

# Dilatative Tracheotomie: Strategien zur Verhinderung von Komplikationen

## Dilatation tracheostomy – Strategies aimed at preventing complications

J. Klasen<sup>1</sup>, A. Junger<sup>2</sup>, R. Röhrig<sup>2</sup>, B. Hartmann<sup>2</sup> und G. Hempelmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Abteilung Anästhesie und Intensivmedizin, Klinikum Kaufbeuren Ostallgäu (Chefarzt: Dr. J. Klasen)

<sup>2</sup> Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie und Palliativmedizin, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen (Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. G. Hempelmann)

► **Zusammenfassung:** Die dilatative Tracheotomie hat sich in den letzten Jahren zu einem Routineverfahren des Atemwegsmanagements bei langzeitbeatmeten Patienten auf vielen Intensivstationen entwickelt. Als einer der Pluspunkte der Technik gilt die Möglichkeit, die Tracheotomie bettseitig auf der Intensivstation durchführen zu können. Damit wird ein Transportrisiko für den kritisch Kranken ausgeschlossen, verbunden mit einer Kosteneinsparung im Personalbudget. Nach anfänglicher Euphorie zog die Technik auf Grund von schwerwiegenden Komplikationen einige Kritik auf sich. Dies scheint jedoch nicht gerechtfertigt, da in umfangreichen Studien die Gleichwertigkeit in Bezug auf das perioperative Risiko und die Überlegenheit in Bezug auf Langzeitkomplikationen nachgewiesen wurden. In dieser Arbeit werden klinisch gebräuchliche Strategien aufgezeigt, um mögliche Fallstricke zu erkennen und Komplikationen zu vermeiden.

► **Schlüsselwörter:** Tracheotomie – Risiko-management – Intensivpflege – Komplikationen.

► **Summary:** In recent years dilation tracheostomy has become a routine procedure for the airway management of critically ill patients on long-term ventilation in many ICUs. One of its advantages is that the tracheostomy can be performed at the patient's bedside on the intensive-care-unit, thus avoiding the risks of transporting a critically ill patient, while also relieving the staff-budget by reducing costs. The initial euphoria was followed by criticism of the technique triggered by severe complications. However, this appears unjustified, since comprehensive studies have revealed a balance between perioperative risk and the superiority of the technique in terms of long-term-complications. This overview presents commonly employed clinical strategies to enable pitfalls to be recognised and complications avoided.

► **Keywords:** Tracheostomy – Risk Management – Intensive Care – Complications.

## Einleitung

Bis vor wenigen Jahren stellte die chirurgische Tracheotomie den Standardzugang zu den Atemwegen langzeitbeatmeter Patienten dar. Die moderne Ära der perkutanen Tracheotomie wurde 1985 durch die Publikation von Ciaglia et al. [1] eingeleitet, in der die heute noch vielfach angewandte Methode der Punktion und stufenweisen Dilatation beschrieben wird. Mittlerweile hat sie sich als schonende Alternative auf den meisten Intensivstationen weitgehend durchgesetzt [2]. Neben den medizinischen und pflegerischen Indikationen für eine frühzeitige Tracheotomie bekommt das Verfahren mit der Einführung der Abrechnung nach Fallpauschalen (GR-DRG) auch einen gewichtigen wirtschaftlichen Aspekt. Die Durchführung einer Tracheotomie führt zu einer erheblichen Zunahme der Behandlungskosten und damit konsekutiv auch des Fallgewichtes [3]. Obwohl die dilatative Tracheotomie inzwischen allgemein als schonendes Verfahren akzeptiert ist, birgt sie dennoch gewisse Risiken, insbesondere geht ihre immer breitere Anwendung mit der Gefahr eines kritiklosen Einsatzes einher. Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über mögliche Komplikationen der dilatativen Tracheotomie zu geben und gleichzeitig Strategien darzulegen, um diese zu vermeiden. Nach der Erstbeschreibung der dilatativen Technik durch Ciaglia [1] und der modifizierten endoskopisch assistierten Technik, in der die Punktion unter bronchoskopischer Kontrolle stattfindet [4], haben sich eine Vielzahl an Variationen und Neuentwicklungen ergeben, die jedoch alle entweder mit den prinzipiell gleichen Risiken behaftet sind oder sich nicht auf breiter Front durchgesetzt haben. Daher wird in diesem Artikel nur auf die häufigste in Deutschland durchgeführte Methodik nach Ciaglia [5] und ihre Weiterentwicklungen (z.B. einstufige Dilatation [6]) Bezug genommen.

## Indikation

Bis zur Ära der Intensivmedizin, die in den skandinavischen Ländern mit der Notwendigkeit der Beatmung bei Polioepidemien begann, gab es nur eine Indikation zur Tracheotomie – die Stenose der ►

► oberen Atemwege [7]. Hierbei war es unerheblich, ob diese infektiöser Art (und damit reversibel) oder tumoröser Art (und damit meist irreversibel) war. Bei dieser Indikation wurde mangels weniger aufwendiger Alternativen die chirurgische Technik angewendet, die Jackson 1909 [8] beschrieben hat. Diese Technik wird auch heute noch im Wesentlichen unverändert durchgeführt. Mit Beginn der intensivmedizinischen Ära, die eine Beatmung von Patienten ohne lebensbedrohliche Komplikationen über einen Zeitraum von Monaten ermöglichte, hat sich die Indikation verändert [7]. Als vorteilhaft angesehen werden heute die verminderte Atemarbeit durch bessere Strömungsbedingungen, die erleichterte Bronchialtoilette, die Verhinderung von Kehlkopfschäden durch Vermeidung langfristiger translaryngealer Intubation sowie die Erleichterung der Entwöhnung von der Beatmung.

