere

Dilatationsschritte erforderlich sind, ist das Verfahren mit einem erhöhten zeitlichen Aufwand verbunden. Dieser Zeitfaktor spielt auch für die während des Verfahrens kompromittierte Beatmungssituation und Blutverluste aus dem Dilatationskanal eine Rolle.

Diesem Prinzip des perkutanen Zugangs zur Trachea folgen alle drei von uns untersuchten Verfahren – mit entsprechenden Modifikationen.

1. Die Ciaglia "Blue-Rhino" Methode (CBR)
 - ist eine Modifikation der Dilatationstracheotomie nach Ciaglia, die statt mehrerer sequentieller Dilatatoren nur mit einem hornförmigen Dilatator auskommt. Die Trachea wird in einem Schritt aufdilatiert. Dadurch wird das Verfahren deutlich abgekürzt, die Beatmung wird weniger beeinträchtigt, es kommt zu deutlich geringeren Blutverlusten. Wir benutzten das Ciaglia-Blue-Rhino-System der Fa. COOK Deutschland GmbH, Mönchengladbach. (Fig. 2.1)

Fig 2.1

Ciaglia Blue Rhino der Fa. Cook



2. "PercuTwist" (PTW)
 - wurde erstmals von Frowa und Quintel vorgestellt (RÜSCH, Kernen). Die Aufdehnung der Trachealvorderwand erfolgt hier mittels einer lubrifizierten, schneidenden Schraube, daher kann während des Aufdehnens die Tracheavorderwand nach oben angehoben werden. (Fig. 2.2)

Fig 2.2

Die PercuTwist "Schraube" der Fa. Rüsch



3. Die Methode nach Griggs ist eine perkutane Tracheotomiemethode, die sich eines Führungsdrahtes und eines Spreizers bedient, der Terminus technicus hierfür lautet "Guide Wire Dilational Forceps" -Tracheostomy (GWDF). Zum Aufdehnen der Trachealvorderwand kommt eine über den Seldingerdraht vorgeführte Dilatationsklemme zum Einsatz, unter Sicht kann die Trachea manuell in einem Schritt ausreichend aufgedehnt werden, dann erfolgt direkt das Einführen des Tracheostomas über einen Führungsdilatator. Wir benutzen das "Griggs Forceps Technique Kit" der Fa. PORTEX (Smith Medical), Hythe, Kent, UK (Fig. 2.3).

Fig 2.3

Das Griggs Forceps Technique Kit der Fa. Portex



2.4 Operationstechnik

2.4.1 Operationsteam

Das Ärzteteam, welches die Tracheotomie durchführte, wurde nach standardisierten Kriterien zusammengestellt: Grundsätzlich war es einer der Studienleiter – beide mit Erfahrungen von mehr als 100 perkutan durchgeführten Tracheotomien, der je in der Hälfte der Fälle die begleitende Bronchoskopie bzw. die eigentliche Tracheotomie-Prozedur durchführte. Der zweite Arzt war jeweils ein in Dilatationstracheotomie-Verfahren ebenfalls bereits versierter Facharzt.

Es standen bei allen Interventionen zwei Pflegekräfte zur Verfügung. Eine hatte lediglich die Aufgabe, den Tubus zu sichern und auf Anordnung die Tubuslage zu korrigieren. Ihr oblag das Blocken und Entblocken des Cuffs während des bronchoskopisch geleiteten Orientierungsmanövers.

Die zweite Pflegekraft reichte Sterilgut an, verabreichte Medikamente zum Erreichen einer adäquaten Anästhesietiefe und erfüllte weitere "Springer"-Funktionen.

Ein dritter Mitarbeiter dokumentierte während der Intervention die im Verlauf zu erhebenden Messwerte.

2.4.2 Sicherheitsbackup

Während der Durchführung einer PDT bestand grundsätzlich Reanimationsbereitschaft, d. h. ein technisch und medikamentös entsprechend ausgerüsteter Wagen stand im Zimmer bereit.

Für den Fall einer akzidentellen Extubation lagen verschiedene Endotrachealtuben zur notfallmäßigen oralen/nasalen Re-Intubation und ein vollständiges Intubationsequipment bereit.

Auf die bei Intensivpatienten zu erwartenden, nicht seltenen Intubationsschwierigkeiten bereiteten wir uns durch Bereitstellung verschiedener Intubationshilfen (Eschmann-Stylet, Fastrach Intubationslarynxmaske, Intubationsfiberskop n. Bonfils, Bronchoskop) vor.

Für den Fall einer konservativ nicht stillbaren Blutung befand sich ein operatives Team, bestehend aus jeweils einem Chirurgen, einem HNO-Operateur und einer OP-Schwester, in Bereitschaft.

2.4.3 Interventionsstandard

Die Durchführung der perkutanen Tracheotomie unterlag einem standardisierten Vorgehen, das im folgenden genauer beschrieben wird.

Allen untersuchten Verfahren gemeinsam sind die folgenden ersten Schritte:

- Der Patient wurde zur Intervention mit überstrecktem Hals gelagert, ähnlich wie bei einer Struma-Operation. Dazu wurde der Schultergürtel durch Kissen nach vorn gebracht und die Matratze des Intensivbetts hart eingestellt, um eine möglichst exponierte Position der Jugulargrube und der ventralen Halsanteile zu erreichen.
- Die FiO_2 wurde zur Schaffung einer möglichst maximalen pulmonalen O_2 -Reserve 10 min. vor Beginn der Tracheotomie auf 1,0 eingestellt. Der inspiratorische Beatmungsdruck wurde um 5 – 10 mbar angehoben, um das Defizit im Tidalvolumen, welches durch die Tubusstenose und Air Leak unter Bronchoskopie zu erwarten war, auszugleichen. Die Beobachtung und Sicherstellung eines ausreichenden Tidal- und Atemminutenvolumens durch Modifikation der Beatmungsdrücke war Aufgabe der zweiten Pflegekraft.
- Die Analgosedierung des Patienten wurde den Erfordernissen der Intervention angepasst, in der Regel durch zusätzliche Bolus-Dosen an Sedativa und Opioiden. Ziel war eine tiefe Allgemeinanaesthesie ohne Abwehrreaktionen auf Schmerzreize entsprechend einem Ramsay-Sedierungs-Score der Stufe 6 (s. Anhang 7.4).⁵³
- Zusätzlich wurde periinterventionell eine tiefe Muskelrelaxation durchgeführt. Eine Train-of-four-Stimulation des M. orbicularis oculi sollte ohne Antwort bleiben. Mit diesem Test wird durch Applikation von 4 sequentiellen standardisierten elektrischen Reizen der Grad der Muskel-Relaxierung gemessen. Das Ausbleiben jeglicher Reizantwort dokumentiert ein sehr tiefes Relaxations-Stadium. Durch diese einander ergänzenden Maßnahmen konnte ein völlig ruhiggestelltes OP-Gebiet gesichert werden.
- Es wurde nun vom Operateur nach chirurgischer Händedesinfektion und Anlegen steriler OP-Kleidung das OP-Feld – die suprajuguläre Halspartie – vier mal steril abgewaschen; danach wurde das OP-Feld durch klebende Abdeckungstücher gesichert.
- Eine Lokalanästhesie mit 10 – 15 ml Carbostesin 0,5% + Adrenalin 1:200 000 diente zur Analgesierung der OP-Region, aber auch dem Erreichen einer suffizienten lokalen Vasokonstriktion.
- Nach Abschluss der Vorbereitungen erfolgte die Bronchoskopie. Dabei erhielt der Untersucher einen ersten Eindruck über die anatomischen Verhältnisse innerhalb der Trachea. Unter bronchoskopischer Kontrolle und vorsichtigem Entblocken wurde der liegende Endotracheal-Tubus bis in den Kehlkopfbereich

zurückgezogen. Der Cuff kam dabei in der Stimmbandenebene zu liegen. Bisweilen war die Stimmbandenebene außerhalb des distalen Tubusabschnitts visualisierbar.

- Wir stellten dann die Lage des distalen Tubusendes in der oberen Trachea per Transillumination dar und konnten so die Punktionshöhe festlegen. Diese lag in Übereinstimmung mit den Literaturangaben idealerweise zwischen dem 2. – 4. Trachealring – abweichend von den Beschreibungen in den Original-Arbeiten von Ciaglia und Griggs. Dort wird das Spatium zwischen Cricoid und 1. Trachealring oder zwischen Trachealring 1 und 2 genannt. Dieser sehr kehlkopfnaher Punktionsort gilt heute wegen des hohen Risikos zur Ausbildung einer subglottischen Stenose als obsolet.^{1, 16, 17, 54}
- Dort erfolgte dann unter bronchoskopischer Kontrolle die Punktion der Trachea mit der Punktionskanüle.

2.4.4 Beschreibung der drei Operationsverfahren

2.4.4.1 Ciaglia Blue Rhino

Nach dem Einlegen des Führungsdrahtes in die distale Trachea erfolgt bei der Technik mit dem Ciaglia Blue Rhino System eine Vordilatation mit einem kleinen Dilatator. Zwei ca. 1 cm lange Schnitte nach lateral schaffen den nötigen Raum für die kutane Eintrittspforte der Trachealkanüle.

Anschließend wird der konisch zulaufende "hornförmige" (Blue Rhino-) Dilatator bis zum Erreichen des gewünschten Durchmessers des Tracheostomas über den liegenden Führungsdraht unter bronchoskopischer Kontrolle in die Trachea vorgeschoben. Nach Entfernung des Dilatators wird über den noch immer im Bronchialsystem befindlichen Führungsdraht die Trachealkanüle geschient und über einen kleineren Introducer eingeführt. Danach wird der Führungsdraht entfernt. Zur Lagekontrolle der Trachealkanüle und Begutachtung des Bronchialsystems nach erfolgter Operation folgt abschließend erneut eine Bronchoskopie über das nun neu angelegte Tracheostoma.

2.4.4.2 PercuTwist

Nach dem Einlegen des Führungsdrahtes in die Trachea erfolgt bei der Technik mit dem PercuTwist System ohne Vordilatation das Einbringen der konisch zulaufenden und schneidenden Schraube mit dem gewünschten Durchmesser in die Trachea. Dabei soll – im Gegensatz zu den Ciaglia-Verfahren - idealerweise kein Druck auf die Trachea ausgeübt werden. Dieses geschieht ebenfalls unter bronchoskopischer Kontrolle über einen liegenden Führungsdraht. Nach Entfernung des Dilatators wird

über den noch immer im Bronchialsystem befindlichen Führungsdraht die Trachealkanüle eingeführt. Zur Lagekontrolle der Trachealkanüle und Begutachtung des Bronchialsystems nach erfolgter Operation erfolgt abschließend erneut eine Bronchoskopie.

2.4.4.3 Guide Wire Dilational Forceps Tracheostomy

Nach dem Einlegen des Führungsdrahtes in die Trachea erfolgt bei der Technik mit dem Griggs System ebenfalls eine Vordilatation mit einem kleinen Dilatator. Anschließend wird die Griggs-Klemme über den liegenden Draht in Seldinger-Technik bis in die Trachea vorgeschoben. Die Branchen der Klemme werden bis zum Erreichen des gewünschten Durchmessers unter bronchoskopischer Kontrolle auseinandergezogen. Nach Entfernung der Klemme wird über den noch immer im Bronchialsystem befindlichen Führungsdraht die Trachealkanüle (wiederum durch einen kleineren Führungstrokar geschieht) eingeführt. Zur Lagekontrolle der Trachealkanüle und Begutachtung des Bronchialsystems nach erfolgter Operation erfolgt abschließend erneut eine Bronchoskopie.

2.5 Studienmessdaten

Folgende Messdaten wurden während der Intervention von jedem Patienten aufgenommen. Die einzelnen Parameter wurden entweder quantitativ erfasst oder semiquantitativ nach den jeweils dazu aufgeführten Kriterien/Einteilungen:

2.5.1 Interventionsdauer

Hierbei wird die gemessene Zeit zwischen dem definitiven Hautschnitt bzw. der gelungenen Trachealpunktion bis zur Aufnahme der Beatmung über das definitiv eingepasste Tracheostoma gewertet. Die Vorbereitungszeit und die Zeit bis zum Gelingen der Trachealpunktion gehen nicht in die Messung ein, da ihre Größe verfahrens-unabhängig ist! Der Interventionsdauer schreiben wir eine mögliche Bedeutung im Rahmen der Vermeidung unnötiger respiratorischer Kompromittierung und auch des kumulativen Blutverlusts zu.

2.5.2 Oxygenierungs- und Ventilationsdaten

Ziel der Studie war, neben der Dokumentation der Interventionszeiten und des aktuell verursachten Blutverlusts auch die Schwere der Beeinträchtigung der maschinellen Beatmung durch die Intervention zu messen. Durch PEEP-Verlust und Behinderung der Druckausbreitung im Tubus durch das Bronchoskop postulierten wir

die Gefahr des vermehrten De-Recruitments, Alveolar-Kollapses und der Prononcierung eines Rechts-Links-Shunts mit Hypoxämie und relevanter Beeinträchtigung des Gasaustausches. Als Maß für die pulmonale Oxygenierungsleistung wählten wir den Horowitz-Index, d. h. das Verhältnis von PaO₂ zu FiO₂ (s. Anhang 7.2). Folgende Parameter wurden gemessen:

- Desaturation - in 5%-Schritten
- tiefster SpO₂
- Oxygenierungsverlauf Horowitz-Index prä- und postinterventionell
- pCO₂-Verlauf pCO₂ prä- und postinterventionell
- pH-Verlauf pH prä- und postinterventionell

2.5.3 Blutverlust/Blutung

Ein relevanter Einfluss auf die Komorbidität und möglicherweise auch Mortalität durch invasive Verfahren wird auch für den Blutverlust während der Intervention postuliert. Dabei spielen sowohl die tranfusionsinduzierte Immunsuppression und Infektionsübertragung, das Problem der akuten Anämie-Toleranz und des Transfusionstriggers wie auch eine überschießende Gerinnungsaktivierung eine Rolle. Unter diesem Gesichtspunkt wurden folgende Daten festgehalten.

- Bronchoskopischer Befund
- 1 = Blut in der Trachea
 - 2 = Blut in den Hauptbronchien
 - 3 = Blut ubiquitär ≈ stärkere Blutung
- Hb-Verlauf prä- und postinterventionell
 - Transfusionspflichtigkeit (Anzahl transfundierter EK)

Die folgenden Komplikationen traten nur ganz vereinzelt auf und wurden lediglich nach ihrem Auftreten dokumentiert:

2.5.4 Frühkomplikationen

- Knorpelspangenfrakturen
- Trachealwand-Verletzung
- Pneumothorax
- Pneumomediastinum

2.5.5 Technische Komplikationen

- Cuffleck/Beschädigung des Endotrachealtubus
- Beschädigung des Bronchoskops

2.5.6 Intermediär-Komplikationen

- Stoma-Infektion
- Akzidentelle Dekanülierung im weiteren Intensivverlauf
- Arrosionsblutung
- Tracheo-vaskuläre Fistel

2.6 Apparative Ausstattung

Intensivstation

Zum Einsatz kamen Siemens Monitore vom Typ Sirecust 1281, Pulsoxymeter-Sensoren der Fa. Nellcor und Evita 4 Respiratoren der Fa. Dräger, sowie das Olympus BF P40 Bronchoskop, A10 T2 Kamera, OTV-SC Signalprozessor und OEV 143 Monitor.

Laborequipment

Die Blutgasanalysen wurden zeitnah verarbeitet mit einem Hämoximeter OSM3 der Fa. Radiometer, Kopenhagen.

Die Bestimmung der Hämoglobin-Konzentration und Erythrozytenzahl erfolgte in einem XE 2001 Analysator der Fa. Sysmex.

2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Programmes SPSS durchgeführt.

Alle Werte werden als Mittelwert \pm Standardabweichung dargestellt.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse wurde mittels des Programms Microsoft Excel errechnet.

Eine statistische Signifikanz wurde bei einem α -Fehler (p) von weniger als 0,05 angenommen.

III Ergebnisse

3.1 Patientendaten

Insgesamt wurden 36 Patienten (Alter 64 Jahre \pm 13 (Mittel \pm SD)) randomisiert und einem der drei verschiedenen Tracheotomieverfahren zugeordnet. In die Gruppe Blue Rhino wurden 10 Patienten eingeschlossen (62,1 \pm 14,25 Jahre), in die Gruppe PercuTwist 10 Patienten (66,9 \pm 13,92 J.) und in die Gruppe Griggs Guide Wire Dilational Forceps 11 Patienten (68 \pm 11,59 J.) (Tab. 3.1).

Alle Studien-Patienten konnten erfolgreich tracheotomiert werden. Ein Patient wurde zweimal tracheotomiert, nach Weaning-Versagen war sekundär eine Re-Dilatation notwendig. 5 Patienten wurden aus der Studie ausgeschlossen, weil bei ihnen eine relevante Kontraindikation vorlag.

3.2 Altersverteilung der Patienten

Innerhalb der Gruppen war die Altersverteilung homogen.

Tabelle 3. 1

Altersverteilung [Lebensjahre]

Blue Rhino	MW	64,1
	STBW	14,2
n = 10	min	43,0
	max	85,0

PercuTwist	MW	66,90
	STBW	13,92
n = 10	min	51,00
	max	87,00

Griggs	MW	68,00
	STBW	11,59
n = 11	min	46,00
	max	85,00

3.3 Interventionsdauer

Gemessen wurde die Zeit von erfolgreicher Insertion der Punktionskanüle in die Trachea bis zum endgültigen Einbringen des Tracheostomas. Die Intervention dauerte im Mittel $6,8 \pm 6,6$ min (Blue Rhino $5,9 \pm 3,71$; PercuTwist $11,7 \pm 9,3$ und Griggs $3,27 \pm 1,65$) (Tab. 3.2)

Mit Hilfe des Mann-Whitney-U Tests und Wilcoxon-W Test wurde eine statistische Signifikanz zwischen PercuTwist und Griggs Methode ermittelt ($p < 0,002$) (Fig 3.1). Der Vergleich der Methoden PercuTwist und Blue Rhino zeigten einen Trend zugunsten von Blue Rhino, der jedoch kein Signifikanz-Niveau erreichte.

Tabelle 3.2

Interventionszeiten

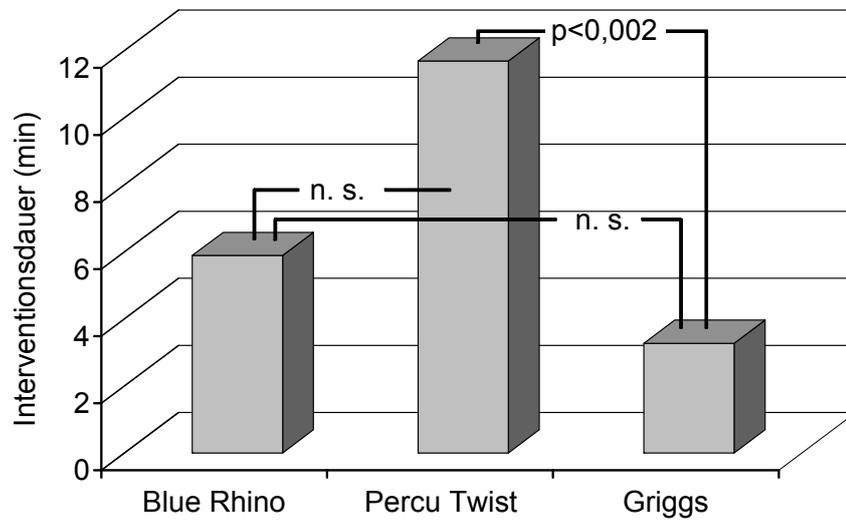
Blue Rhino	MW	5,89
	STBW	3,71
	min	1,50
	max	12,00

PercuTwist	MW	11,69
	STBW	9,35
	min	3,25
	max	30,00

Griggs	MW	3,27
	STBW	1,65
	min	1,45
	max	7,00

Fig. 3.1

Dauer der Intervention



3.4 Oxygenierung und Ventilation

Periinterventionell konnte bei keinem Patienten eine längerdauernde Desaturations-episode beobachtet werden. Die niedrigsten SpO₂-Werte wurden in der PercuTwist Gruppe gemessen. Ein SpO₂ <90 % fand sich in der Gruppe Blue Rhino bei 2 Patienten, in der Gruppe PercuTwist bei 6 und in Gruppe Griggs bei 2 Patienten (Tabelle 3.4, Fig. 3.2). Hierbei ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede. Festgehalten wurde die niedrigste gemessene pulsoximetrische Sättigung während der Intervention.

Zur Dokumentation der pulmonalen Oxygenierungsleistung wurde der Horowitz-Index (PaO₂/FiO₂-Quotient) vor und nach der Intervention gemessen. Es zeigten sich bei keinem Patienten signifikante Veränderungen. (Tabelle 3.3, Fig. 3.3).

Tabelle 3.3

Oxygenierungsdaten prä-, peri- und postinterventionell

		SpO2 niedrig	Horowitz prä	Horowitz post
Blue Rhino	MW	91,30	261,00	252,00
	STBW	9,31	99,72	119,20
	min	75,00	152,00	106,00
	max	99,00	456,00	484,00
PercuTwist	MW	86,00	217,10	184,10
	STBW	11,54	88,95	105,96
	min	65,00	81,00	63,00
	max	99,00	360,00	356,00
Griggs	MW	94,18	219,45	238,64
	STBW	7,05	106,94	144,98
	min	78,00	105,00	115,00
	max	100,00	437,00	561,00

Fig. 3.2

Maximaler Sauerstoffsättigungsabfall während der Intervention

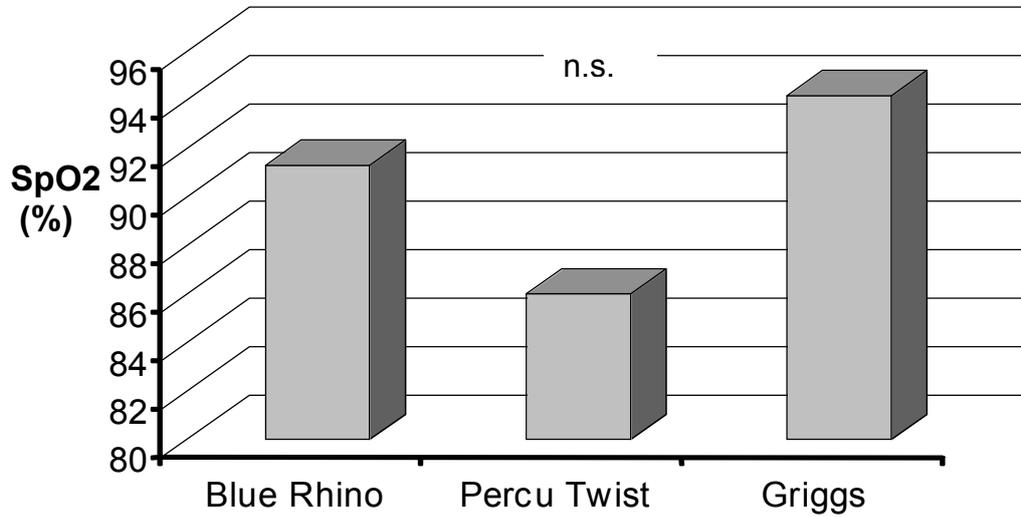
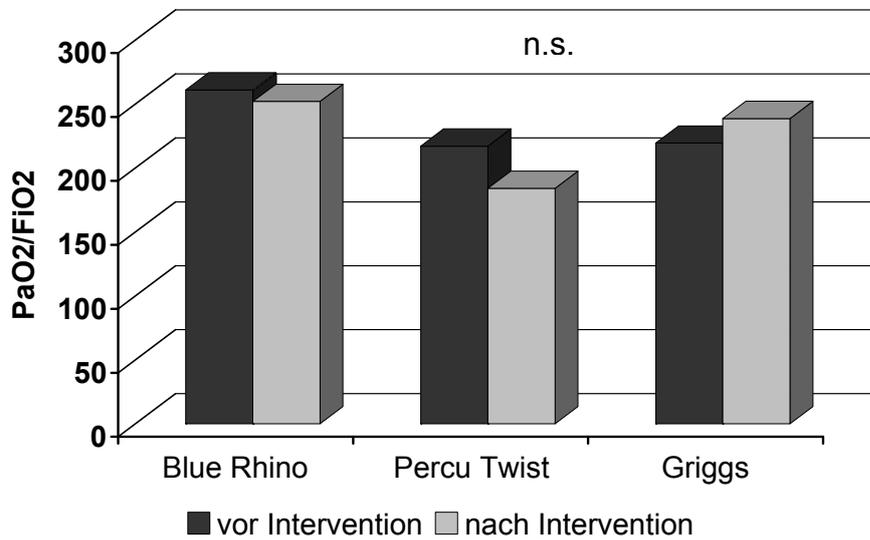


Fig. 3.3

PaO₂/FiO₂-Quotient vor und nach Intervention



Für die Ventilationsqualität, dargestellt durch den Verlauf von Blut-pH und P_{ACO_2} , konnte im periinterventionellen Verlauf in keiner Gruppe eine signifikante Änderung beobachtet werden (Tabelle 3.4).

Tabelle 3.4

Ventilationsabhängige Parameter

		pH prä	pH post	pCO ₂ prä	pCO ₂ post
Blue Rhino	MW	7,43	7,44	42,88	41,04
	STBW	0,10	0,09	8,27	7,53
	min	7,22	7,29	32,20	28,20
	max	7,53	7,62	61,00	54,00
PercuTwist	MW	7,44	7,39	44,35	46,70
	STBW	0,05	0,07	8,08	8,72
	min	7,34	7,30	32,00	31,00
	max	7,51	7,51	59,20	60,20
Griggs	MW	7,42	7,43	47,71	44,29
	STBW	0,06	0,09	9,06	10,05
	min	7,29	7,31	39,00	32,00
	max	7,50	7,54	67,00	65,00

3.5 Blutverluste und Transfusionsbedarf

Ein operationsassoziierter und transfusionsbedürftiger Blutverlust trat lediglich bei einem Patienten in der PercuTwist-Gruppe auf. In der Griggs-Gruppe kam es bei einem Patienten zeitgleich zur OP zu einer transfusionsbedürftigen intestinalen Blutung. Alle anderen Tracheotomien konnten ohne Blutungskomplikationen durchgeführt werden. Wir fanden eine tendenziell höhere Blutkontamination des Bronchialsystems für die PercuTwist Gruppe ohne statistische Signifikanz (Tabelle 3.5 u. 3. 6, Fig. 3.4).

Tabelle 3.5

Hb-Verlauf perioperativ, tracheale Blutkontamination

		Hb präop.	Hb postop.	Tracheale Blutkontamination - Bronchoskop. Befund
Blue Rhino	MW	10,08	9,89	1,10
	STBW	1,23	1,19	0,74
	min	8,80	8,40	0,00
	max	12,80	12,60	2,00
PercuTwist	MW	10,37	10,31	1,60
	STBW	1,80	1,93	0,97
	min	8,90	7,90	0,00
	max	14,60	14,50	3,00
Griggs	MW	9,80	9,57	0,82
	STBW	0,80	1,36	0,87
	min	8,10	5,80	0,00
	max	11,30	11,00	2,00

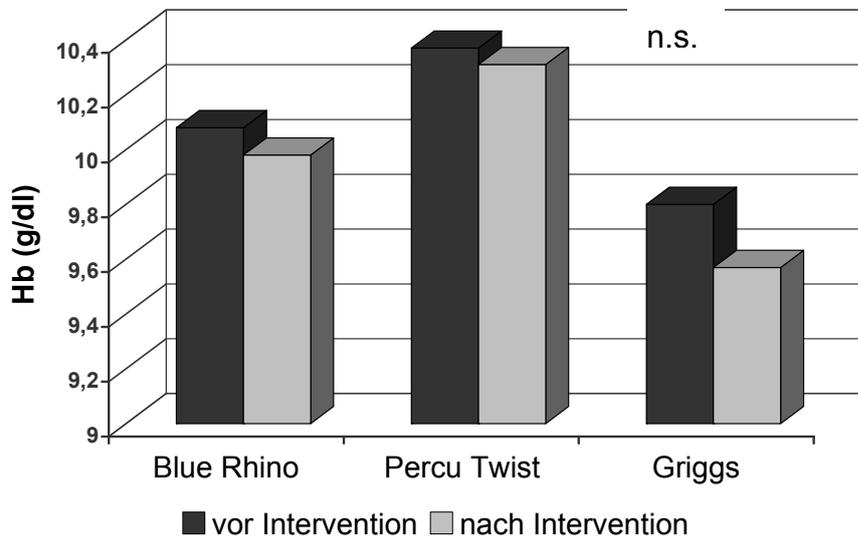
Tabelle 3.6

Transfusionshäufigkeit

Blue Rhino	0
PercuTwist	1 x 2
Griggs	0

Fig. 3.4

Hb vor und nach Intervention



3.6 Weitere seltene Komplikationen

Die folgenden Komplikationen, die nur in Einzelfällen auftraten, sind in den Tabellen 3.7 – 3.9 gelistet.

Abknicken des Führungsdrahts

Das Abknicken und die Dislokation des Führungsdrahtes führte bei zwei Patienten der PercuTwist Gruppe zur paratrachealen Lage der Tracheal-Kanüle und in einem Fall auch zu einem transfusionspflichtigen Blutverlust. In diesen Fällen wurde notfallmäßig der Verfahrenswechsel auf Ciaglia Blue Rhino gewählt. Damit ließen sich letztlich beide Patienten erfolgreich tracheotomieren und beatmen, ohne dass es zu bedrohlichen Oxygenierungsdefiziten gekommen wäre.

Knorpelspangenfraktur

Insgesamt wurden in 3 Fällen Frakturen der Knorpelspangen durch die Bronchoskopie diagnostiziert (Blue Rhino 1 Pat., PercuTwist 2 Pat.).

Cuffläsion

Es kam zu einer Cuff-Läsion in der PercuTwist-Gruppe, welche ohne Konsequenzen blieb.

Akzidentelle Extubation

Jeweils 1x in der Blue Rhino- und der PercuTwist Gruppe kam es zu einer akzidentellen Extubation während der Intervention. In beiden Fällen war die sofortige Re-Intubation möglich.

Wir fanden keine der folgenden Früh- und Interventionskomplikationen wie Pneumothorax, Pneumomediastinum, Trachealhinterwandläsionen oder Aspiration. Es kam von technischer Seite zu keinen technischen Komplikationen am Bronchoskop, allerdings fand sich eine Cuffläsion.

Postinterventionell kam es bei keinem Patienten zu einer Stomainfektion oder anderen mit der Operation assoziierten Komplikationen.

Im weiteren intensivmedizinischen Verlauf sahen wir keine Intermediärkomplikationen wie Stomainfektionen, Arrosionsblutungen oder Fistelbildungen. Ein Patient der PercuTwist-Gruppe, der sich ungeplant selbst dekanüliert hatte, konnte problemlos sofort über das perkutane Tracheostoma re-kanüliert werden.

35% der in die Studie eingeschlossenen Patienten starben im weiteren klinischen Verlauf an den Folgen ihrer Grunderkrankung, 40% in der Gruppe Blue Rhino, 20% in der Gruppe PercuTwist und 45% in der Gruppe GWDF (Tab. 3.10). In keinem Fall war die Tracheotomie selbst oder ihre Folgen die Todesursache. 13 Patienten (33%) konnten dauerhaft dekanüliert werden.

Tabelle 3.7

Seltene Komplikationen

Komplikation	Häufigkeit [N]	Verfahren
Knorpelspangenfrakturen	3	CBR 1, PTW 2
<i>Pneumothorax</i>	0	
<i>Pneumomediastinum</i>	0	
<i>Trachealhinterwandläsionen</i>	0	
<i>Aspiration</i>	0	
Akzidentelle Extubation	2	CBR 1, PTW 1
Abknicken des Führungsdraht	2	PTW
mangelhafte Eindringtiefe des Trokars ¹	1	PTW
paratracheale Lage der Trachealkanüle	1	PTW
Dislokation der Trachelakanüle durch Husten/Pressen	1	CBR
Verfahrenswechsel auf CBR	2	PTW

Tabelle 3.8

Geräteschäden

Komplikation	Häufigkeit [N]	Verfahren
Cuffläsion	1	PTW
Bronchoskopläsion	0	

Tabelle 3.9

Intermediärkomplikationen

Komplikation	Häufigkeit [N]	Verfahren
Stomainfekt	0	
Akzidentelle Dekanülierung	1	PTW
Arrosionsblutung	0	
Tracheovaskuläre Fistel	0	

3.7 *Einschlusszeitpunkt*

Auskunft über den Zeitpunkt der Tracheotomie im Intensiv-Verlauf und die Mortalitätsziffern gibt Tab. 3.10. Diese Größe hatte keinerlei Einfluss auf prozedurale Messdaten.

Tabelle 3.10

Einschlusszeitpunkt/Mortalität

Verfahren	Kardiologie				Anästhesiologie			
	früh	spät	überlebend	verstorben	früh	spät	überlebend	verstorben
Blue Rhino	1	3	3	1	4	2	3	3
PercuTwist	1	7	7	1	2		1	1
GDWF	3	3	3	3	3	2	3	2

früh = ≤ 7 Tage Beatmungsdauer

spät = > 7 Tage Beatmungsdauer

IV Diskussion

4.1 Praktikabilitätsaspekte der Dilatationstracheotomie im Alltag eines Schwerpunktkrankenhauses

Im Zentrum unserer Studie stand die Frage nach Praktikabilität und Komplikationsträchtigkeit der hier nebeneinander gestellten dilatativen, bettseitigen Tracheotomie-Verfahren Ciaglia Blue Rhino, PercuTwist und Griggs' Guide Wire Dilational Forceps.

Mit unserer vergleichenden Untersuchung konnten wir zeigen, dass alle drei Verfahren unter den Bedingungen eines Schwerpunktkrankenhauses als praxistauglich für den Klinikalltag und gleichzeitig als sicher angesehen werden können, wie sich auch in der Literatur zu diesen Verfahren niederschlägt.⁵⁵ Weder kam es zu deletären noch zu klinisch relevanten oder bedrohlichen Komplikationen. Es handelte sich ausnahmslos um leichtgradige Komplikationen, die weder die Mortalität noch die Morbidität oder die Intensiv- bzw. Krankenhausliegedauer beeinflussten. Eine Bluttransfusionspflichtigkeit trat lediglich einmal auf.

Bedenkt man den zeitlichen und personellen Aufwand, der benötigt wird, um den Transport eines beatmeten Intensivpatienten in den OP zu bewerkstelligen und dort die chirurgische Tracheotomie durchzuführen, so ergeben sich drastische Differenzen zu den von uns bettseitig gemessenen Interventionszeiten. Darüberhinaus war die Rate an infektiologischen Komplikationen äußerst gering.

Es gab von Seiten der Komplikationsträchtigkeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Verfahren. Das Verfahren nach Griggs erwies sich unter Praktikabilitätsaspekten als vorteilhaft. Es konnte hier ein signifikanter Zeitvorteil im Vergleich zu PercuTwist herausgearbeitet werden.

Es fand sich eine mittlere Komplikationsrate an leichtgradigen Komplikationen von 20% über alle Verfahren. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer aktueller klinischer Studien zu diesem Thema.^{56, 57, 58, 59} Bei der geringen Anzahl von Patienten und der Anwendung neuerer Verfahren könnte man diese Daten unter anderem auch der Lernkurve anlasten. Dieser Frage gingen systematisch und detailliert andere Untersuchungen nach.⁵⁵ Obwohl ein partieller Einfluss dieser Störgröße konstatiert werden konnte, zeigen aber die oben genannten vergleichenden Studien dennoch sehr ähnliche Komplikationsraten.

Vergleicht man diese Risikoprofile und Komplikationsraten von chirurgischen Tracheotomien und Dilatationstracheotomieverfahren heute, dann sehen wir für die

klinische Praxis in der Gesamtschau einen deutlichen Vorteil für die dilatativen bettseitigen Verfahren:

Der einfachere logistische Gesamtaufwand, das seltene Auftreten von ausschließlich äußerst geringgradigen Komplikationen, die niedrige Infektionsrate, das bessere kosmetische Ergebnis, die deutlich niedrigeren Kosten, mithin das Einsparen von personellen, zeitlichen und finanziellen Ressourcen sind für uns führende Argumente für die Dilatationstracheotomie.

4.2 Perkutane Dilatationstracheotomie versus Chirurgische Tracheotomie

Historisch betrachtet musste sich die Dilatationstracheotomie zunächst ihren Platz im Vergleich mit der offenen chirurgischen Tracheotomie erkämpfen.

Heute sind die perkutanen Dilatationstracheotomie-Verfahren, allen voran die perkutane Dilatationstracheotomie nach Ciaglia, die bevorzugten Verfahren zur bettseitigen Tracheotomie von Langzeitbeatmungs-Patienten. Die Methode wurde seit ihrer klinischen Einführung im Jahr 1985 bis heute technisch stark verfeinert und optimiert, einmal durch die obligate bronchoskopische Supervision, aber auch durch die technische Verbesserung der verwendeten Materialien. Deletäre Komplikationen, wie in der Frühphase beschrieben, sind daher heute durch die subtile Durchführung und das intensive Training von Intensivmedizinerinnen sehr selten geworden. Dies wird durch die Literatur zum Thema, über die Zeit betrachtet, ebenfalls gut belegt (Tab. 4.1)

Tabelle 4.1

Literaturübersicht: Komplikationsraten PDT vs. operative Tracheotomie

Griggs 1991 ¹⁹	3,9 vs. 18,9% (RCS, N = 229)
Stoeckli 1997 ⁶⁰	6,4% vs. 36,1% (prospektiv, N = 83)
Holdgaard 1998 ⁶¹	5 vs. 15 % schwere Komplikationen (RCS, N = 60)
Dulguerov 1999 ⁶²	Meta-Analyse: 10 vs. 3% (Erläuterungen s. Text)
Melloni 2002 ⁶³	4% vs. 36% (prospektiv, randomisiert, N = 50)
Freeman 2000 ²²	Meta-Analyse: (bessere Praktikabilität, weniger Blutungen, weniger postoperative Infektionen)

Dulguerov zeigte 1999 in einer Meta-Analyse aus den Jahren 1960-84 und 1985-1996 für die frühe Periode Komplikationsraten der chirurgischen Tracheotomie von

8,5 und 33% peri- bzw. postoperativ. In der späteren Periode fanden sich dort perioperative Komplikationsraten für PDT versus chirurgische Tracheotomie von 10 vs. 3% und postoperativ 7 vs. 10%. Die Rate an perioperativen Todesfällen lag signifikant höher in der PDT-Gruppe (0,44 vs. 0,03%, $p = 0,001$). Die Komplikationsraten heute liegen um ein mehrfaches niedriger, vor allem im Hinblick auf die Schwere und Relevanz der Komplikationen.⁶² Die Rate an direkten, methodisch bedingten Frühkomplikationen scheint heute sogar geringer zu sein als bei der konventionellen operativen Tracheotomie.²⁶ Aussagen über Spätkomplikationen sind aus dem vorliegenden Untersuchungen noch kritisch zu werten und müssen nach dem vorliegenden Datenmaterial noch zurückhaltend beurteilt werden.^{62, 63}

Ein weiterer, wesentlicher Gesichtspunkt für die sichere Dilatationstracheotomie ist die Durchführung einer begleitenden Bronchoskopie. In den 80iger Jahren wurden Dilatationstracheotomien noch häufig "blind", d. h. ohne Bronchoskopie, durchgeführt; dabei wurde eine relativ hohe Rate an Trachealverletzungen dokumentiert.⁶² Berrouschot konnte zeigen, dass deletäre Komplikationen – in seiner Untersuchung war dies ein Todesfall durch Spannungspneumothorax bei schwerer Tracheahinterwandverletzung - durch die Bronchoskopie vermieden werden können.⁶⁴ So wird heute die begleitende Bronchoskopie unverzichtbar als Gold-Standard angesehen.^{1, 50, 65, 66} Allein durch Visualisierung der Trachea periinterventionell konnte die Rate an schweren Trachealverletzungen signifikant gesenkt werden. Die Aufgabe des Bronchoskops ist zudem während einer Dilatationstracheotomie, bei der der Endotrachealtubus bis in den subglottischen Raum zurückgezogen wird und es leicht zur akzidentellen Extubation mit ihren unter Umständen deletären Konsequenzen kommen kann, besonders verantwortungsvoll. Extreme Vorsicht ist geboten bei der Bronchoskopie von Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma, die durch eine Hyperkapnie kritische Anstiege des Hirndrucks erleiden können.²⁷

Nach Sichtung der aktuellen Literatur zeigen sich die heute verwendeten perkutanen Dilatationstracheotomieverfahren als gleichwertig oder zumindest in der Frühphase sicherer als die konventionelle chirurgische Tracheotomie, die mit höherem logistischen und personellen Aufwand, deutlich höherer Infektionsneigung, schlechterer kosmetischer Heilung und nicht zuletzt deutlich höheren Kosten vergesellschaftet ist.^{19, 24, 25, 26, 27} Betrachtet man die vorliegenden Studien in ihrer zeitlichen Abfolge, so lässt sich weiterhin eine deutliche Lernkurve für die einzelnen Verfahren herauslesen - einige Studien haben speziell dieses Thema bearbeitet – so dass die Komplikationsrate aktuell als sehr niedrig betrachtet werden kann. So konnten beispielsweise Beiderlinden, Walz et al. 2001 im Gegensatz zu ihrer früheren Studie aus dem Jahr 1997 einen deutlich messbaren Rückgang der Komplikationsrate dokumentieren (0,7 vs. 9,5%).^{55, 66}

Dennoch bieten die Dilatationstracheotomie-Verfahren einige systemimmanente Risiken, die es heute im klinischen Alltag zu minimieren gilt. Die sichere Punktion der Trachea unter bronchoskopischer Sicht, das sichere Aufdilätieren der Trachealwand,

der möglichst geringe zeitliche Aufwand - vor allem, um die Beatmung nicht längerfristig zu destabilisieren und das Vermeiden relevanter perioperativer Blutverluste sind die führenden Herausforderungen für die perkutanen Dilatationssysteme.

4.3 Kritische Würdigung unserer Ergebnisse im Vergleich mit Untersuchungen anderer Autoren

4.3.1 Vergleichende Untersuchungen Ciaglia vs. Griggs

Bis dato wurde keine prospektiv randomisierte Studie zum Vergleich der drei von uns ausgewählten Verfahren durchgeführt. Jedoch liegen bereits verschiedene Studien zum Vergleich der Methoden nach Ciaglia und Griggs vor (Tab. 4.2)

In diesen Studien kamen die Ciaglia Standardmethode und - vor allem in den aktuelleren Studien - auch die Modifikation "Blue Rhino" zum Einsatz.

Tabelle 4.2

Vergleichende Studien zu den Verfahren nach Ciaglia und Griggs

Autor	N	T _{PDT}	T _{GWDF}	Komp _{PDT}	Komp _{GWDF}	Schweregrad	Bemerkungen
Anon ⁵⁷	63	25 ± 3,8	17,3 ± 1,9	9,6%	14,6%		
Van Heurn ⁵⁶	127	7 ± 3,5	6,4 ± 4,9	14%	31%	leichtgradig	
Fikkers ⁶⁸	342	10,8±10	9,1 ±8.3	43%	19%	leichtgradig	
Ambesh ⁵⁸	60	7,5	6,5	30%	30%	leichtgradig	
Kaiser/Cantais ⁶⁹	100	7	4	31 + 6	9 + 0		Ciaglia-Standard !

N = Fallzahl, T_{PDT} = Interventionsdauer PDT, T_{GWDF} = Interventionsdauer Guidewire Dilational Forceps, Komp_{PDT} = Komplikationsrate PDT perioperativ, Komp_{GWDF} = Komplikationsrate Guidewire Dilational Forceps perioperativ, Schweregrad (der beobachteten Komplikationen)

Eine ältere Studie von Ambesh vergleicht die PDT nach Ciaglia mit dem Rapitrach-System, einer Vorläufer-Variante des Griggs-Verfahrens.⁷⁰ Es zeigten sich Schwierigkeiten mit der Kanülenplatzierung unter Rapitrach, die jedoch ohne erweiternde Maßnahmen gemanagt werden konnten, sowie deutlich kürzere Interventionszeiten für Rapitrach (6,5 vs. 14 min.)

In den folgenden Studien verglichen die Autoren die Methoden von Ciaglia und Griggs:

Anon fand eine Komplikationsrate von 9,6% für das Verfahren nach Ciaglia (Standard) versus 14,6% für Griggs (N = 63).⁵⁷ Die Mortalität war 0%, es kam zu einer schweren Komplikation (Trachealwandverletzung) in jeder Gruppe: Einmal kam es zum vorderen Einriss bei Via falsa der Kanüle, der chirurgisch übernäht werden mußte – in dieser Untersuchung wurde ohne begleitende Bronchoskopie gearbeitet! Es fanden sich 4 Blutungen, 3 in der Griggs-Gruppe vs. 1 in der BR Gruppe, die allerdings keine chirurgische Revision erforderten, nur in einem Fall mußte transfundiert werden. Van Heurn et al beschrieben in ihrer Untersuchung an 127 Patienten die beiden Methoden als faktisch gleichwertig, fanden allerdings mehr Probleme bei der Kanüleninsertion durch ungünstige Form und Beschaffenheit des Obturators, der dort als zu kurz und instabil beschrieben wird, so dass der Zeitaufwand für GWDF bisweilen größer war als für die CBR. Die Autoren schließen, dass mit einer geringfügigen Modifikation des in ihrer Arbeit verwendeten Sets dieses Problem beseitigt werden könne.⁵⁶

Dies deckt sich auch mit den Daten von Borm und Gleixner, die über ein besonders günstiges Profil der Griggs-Methode im Vergleich mit Ciaglia's Multi-Dilatator-Methode berichten. In einem neurochirurgischen Klientel kam es bei 50 Tracheotomien zu keinem Todesfall, schwere Komplikationen traten in 3,7% der Fälle auf.⁵⁹

Fickers et al fanden in einer großen Kohortenstudie sowohl weniger leichtgradige Komplikationen als auch kürzere Interventionszeiten in der GWDF-Gruppe.⁶⁸

Kaiser berichtet in einem aktuellen Vergleich zwischen der Ciaglia Standard-Multidilatator-Technik und GWDF über deutliche Vorteile für GWDF, sowohl was die prozedurale Zeit als auch die Komplikationsrate betrifft.⁶⁹

Ambesh et al. verglichen weiterhin GWDF und Ciaglia's "Blue Rhino" in einer prospektiv randomisierten Studie an 60 Patienten.⁵⁸ Es fanden sich gleiche Interventionszeiten, mehr Trachealringfrakturen und Beatmungsdruckspitzen unter CBR, ein Drittel der Patienten, die mit GWDF tracheotomiert wurden, hatten eine inadäquate - zu große oder zu kleine - Öffnung in der Tracheavorderwand. Es wurden keine klinisch relevanten Spät komplikationen beobachtet.

Zur Problematik des akzidentellen Einreißen der Tracheavorderwand durch die Methode nach Griggs liegt eine Studie zur Evaluation der Mechanik der GWDF von Watters et al. vor.⁷¹ Die Autoren untersuchten die Scherkräfte während der Griggs-Tracheotomie an der Leiche und fanden einen signifikanten Unterschied im Kraftaufwand zur therapeutischen Dilatation im Gegensatz zur unbeabsichtigten Trachealverletzung. In der gleichen Arbeit wird darauf hingewiesen, dass die Dilatation des prätrachealen Gewebes mehr Kraftaufwand erfordert als die eigentliche Dilatation der Tracheavorderwand. Insofern spielt die Dilatation der Halsweichteile für den Operateur offenbar eine wesentliche Rolle im Einschätzen des Kraftaufwands für die Tracheavorderwand-Dilatation, was noch einmal die

unbeabsichtigt zu weite Aufspreizung der Tracheavorderwand unwahrscheinlicher macht. Watters bescheinigt der Methode mithin einen ausreichenden Sicherheits-spielraum. Auch in unserer Studie kam es in keinem Fall zu einem Trachea-vorderwandinriß durch GWDF.

4.3.2 Vergleichende Untersuchungen der PercuTwist Methode

Das PercuTwist System wurde bisher nur in sehr wenigen Studien vergleichend untersucht.

In einer Untersuchung von Frova und Quintel wurde die PercuTwist-Technik als komplikationsarmes und sicheres Verfahren dargestellt.¹⁴ In dieser Studie knickte bei 5% der Patienten der Führungsdraht ab. In unserer Untersuchung kam es ebenfalls bei einem Patienten in der PercuTwist-Gruppe zu einer Komplikation mit Fehlanlage der Trachealkanüle durch Abknicken des Führungsdrahtes bei einem adipösen Patienten.

In einer randomisierten Studie von Byhahn an 70 Patienten traten ebenfalls im Vergleich zwischen der PercuTwist-Technik und Ciaglia Blue Rhino tendenziell vermehrt Komplikationen in der PercuTwist-Gruppe auf.⁷² Bei 3% der Patienten in der Percu Twist-Gruppe konnte in dieser Untersuchung die Trachealkanüle nicht plaziert werden. Byhan spricht in diesem Zusammenhang von einer deutlich flacheren Lernkurve für das PercuTwist System. Wesentliche Probleme traten bei dieser Studie in Form von 2 Trachealhinterwandverletzungen auf. Dies steht im Widerspruch zu dem technisch-theoretischen Konzept von PTW, welches eigentlich gerade die Schonung der Trachealhinterwand herausstellt.¹⁴ Letztlich erreichten die Unterschiede in der Anzahl der Komplikationen zwischen den Gruppen kein Signifikanzniveau. Scherrer berichtet über eine Trachealringfraktur mit Fragmentabspaltung unter PTW.⁷³ Westphal berichtet ebenfalls über die schwierigen initialen Dilatations-Drehungen, bei denen die PercuTwist-Schraubenspitze direkt die Tracheahinterwand berührt und damit zu Beginn der Prozedur doch ein erhebliches Verletzungspotential gegeben scheint.⁷⁴

Fikkers et al. beschreiben ebenfalls Schwierigkeiten bei der PTW-Technik.⁷⁵

Gründling et al. konnten hingegen an 54 Patienten, die mit der PercuTwist-Methode tracheotomiert wurden, die Sicherheit des Verfahrens belegen.⁷⁶ Die niedrige Komplikationsrate wurde mit der Erfahrung der Untersucher begründet.

Damit decken sich die Ergebnisse anderer Untersucher im wesentlichen mit den hier von uns vorgestellten Daten. Wir fanden die längsten Interventionszeiten, die relativ größten Blutverluste und schlechtesten Gasaustauschparameter in der PTW-Gruppe.

Die Kanüle konnte nach Abknicken des Führungsdrahtes in zwei Fällen nicht plaziert werden, wir stiegen in diesen Fällen auf CBR um. Damit gelang die Kanüleninsertion dann in beiden Fällen. Wir konnten uns mehrmals bei Patienten mit besonders voluminösem Hals mit der PercuTwist-Schraube nur unter großen Schwierigkeiten bis ins Tracheallumen vorarbeiten, so dass man bei dem zum Zeitpunkt der Studie vorliegenden Set von einer technischen Limitation sprechen muss.

4.3.3 Interventionszeiten

Die Interventionszeiten der unterschiedlichen Verfahren sind nur in wenigen Studien thematisch angesprochen worden.

Byhan zeigte 2000 bereits die gegenüber der multiplen Dilatator-Technik im ursprünglichen Ciaglia-Set signifikante Zeiteinsparung mit dem "Blue Rhino"-Set.⁴⁶ Es wurde eine mittlere Interventionsdauer von 2,4 min. angegeben. 1/4 der Patienten erlitten allerdings eine Trachealringfraktur. Dieser Zeitvorteil für die Blue Rhino Methode konnte von anderen Autoren bestätigt werden.⁶⁵

Fickers fand eine Interventionsdauer von 8,5 min für CBR bei einer Komplikationsrate von 30%.⁷⁷

Anon et al. (56) fanden für die GDWF die kürzesten Interventionszeiten [25 min (PDT) versus 17,3 min (GWDF)]. Die gleichen Untersucher fanden ebenfalls keine Unterschiede in den Komplikationen, allerdings kamen dort in beiden Gruppen je eine Trachealwandverletzung und mehrere transfusionspflichtige Blutungen vor. Cantais et al. fanden in einer Studie, die GWDF mit der translaryngealen Technik n. Fantoni verglich, in der GWDF Gruppe deutlich weniger Komplikationen.⁷⁸

Wir fanden in unserem Vergleich signifikante Unterschiede bei den Interventionszeiten (Fig. 3.1). Die GWDF-Gruppe lag dabei mit $3,27 \pm 1,65$ min deutlich unter der CBR Gruppe ($5,9 \pm 3,7$) und war signifikant schneller als die PTW Gruppe ($11,7 \pm 9,3$). Wir meinen, dass der Faktor Zeit während der Prozedur eine nicht unwesentliche Rolle spielt. Denkt man an die Dauer von (Sicker-)Blutungen aus dem Dilatationskanal, die Dauer der durch Bronchoskopie beeinträchtigten Beatmungssituation, der Ausbildung von Atelektasen bei inkonstantem PEEP, Hyperkapnie und Hypoxämie-Wahrscheinlichkeit, vagale Stimulation und hämodynamische Beeinträchtigung, die alle über die Zeit zunehmen, so kommen wir zu dem Schluß, dass die Interventionsdauer für die Patientensicherheit in dieser kritischen Phase von Bedeutung sein dürfte. In Übereinstimmung mit unserer These findet sich auch ein – bei dem länger dauernden PTW-Verfahren – deutlicherer Einbruch der SpO_2 periinterventionell (Fig. 3.2).

4.3.4 Oxygenierung

Unsere vergleichenden Zahlen zur Oxygenierungsfunktion (Horowitz-Index) postinterventionell unterscheiden sich zwar nicht signifikant, stellen aber im Trend für die GWDF eine günstigere Situation dar. (Fig. 3.3)

Dies lässt sich unseres Erachtens zum einen auf die kürzeren Interventionszeiten zurückführen, aber auch auf die Tatsache, dass das Griggs-Verfahren ohne Trokar bzw. Obturator beim Aufdehnen der Trachea arbeitet und damit seltener Atemwegs-okklusionen und PEEP-Verlust auftreten.

Gerade für die im Mittel problematischeren PercuTwist-Tracheotomien zeigten sich auch hier für die tiefste SpO₂ und den postinterventionellen Horowitz-Index im Trend schlechtere Werte, so dass wir gerade für diese Patienten allein durch die Dauer des Verfahrens und die zeitliche Länge der durch Bronchoskopie und rekurrenten PEEP-Verlust kompromittierten Beatmung eine messbare Verschlechterung ihrer respiratorischen Situation zeigen konnten, die unseres Erachtens allein durch die kleine Gruppengröße kein Signifikanzniveau erreichte.

4.3.5 Blutverlust

Fickers et al. fanden nur eine revisionspflichtige Blutung unter 100 Blue Rhino PDT Prozeduren.⁷⁷

In unserer Untersuchung war der perioperative Blutverlust durchweg in allen Gruppen nur gering und klinisch nicht relevant.

Wir fanden lediglich eine – verfahrensbedingt – schwerere Blutung während einer schwierigen PTW – Intervention. Der ohnehin anämische Patient wurde im Verlauf transfusionspflichtig. Ein weiterer Patient aus der GWDF Gruppe musste – nicht unmittelbar verfahrensbedingt - ausschließlich aufgrund einer gleichzeitig auftretenden massiven gastro-intestinalen Blutung transfundiert werden.

Dass in der GDWF-Gruppe die niedrigsten postoperativen Hb-Werte gemessen wurden, ist artefiziell auf eben diesen Patienten zurückzuführen (Fig. 3.4).

4.3.6 Weitere Komplikationen

Eine für CBR besonders typische Komplikation, die allerdings selten unmittelbare klinische Konsequenzen zu haben scheint, ist die Trachealringfraktur. Fast alle Studien weisen auf eine erhöhte Häufigkeit dieser Komplikation unter CBR hin.^{37, 39, 46, 50}

Hommerich und Van Heurn konstatieren allerdings, dass die Trachealspangenfraktur möglicherweise ein prädisponierender Faktor für späte Ausbildung von

Trachealstenosen sei.^{45, 56} Daher lautet die Empfehlung, kritisch auf die Vermeidung dieser Komplikation zu achten. In unserer Studie fanden wir 1 (10%) Trachealringfraktur in der Gruppe CBR, 2 (20%) in der Gruppe PTW und keine in der Gruppe GWDF.

Trachealkanülen-assoziierte Komplikationen, wie akzidentelle Dekanülierung, Kanülendislokation und schwere Probleme bei der notfallmäßigen Re-Kanülierung waren in der Studie von Walz et al. noch eine relevante Größe.²⁵ Mit dem Verzicht auf routinemäßigen Trachealkanülen-Wechsel und sichere Kanülenfixierung sind derartige Ereignisse in den Hintergrund getreten. In unserer eigenen Studie gab es keine solche Intermediärkomplikation.

Kearney berichtet in einer größeren Studie über eine Wundinfektionsrate von 0,5% nach PDT.⁷⁹ Wir fanden keine Stomainfektionen in unserem Patientengut.

Im Rahmen der Studie kam es weiterhin in keinem Falle zu einer interventionell nicht mehr beherrschbaren Situation, es musste in keinem Fall auf ein chirurgisches Verfahren umgestiegen werden.

Verfahrensbedingte Todesfälle oder dauerhafte klinische Verschlechterungen traten nicht auf.

4.4 Kostenaspekt der Dilatationstracheotomie

Letztendlich spielen auch die Kosten der Intensivtherapie heute eine wesentliche Rolle in der Beurteilung der Wertigkeit miteinander konkurrierender Verfahren. Auch hier gibt es deutlich Belege für die signifikanten Einsparungen unter PDT.

Bachetta et al. errechneten bei 30 Tracheotomien/Jahr in einem kardiochirurgischen Klientel eine Kostenersparnis von 84 000 \$ pro Jahr.⁸⁰

Des Weiteren findet man deutliche Kostenunterschiede zwischen den hier vorgestellten Tracheotomie-Sets (Tab. 4.3)

Tabelle 4.3

Kosten (Listenpreise incl. der typischen Basis-Tracheotomie-Kanüle)

Modell	Hersteller	Listenpreis [€]
Ciaglia "Blue Rhino"	Cook	189,-
PercuTwist	Rüsch	165,-
Griggs Forceps Technique Kit	Portex (Smith Medical)	159,-
Griggs Forceps Technique Kit ohne Klemme	Portex (Smith Medical)	109,-

Hierbei übersteigen die Kosten für Ciaglia Blue Rhino deutlich die Alternativ-Anbieter. Bedenkt man weiterhin, dass das Portex Griggs Forceps Technique Kit auch ohne Klemme verfügbar ist – die Klemme ist wiederwendbar und kann sterilisiert werden - ergibt sich hieraus ein deutlicher Preisvorteil für das Griggs-Kit.

V Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie an einem gemischten Kollektiv von kardiologischen und anaesthesiologisch-chirurgischen Patienten konnten wir zeigen, dass es sich bei der perkutanen Dilatationstracheotomie um ein komplikationsarmes und in der Handhabung einfaches, effizientes und sicheres Verfahren handelt.

In Übereinstimmung mit der aktuellen Literatur zu diesem Thema fanden wir eine niedrige Rate an geringgradigen Komplikationen und keine schwerwiegenden, für den Patienten bedrohlichen Komplikationen.

Weder fanden sich gravierende Beeinträchtigungen der Beatmung/Oxygenierung, noch kam es zu schweren unstillbaren Blutungen. Es musste nur ein Patient transfundiert werden. Ein Wechsel auf eine chirurgische Tracheotomie war in keinem Fall erforderlich, alle Patienten konnten per Dilatationstracheotomie mit einer Trachealkanüle versorgt werden. Es kam zu keinem verfahrensassoziierten Todesfall.

Den hier vorliegenden Untersuchungsergebnissen zufolge ist die perkutane Dilatationstracheotomie nach Griggs im Vergleich zu den beiden anderen getesteten Verfahren tendenziell das komplikationsärmere Verfahren. In Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen lagen die prozeduralen Zeiten bei der Methode nach Griggs deutlich unter denen der beiden anderen durchgeführten Verfahren, insbesondere im Vergleich zur PercuTwist-Technik. Hier war der Zeitunterschied signifikant.

Das PercuTwist-Verfahren scheint in der vorliegenden Untersuchung im Vergleich zu den beiden anderen durchgeführten Techniken eher zu Komplikationen zu führen. Nach unserer Einschätzung bietet das Verfahren eine besonders lange und flache Lernkurve und weist methodische Limitationen bei schwieriger Halsanatomie auf.

Aufgrund der vorliegenden Daten konnte erstmals in einem prospektiven, randomisierten Vergleich die Sicherheit und Praktikabilität dreier verschiedener Verfahren zur Perkutanen Dilatationstracheotomie belegt werden. Wir fanden das günstigste Nutzen/Kosten/Risiko-Profil für das von Griggs entwickelte System Guidewire Dilational Forceps. Die Perkutane Dilatationstracheotomie hat damit ihren Stellenwert als Standardverfahren zur Tracheotomie bei langzeitbeatmeten Patienten in der modernen Intensivmedizin behauptet.

VI Literatur

1. Walz MK:
Die Tracheostomie
Anaesthesist 2002; 51:123-33
2. Chiari O:
Chirurgie des Kehlkops und der Luftröhre
in: Küttner H (Hrsg.): Neue Deutsche Chirurgie, Bd. 19
Enke, Stuttgart 1916:57
3. Jackson C:
Tracheostomy
Laryngoscope 1909; 19:285-90
4. Waldapfel R: Fensterresektion der Luftröhrenwand bei der
Tracheotomie und ein neues Instrument zur exakten Ausführung
derselben
Zentralblatt für Chirurgie 1931; 35:2201-04
5. Dukes HM:
Tracheostomy
Thorax 1970; 25:573-576
6. Sheldon CH, Pudenz Rh, Tichy FY:
Percutaneous tracheostomy
JAMA 1957; 65:2068-70
7. Toye FJ, Weinstein JD:
A percutaneous tracheostomy device
Surgery 1969; 65:384-9
8. Toye FJ, Weinstein JD:
Clinical experience with percutaneous tracheostomy and
cricothyroidotomy in 100 patients
J Trauma 1986; 26:1034-40
9. Ciaglia P, Firsching R, Syniec C:
Elective percutaneous dilatational tracheostomy: a new simple bedside
procedure - preliminary report
Chest 1985; 87:715-719
10. Seldinger SI:
Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography: a
new technique
Acta Radiol 1953; 39:368-70
11. Schachner A, Ovil Y, Sidi J et al:
Percutaneous tracheostomy – a new method
Crit Care Med 1989; 17:1052-1056
12. Griggs WM, Worthley LIG, Gilligan JE, Thomas PD; Myburg JA:
A simple percutaneous tracheostomy technique
Surgery 1990;170:543-545
13. Fantoni A, Ripamonti D:
A non-derivative, non-surgical tracheostomy: the translaryngeal method
Int Care Med 1997; 23:386-92

14. Frova G, Quintel M:
A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilation. A preliminary report
Intensive Care Med 2002 Mar;28(3):299-303
15. Heffner
The role of Tracheostomy in weaning
Chest 2001; 120:447s-481s
16. Westphal K, Byhahn C, Lischke V:
Die Tracheotomie in der Intensivmedizin
Anaesthesist 1999; 48:142-156
17. Klemm E, Künstle T, Graf A, Henker M:
Tracheotomie
Intensivmed 1999; 36:309-313
18. Stock MC, Woodward CG, Shapiro CA, Cane RD, Lewis V, Pecaro B:
Perioperative complications of elective tracheostomy in critically ill patients
Crit Care Med 1986; 14:861-3
19. 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
20. Heffner JE, Miller KS, Sahn SA:
Tracheostomy in the intensive care unit.
Part 2: Complications.
Chest 1986 Sep; 90(3) :430-6
21. Stauffer JL, Osion DE, Petty T:
Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheostomy in critically ill adult patients
Am J Med 1981; 70:65-76
22. Freeman BD, Isabella K, Lin N, Buchman TG:
A meta-analysis of prospective trials comparing percutaneous and surgical tracheostomy in critically ill patients
Chest 2000 Nov;188(5):1412-8
23. Cheng E, Fee WE:
Dilatational versus standard tracheostomy: a meta-analysis.
Ann Otol Rhinol Laryngol 2000;109:803-807
24. Bause H, Prause A, Schulte am Esch J:
Indikation und Technik der perkutanen Dilatationstracheotomie für den Intensivpatienten
Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1995; 30:492-496
25. 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 24:685-690 (1998)

26. Walz MK:
Tracheostomy: indications, methods, risks
Chirurg 2001 Oct;72(10):1101-10
27. Rao BK, Pande RR, Sharma SR et al:
Percutaneous Tracheostomy
Ann Card Anaesth 2003; 6:19-26
28. Wagner A, Wienhausen-Wilke, Sondern K, Angelkort B:
Dilatationstracheotomie nach Ciaglia – Einsatz auf einer internistischen
Intensivstation
Dtsch med Wschr. 125 (2000), 142-146
29. Chen Y, Wang Y et al:
Implementation of percutaneous dilatational tracheostomy on
neurosurgical coma patients
Chin Med J 2002; 115(9):1345-47
30. Steele APH, Hywel WE et al:
Percutaneous tracheostomy with spiral CT and questionnaire
Long-term follow –up of Griggs
Chest 2000; 117:1430-33
31. Dollner R, Verch M et al:
Laryngotracheoscopic findings in long-term follow-up after Griggs
tracheostomy
Chest 2002; 122:206-212
32. Gambale G, Cancellieri F, Baldini U, Vacchi Suzzi M, Baroncini S,
Ferrari F, Petrini F:
Ciaglia percutaneous dilational tracheostomy. Early and late
complications and follow-up
Minerva Anestsiol 2003 Nov;69(11):825-
33. Polderman H, Spijkstra JJ, de Bree R, Christiaans HM, Gelissen HP,
Wester JP, Girbes AR:
Percutaneous dilatational tracheostomy in the ICU: optimal
organization, low complication rates and description of a new
complication
Chest 2003 May;123(5):1595-602
34. Kaylie DM, Wax MK:
Massive subcutaneous emphysema following percutaneous
tracheostomy
Am J Otolaryngol 2002 Sep-Oct;23(5):300-2
35. Dienemann H, Hoffmann H:
Tracheo-bronchiale Verletzungen und Fisteln
Chirurg 2001; 72:1130-1136 (2001)
36. Kaschke O et al:
Perkutane Tracheotomie: Problemlos?
HNO aktuell 1999; 7:207-213
37. Thant M, Samuel T:
Posterior tracheal wall tear with PercuTwist
Anaesthesia 2002 May;57(5):507-8.

38. Trotter SJ, Hazard PB, Sakabu SA, Levine JH, Troop BR, Thompson JA, McNary R:
Posterior tracheal wall perforation during percutaneous tracheostomy: an investigation into its mechanism and prevention
Chest 1999; 115:1383-89
39. Kedjanyi WK, Gupta D
Near total transection of the trachea following percutaneous dilatational tracheostomy
J R Coll Surg Edinb 2001; Aug 46(4):242-3
40. Fikkers BG, Verwiel JMM; Tilmans RJGH:
Emphysema and pneumothorax after percutaneous tracheostomy
Chest 2004; 125:1805-1814
41. Gwylin S, Cooney A:
Acute fatal hemorrhage during tracheostomy
Br J Anaesth, Feb 2004; 92(2):298
42. Fraipont V, Lambermont B, Ghaye B et al:
Unusual complication after percutaneous dilatational tracheostomy: pneumoperitoneum with abdominal compartment syndrome.
43. Klusmann JP et al:
Atresia of the trachea following repeated percutaneous dilatational tracheostomy
Chest 2001 Mar; 119(3):961-4
44. Hurter H, Post-Stanke A et al:
Tödliche Gefäßerosion nach Dilatationstracheotomie
AINS 2000; 35(10):658-60
45. Hommerich CP, Rodel R, Frank L, Zimmermann A, Braun U:
Langzeitergebnisse nach chirurgischer Tracheotomie und PDT. Eine vergleichende retrospektive Analyse
Anaesthesist 2002 Jan; 51(1):23-7
46. Byhahn C, Lischke V, Halbig S, Scheifler G, Westphal K:
Ciaglia Blue Rhino: Ein weiterentwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheotomie
Anaesthesist 2000; 49: 202-206
47. Byhahn C, Wilke HJ, Halbig S, Lischke V, Westphal K:
Percutaneous tracheostomy: ciaglia blue rhino versus the basic ciaglia technique of percutaneous dilatational tracheostomy
Anesth Analg 2000; Oct 91(4):882-6
48. Cothren C, Offner PJ, Moore EE, Haenel JB, Biffi WL, de Sousa AL, Johnson JL:
Evaluation of a new technique for bedside percutaneous tracheostomy
Am J Surg 2002 Mar; 183(3):280-2
49. Heffner JE, Miller KS, Sahn SA:
Tracheostomy in the intensive care unit.
Part 1: Indications, technique, management
Chest 1986 Sep; 90(2) :269-74

50. Goepfert A, Witter B, Gottstein P, Ennker IC, Ennker J:
Vergleich minimal invasiver Tracheotomieverfahren (Ciaglia, Griggs, Fantoni, Blue Rhino) bei kardiologischen Patienten
Intensivmedizin und Notfallmedizin, vorauss. Erscheinungstermin 1-2/2002
51. Muhammad JK, Major E, Patton DW:
Evaluating the neck for percutaneous dilatational tracheostomy
J Craniomaxillofac Surg 28(6):336-42 (Dec 2000)
52. Byhan C:
Leserbrief "Chirurgische Tracheotomie und PDT"
Anaesthesist 2002; 51:680
53. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR, Goodwin R:
Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone
Br Med J. 1974; Jun 22, 2(920):656-9.
54. Kokkinis K, Vrettos T et al:
Percutaneous dilatational tracheostomy with a lightwand device
Crit Care 1999; 3 (Suppl. 1):P009
55. Beiderlinden M, Walz MK et al:
Complications of bronchoscopically guided percutaneous dilational tracheostomy: beyond the learning curve
Intensive Care Med 28(1):59-62 (2002)
56. Van Heurn LW, Mastboom WB, Scheeren CI, Brink PR, Ramsay G:
Comparative clinical trial of progressive dilatational and forceps dilatational tracheostomy
Intensive Care Med 2001 Jan;27(1):292-5
57. Anon JM ; Gomez V; Escuela MP; De Paz V; Solana LF; De La Casa RM; Perez JC; Zeballos E; Navarro L:
Percutaneous tracheostomy: comparison of Ciaglia ad Griggs techniques
Crit Care 2000;4 (2):124-128
58. Ambesh SP, Pandey CK, Srivastava S, Agarwal A, Singh DK:
Percutaneous tracheostomy with single dilatation technique: a prospective, randomized comparison of Ciaglia Blue Rhino versus Griggs' guidewire dilating forceps
Anesth Analg 2002 Dec;95(6):1739-45
59. Borm W, Gleixner M:
Experiences with two different techniques of percutaneous dilatational tracheostomy in 54 neurosurgical patients
Neurosurg Rev 2003 Jul; 26(3):188-91
60. Stoeckli SJ, Breitbach T, Schmid S:
A clinical and histological comparison of percutaneous dilational versus conventional surgical tracheostomy
Laryngoscope 1997 Dez; 107 (12 Pt 1):1643-6
61. Holdgaard HO; Pedersen J; Jensen RH; Outzen KE; Midtgaard T; Johansen LV; Moller J; Paaske PB:
Percutaneous dilatational tracheostomy versus conventional surgical

- tracheostomy. A clinical randomised study.
Acta Anaesthesiol Scand 1998 May;42(5):545-50
62. Dulguerov P, Gysin C, Perneger TV, Chevrolet JC:
Percutaneous or surgical tracheostomy: A meta-analysis
Crit Care Med 1999;27:1617-1625
 63. Melloni G, Muttini S, Gallioli G, Caretta A, Cozzi s, Gemma M, Zannini P:
Surgical tracheostomy versus percutaneous dilatational tracheostomy.
A prospective-randomised study with long-term follow-up
J Cardiovasc Surg 2002;43(1):113-21
 64. Berrouschot J, Oeken J, Steiniger L, Schneider D:
Perioperative complications of percutaneous dilatational tracheostomy
Laryngoscope 1997; (11)107:1538-1544
 65. Kost KM:
Percutaneous tracheostomy: comparison of Ciaglia and Griggs techniques (Editorial)
Crit Care 2000;4(3):143-6
 66. Law RC, Carney AS, Manara AR:
Long-term outcome after percutaneous dilatational tracheostomy.
Endoscopic and spirometric findings
Anaesthesia 52(1):51-56 (1997)
 67. 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 24 (1998):685-690
 68. Fikkers BG, Staatsen M, Lardenoije S, van den Hoogen F, van den Hoeven JG:
Comparison of two percutaneous tracheostomy techniques, guide wire dilating forceps and Ciaglia Blue Rhino: a sequential cohort study
Critical Care 2004; 8:R299-R305
 69. Kaiser E, Cantais E et al:
Prospective randomized comparison of progressive dilatational vs forceps dilatational percutaneous tracheostomy
Anaesth Intensive Care 2006; 34(1):51-54
 70. Ambesh SP, Kaushik S:
Percutaneous dilatational tracheostomy: the Ciaglia method versus the Portex (correction of Rapitrach) method
Anesth Analg 87(3):556-561 (1998)
 71. Watters M, Thorne G, Cox C, Monk C:
Tracheal trauma from percutaneous tracheostomy using the Griggs method
Anaesthesia 57 (3):249-252 (2002)
 72. Byhahn C, Westphal K, Meininger D, Gurke B, Kessler P, Lischke V:
Single-dilator percutaneous tracheostomy: a comparison of PercuTwist and Ciaglia Blue Rhino
Intensive Care Med 2002 Sep;28(9):1262-6

73. Scherrer E, Tual L, Dhonneur G:
Tracheal ring fracture during a PercTwist tracheostomy procedure
Anesth Analg 2004; 98:1451-1453
74. Westphal K, Maeser D, Scheifler G, Lischke V, Byhahn C:
PercuTwist: A new single-dilator technique for percutaneous tracheostomy
Anesth Analg 2003; 96:229-232
75. Fikkers BG, Venwiel JM, Tillmanns RJ:
Percutaneous tracheostomy with the PercuTwist technique not so easy
Anaesthesia 2002; 57(9):935-36
76. Gründling M, Kuhn SO, Nees J, Westphal K, Pavlovic D, Wendt M, Feyerherd F:
PercuTwist - Dilatationstracheotomie
Anaesthesist 2004; 53:434-440
77. Fikkers BG, Briede IS, Verwiel JM, Van Den Hoogen FJ:
Percutaneous tracheostomy with the Blue Rhino trade mark technique: presentation of 100 consecutive patients
Anaesthesia 2002 Nov; 57(11):1094-7
78. Cantais E, Kaiser E, Le-Goff Y, Palmier B:
Percutaneous tracheostomy: prospective comparison of the translaryngeal technique versus the forceps-cilational technique in 100 critically ill adults
Crit Care Med 30 (4):815-819 (2002)
79. Kearney PA, Griffen MM, Ochoa JB, Boulanger BR, Tseul BJ, Mentzer Jr RM:
A single center 8-year experience with percutaneous dilational tracheostomy
Ann Surg 2000; 231:701-09
80. Bachetta M, Girardi L, Southard EJ et al:
Comparison of open versus bedside percutaneous dilatational tracheostomy in the cardiothoracic surgical patient: outcomes and financial analysis
Ann Thorac Surg 2005; 79:1879-85

VII Anhang

7.1 Abkürzungen

ANV	Akutes Nierenversagen
ARDS	Adult Respiratory Distress Syndrome
ARI	Akute Respiratorische Insuffizienz
BC	Bronchial-Carzinom
CBR	Ciaglia Blue Rhino™
COLD	Chronical Obstructive Lung Disease
ECLA	Extra-Corporal Lung Assist
EF	Ejektions-Fraktion
GI-Blutung	Gastro-Intestinal-Blutung
GWDF	Guide Wire Dilational Forceps (n. Griggs)
Hb	Hämoglobin-Konzentration
HE	Hysterektomie
IDDM	Insulinabhängiger Diabetes Mellitus
KHK	Koronare Herzkrankheit
MI	Mitralinsuffizienz
MODS	Multi Organ Dysfunction Syndrome
NIDDM	Nicht Insulinabhängiger Diabetes Mellitus
ORSA	Oxacillin-resistenter Staphylokokkus Aureus
pAVK	Periphere Arterielle Verschlusskrankheit
PCO ₂	Arterieller Kohlendioxid-Partialdruck
PDT	Perkutane Dilatationstracheotomie (synonym mit der ursprünglichen Multi-Dilatator-Methode nach Ciaglia)
PEEP	Positiv End-Expiratorischer Druck
PNP	Polyneuropathie
PTCA	Perkutane Coronare Angioplastie
PTW	PercuTwist™
SIRS	Septic Inflammatory Response Syndrome
SpO ₂	Pulsoxymetrisch gemessene arterielle Sauerstoffsättigung
TAA	Tachyarrhythmia Absoluta
TLT	Translaryngeale Dilatationstracheotomie nach Fantoni
VHF	Vorhofflimmern
VT	Ventrikuläre Tachykardie
VWI	Vorderwandinfarkt

7.2 Formelsammlung

Horowitz-Index (Quantitativer Meßwert der Oxygenierungsleistung der Lunge)

$$= \text{PaO}_2/\text{FiO}_2$$

7.3 Individuelle Patientenbeschreibung: Überleben

#	Alter	Diagnosen	Überleben
1	44	ARDS, Anastomoseninsuffizienz, Sepsis	nein
2	67	Obere GI-Blutung, Massivtransfusion, ARDS, SIRS, gallige Peritonitis, nekrotisierende Cholecystitis, B2-Magenresektion, C2-/Nikotinabusus, Hep A/B, COPD	nein
3	61	Colon-Ca, Ileus, C2-Abusus, ARI, ANV, Pseudomonas-Pneumonie, Pleuraergüsse, Pneumothorax, Leberfiliae, Kachexie, chron. Anämie, Gastritis	nein
4	60	Hashimoto-Thyreoiditis, Myxödem-Koma, ARI, Pneumonie, C ₂ -Abusus, PNP, Krampfanfall	ja
5	77	Bridenileus, Adhäsiolyse, Jejunum- + Ileum-Teilres. 2 x Re-Lap b. Dünndarmperf. u. 4-Q-Peritonitis, Z. n. Ov-Ca, HE, Omentektomie, Z. n. Mamma-Ca, Mastektomie, Z. n. Sigmars, COPD; KHK; TAA, Hypothyreose n. Hashimoto-Thyreoiditis.	ja
6	79	Mitralstenose, decomp. Herzinsuff., ARI, Pneumonie	nein
7	83	COLD, ARI, IDDM, Hypertonie, KHK, Nikotin-Abusus, Koma, PEJ,	ja
8	49	Pneumonie, ORSA, Hirnstammblutung, Tetraparese, art. Hypertonus, Nikotin-Abusus, PEG	ja
9	48	Ösophagus-Ca, Magenhochzug, Sepsis	ja
10	56	Choledochus-Ca, Whipple-OP, Lungenembolie, Rechts-herzversagen, ARI, Anastomosen-	ja

		insuff., Spül drainagebehandlung	
11	49	Pneumonie, COLD, prolong. Weaning	ja
12	56	dekomp. COLD, resp. Globalinsuff., Hypertonus	ja
13	54	BC, ARI, C2- + Nikotinabusus, Depression	ja
14	83	KHK, HWI, Rea bei VF, PTCA, RCA, EF 21%, rezidv. VT, ARI, COPD, Kebsiellen-Sepsis Hypoxischer Hirnschaden Komplikationen: Trachealblutungen bei Herpex-Tracheitis	ja
15	65	Kardiogen. Schock/Rea, DCM (EF 26%) intermitt. VHF, MI, NIDDM	ja
16	82	Pneumonie, ARDS, ANV, art. Hypertonie, KHK, AA/VHF, ECLA	nein
17	54	Polytrauma, Rippenserienfraktur, OS-Fraktur, MODS	ja
18	69	ARI, Lungenödem, Herzinsuff., COLD, Fettleber, Hypothyreose, Pneumonie, ANV, NIDDM, Hypokaliämie	ja
19	85	Ileus, MODS, Aspirationspneumonie, KHK, zerebraler Marklagerschaden	nein
20	54	Meningitis	ja
21	68	BC, Z.n. Bilobektomie, Candida-Infektion, Pilz-Pneumonie, Re-Tracheotomie, Narbe außen exzellent, innen minimaler Randwall, << 10% Lumeneinengung	ja
22	76	Atyp. Pneumonie, bronchopleurale Blutung n. endobronch. Punktion KHK, Z. n. VWI, COPD, DDD-PM Struma multinodosa	ja
23	73	Staph. aureus Sepsis, cerebrale Embolisation, cerebrale Einblutung, Colitis ulcerosa, ANV, TAA, Z. n. Ablatio mammae	nein
24	83	Resp. Globalinsuff., COPD, terminale NI, KHK, RCA-PTCA + Stent, DDD-PM, TAA, AV-Block II, Carotisstenose bds., Z. n. Colon-Ca, art. Hypertonie,	nein
25	62	Pneumonie, Status epilepticus, Multi-Infarkt-Hirn, Coma vigile, ARI,	ja

		TVT, chron. Schmerzsyndrom, art. Hypertonie, COPD, pAVK	
26	73	Ulcerblutung, gangränöse Cholezystitis, SIRS, ARI, NIDDM, Nachresektion, BII	nein
27	75	BC, Aspir. Pneumonie, Alkohol-Abusus, Hypertonie, Myokardinfarkt, blutendes Ulcus ventriculi, Leberzirrhose	nein
28	63	Anastomoseninsuff. n. Sigma-OP, Lupus erythematodes	nein
29	44	Tuboovarialabszess, Peritonitis, Sepsis, Relaparatomie, Lavage, Pneumonie, M. Down, subvalvuläre Aortenstenose,	ja
30	50	Whipple-OP, Anastomosen-Insuffizienz	ja
31	64	Pneumonie	ja

7.4 Ramsay Sedation Score

Score	Sedierungstiefe
0	wach, orientiert
1	ängstlich, unruhig, agitiert
2	wach, kooperativ, ruhig
3	Patient reagiert nur auf Kommandos
4	prompte Reaktion auf taktile und laute akustische Reize
5	träge Reaktion auf taktile oder laute akustische Reize
6	keine Reaktion

VIII Danksagung

Ich möchte folgenden Kollegen meinen herzlichen Dank aussprechen:

- Herrn Prof. Dr. med. Ernst G. Vester für die Betreuung und Korrektur meiner Arbeit
- Herrn Dr. med. Kai Magnusson für seine Unterstützung während des klinischen Teils der Studie und beim Erstellen der Statistik
- Herrn Dr. med. Ulrich Zaune für seine Unterstützung der klinischen Studie.

Mein Dank gilt auch all denen, die mir bei der Durchführung des klinischen Teils der Studie, der Formgebung und äußeren Gestaltung der Arbeit zur Seite standen.

Johannes Schiefner

Curriculum Vitae

Name Johannes Schiefner
geboren am 5. 4. 1957 in Dillenburg
Familienstand verheiratet mit Irma Schiefner, Dipl.-Biologin, Lehrerin
zwei Kinder, 17 und 14 Jahre alt
Konfession evangelisch

Schulbildung

1964 Hofgartenschule in Dillenburg
1967 Wilhelm-von Oranien-Gymnasium in Dillenburg
1976 Abitur

Zivildienst

1976 Rettungssanitäter beim DRK Dillenburg

Studium

1977 Studium der Humanmedizin an der Philipps-Universität Marburg
1980 Studium der Psychologie (Philipps-Universität Marburg)
1981 Gasthörer University of Minnesota, Minneapolis, USA
1982 Auslandsfamulatur University College Galway, Irland
1983 Praktisches Jahr am Universitätsklinikum Marburg, Wahlfach Psychosomatik

Berufliche Laufbahn

1985 Innere Abteilung, Vereinskrankenhaus Hann. Münden
1988 Anästhesie-Abteilung, Vereinskrankenhaus Hann. Münden
1988 Abteilung für Anästhesie und Intensivpflege,
Krankenhaus "Maria-Hilf" Krefeld.
1989 Klinik für Anaesthesiologie, operative Intensiv- und Schmerz-
therapie, Evangelisches Krankenhaus Düsseldorf
Zahlreiche Hospitationen und Fortbildungen, u. a. Herzzentrum
Kaiser-Wilhelm-Krankenhaus Duisburg, VUMC Amsterdam,
Erasmus Universität Rotterdam, Universität Tübingen

derzeitige Position Funktionsoberarzt der Klinik (s. 1997)
(verantwortlich tätig in den Bereichen anästhesiologische
Versorgung und Intensivmedizin)

Qualifikationen

1984 Staatsexamen
1992 Facharzt für Anästhesiologie
1993 Fachkunde Rettungsmedizin
1995 Spezielle anästhesiologische Intensivmedizin
2002 Diploma of the European Academy of Anaesthesiology (DEAA)
2006 Weiterbildung Notfallmedizin

Klinische Tätigkeit

- Gesamtspektrum der Allgemeinanästhesien, Balanced Anaesthesia, TIVA, verschiedene Methoden der Luftwegsicherung
- Alle gängigen rückenmarksnahen Regionalanästhesie-Verfahren
- Periphere Regionalverfahren: Plexus-axillaris Blockade, infraclaviculäre Plexusanästhesie n. Kilka, Femoralisblock, Ischiadicusblock, Scalenusblockade n. Meier, Fuß- u. Handblock, PWB, Caudalblock.
- Anwendung v. Regionalverfahren in der postop. Schmerztherapie
- Mitbetreuung der Schmerzzambulanz
- Geburtshilfliche Anästhesien (EVK: 2000 Geburten/Jahr)
- Pädiatrische Anästhesie
- Spezielle Kenntnisse für die Visceral-, Gefäß-, Thorax- u. Unfallchirurgie, Urologie, Orthopädie, pädiatrische Chirurgie, Gynäkologie u. Geburtshilfe u. HNO-Heilkunde
- Polytrauma-Versorgung, Schockraum-Management
- Organisationsleitung Notarztdienst im EVK
- Difficult Airway Management: Fastrach, Fiberoptische Intubation
- Differenzierte Beatmungsstrategien: BIPAP, HFV, Tracheal Gas Insufflation
- Kreislaufmonitoring u. -therapie bei Sepsis
- PiCCO-Monitoring (transcardiopulmonale Thermodilution) u. Swan-Ganz-Katheter
- CVVH und CVVHD
- Bronchoskopie
- Dilatationstracheotomie

Lehr- und Vortragstätigkeit

- freier Mitarbeiter bei der Arbeitsgemeinschaft Intensivmedizin als Dozent bei Einführungskursen zur Bronchoskopie im Rahmen der Intensivmedizin und bei Seminaren zur notärztlichen Weiterbildung.
- Unterricht für Pflegepersonal in Weiterbildung Anästhesie/Intensivmedizin
- Studentenunterricht für Studenten im Praktischen Jahr
- Regelmäßige Vorträge zum PiCCO-Monitoring
- Dozent des Basic Bronchoscopy Course, VUMC Amsterdam

Aktuelle Interessenschwerpunkte und Projekte

- Techniken der Dilatationstracheotomie
- Hämodynamisches Monitoring mittels transcardiopulmonaler Thermodilution
- Mitbegründung eines Arbeitskreises für pädiatrische Anästhesie am EVK Düsseldorf
- Periphere Regionalanästhesie
- Monitoring der Mikrozirkulation (NIRS, OPS)
- Airway Management, videolaryngoskopische Methoden

Veröffentlichungen

- "Manual Pädiatrische Anästhesie" 2001

Mitgliedschaften

- Bund Deutscher Anaesthesisten (BDA)
- Deutsche Gesellschaft für Anaesthesiologie und Intensivmedizin (DGAI)
- Arbeitsgemeinschaft Notärzte in Nordrhein-Westfalen (AGNW)

Außerklinische Tätigkeiten

- Notärztliche Tätigkeit in Krefeld, Bensberg und Düsseldorf
- Mitglied des Notarztberaterteams Düsseldorf
- Praxisvertretungen in verschiedenen ambulanten Operationszentren und Praxen des Rheinlands/Niederrhein

Sprachkenntnisse

- Englisch (fließend), Niederländisch, Französisch

Abstract

Perkutane Dilatationstracheotomie – ein Vergleich dreier Methoden: Ciaglia Blue Rhino, PercuTwist und Guidewire Dilation Forceps nach Griggs (GWDF)

Johannes Schiefner DEAA

Klinik für Anaesthesiologie, operative Intensiv- und Schmerztherapie, Evangelisches Krankenhaus Düsseldorf, Kirchfeldstr. 40, 40217 Düsseldorf

Einleitung: Im Gegensatz zur traditionellen chirurgischen Tracheotomie findet die Methode der perkutanen Dilatationstracheotomie (PDT) heute in verschiedenen Varianten eine zunehmende Verbreitung in der Intensivmedizin. Auf zwei Intensivstationen – einer kardiologischen und einer anästhesiologisch-chirurgischen -untersuchten wir vergleichend drei PDT-Verfahren in einer prospektiv-randomisierten Studie unter der Fragestellung von klinischer Praktikabilität, interventionellem Zeitaufwand und Sicherheit.

Methodik: Es wurden 31 Patienten (Alter 64 ± 13 Jahre) in die Studie eingeschlossen. Die PDT wurde in drei Gruppen durchgeführt: 10 Ciaglia Blue Rhino (Cook) – einer Variante der ersten klinisch erfolgreichen Methode von Ciaglia; 10 PercuTwist (Rüsch) – ein Verfahren, das sich einer hydrophil beschichteten Schraube bedient; und 11 GWDF unter Verwendung der von Griggs entwickelten Dilatations-Klemme. Verglichen wurden die Interventionsdauer, Oxygenierungsparameter, Blutverlust sowie peri- und postinterventionelle Komplikationen.

Ergebnisse: Ein signifikanter Unterschied fand sich bei der Interventionsdauer: Blue Rhino $5,9 \pm 3,7$ min und GWDF $3,3 \pm 1,65$ min gegenüber PercuTwist $11,7 \pm 9,35$ min ($p < 0,02$). Prä- und postinterventionelle Hb-Werte waren $10 \pm 1,8$ g/dl und $9,9 \pm 1,2$ g/dl in der Blue Rhino Gruppe; $10,4 \pm 1,8$ g/dl und $10,3 \pm 1,9$ g/dl in der PercuTwist Gruppe und $9,8 \pm 0,8$ g/dl und $9,57 \pm 1,4$ g/dl in der GWDF Gruppe (n.s.). Die Oxygenierung blieb früh post-interventionell in allen Gruppen weitgehend unverändert mit einer Tendenz zu besseren $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ -Werten in der GWDF Gruppe.

In drei Fällen wurde eine Knorpelspangenläsion beobachtet. Zwei PercuTwist Prozeduren zeitigten verfahrenstechnische Komplikationen mit Ausbildung einer prätrachealen Via falsa durch unzureichende Penetrationstiefe des PercuTwist-Bestecks und Dislokation des Führungsdrahts. Die endgültige Platzierung des Trachealtubus erforderte einen Verfahrenswechsel, wobei es in einem Fall zu einer transfusionspflichtigen Blutung kam. Es fanden sich keine relevanten Desaturationsepisoden, keine Tracheostoma-Infektionen während des nachfolgenden Intensivaufenthalts und keine anderen lebensbedrohlichen Ereignisse. Ein Übergang auf eine chirurgische Tracheotomie war in keinem Fall erforderlich. Die Gesamtmortalität betrug 35% (Gruppe Blue Rhino: 40%, PercuTwist: 20%, GWDF: 45%), kein Todesfall war interventionsassoziiert. 13 Patienten konnten permanent dekanüliert werden.

Schlußfolgerung: Die drei hier untersuchten Methoden sind in Bezug auf Praktikabilität und Sicherheit vergleichbar. Die PercuTwist Methode wies technische Limitationen vor allem bei Patienten mit einer großen tracheo-kutanen Distanz auf. Mit der Guidewire Dilation Forceps Methode nach Griggs wurden die kürzesten Interventionszeiten erzielt. Zum Aufdecken relevanter Qualitätsunterschiede, vor allem im Hinblick auf Langzeitschäden, sind weitere vergleichende Studien erforderlich.