## Kontraindikationen

In den letzten Jahren hat sich eine Tendenz verfestigt, die Indikation zur dilatativen Tracheotomie auszuweiten. Gleichzeitig werden Probleme, die früher als absolute Kontraindikationen galten, heute weniger kritisch gesehen. Beispiele hierfür sind vor allem anatomische Besonderheiten (Struma, Halsdeformitäten) [9-11], die inzwischen kein Hindernis mehr darstellen. Auch ein Status nach Neck-Dissection oder Bestrahlung der Halsregion sowie ein Zustand nach vorangegangener Tracheotomie kann nicht von vornherein als Kontraindikation angesehen werden. Hier empfiehlt sich ein individuelles Vorgehen unter Nutzung der verschiedenen von der Industrie angebotenen Systeme. Bei einer eigenen Patientin wurden insgesamt 4 Tracheotomien dilatativ durchgeführt, ohne dass irgendwelche Komplikationen auftraten. Im Einzelfall kann es bei starker Narbenbildung im Punktionsbereich mit der konventionellen Ciaglia-Technik unmöglich sein, nach der Punktion der Trachea in typischer Weise die Punktionsstelle zu dilatieren. Für diese Fälle ist es aber durchaus möglich, alternativ das System nach Frova [12] (Dilatation mit Schraubgewinde) einzusetzen. Eine weitere Besonderheit, die früher im Allgemeinen als klare Kontraindikation gegen eine dilatative Tracheotomie galt, ist die Unmöglichkeit der konventionellen Reintubation. Verschiedentlich wurde die dilatative Tracheotomie bereits als Alternative bei einer unmöglichen konventionellen Intubation beschrieben [13]. Obwohl die dilatative Tracheotomie unter Notfallbedingungen eine Bereicherung der therapeutischen Möglichkeiten darstellt, gilt für die elektive Tracheotomie weiterhin, dass sie nur mit der

Möglichkeit der konventionellen Reintubation durchgeführt werden sollte [14].

Es existieren weiterhin mehrere Kontraindikationen, die strikte Beachtung finden sollten. Für die Ciaglia-Technik sind dies insbesondere jugendliches Alter [15], eine kritische Oxygenierungssituation [2], erhebliche Gerinnungsstörungen [2] sowie spezielle anatomische Verhältnisse (z.B. instabile Halswirbelsäule [16]). In allen übrigen Fällen sollte immer eine individuelle Abwägung erfolgen, die vor allem auch die Vertrautheit mit der Methodik berücksichtigt (Tab. 1).

Tab. 1: Indikationen und Kontraindikationen zur dilatativen Tracheotomie.

### dilatative Tracheotomie

Indikationen	Kontraindikationen
- verminderte Atemarbeit	- jugendliches Alter
- erleichterte Bronchialtoilette	- kritische Oxygenierung
- Verhinderung von Kehlkopfschäden	- erhebliche Gerinnungsstörungen
- erleichterte Entwöhnung von der Beatmung	- spezielle anatomische Verhältnisse

## Komplikationen

Die Diskussion über das Für und Wider einer chirurgischen oder perkutanen Technik ist nicht beendet. Insgesamt ist die Komplikationsrate bei beiden Techniken gering [17,18]. Allerdings scheinen nach der Meta-Analyse von Dulguerov et al. die perioperativen Komplikationen bei der perkutanen Technik höher zu sein [18]. Die langfristigen Komplikationen sind nach dieser Untersuchung eher in der Gruppe der chirurgischen Technik höher. Diese Ergebnisse sind nicht unwidersprochen geblieben, da in die Untersuchung sämtliche Studien Eingang fanden, die in irgendeiner Form Komplikationen bei einer der beiden Techniken beschrieben und somit natürlich ein erheblicher Fehler vorhanden sein dürfte, da keine systematische Erfassung durchgeführt wurde. Freeman et al. kamen dagegen in einer Metaanalyse von prospektiv randomisierten Studien zu dem Ergebnis, dass zwischen beiden Techniken kein signifikanter Unterschied in Bezug auf Morbidität und Mortalität besteht [17]. Insgesamt hat sich auch im HNO-ärztlichen und chirurgischen Bereich nach anfänglicher Zurückhaltung eine zunehmend positive Haltung entwickelt [11,19].

Dulguerov et al. [18] unterschieden die Komplikationen nach ihrer Schwere und dem Zeitpunkt ihres Auftretens. Danach kann nach folgender Einteilung unterschieden werden:

- schwere Komplikationen, die eine unmittelbare Lebensgefahr bedeuten: Kreislaufstillstand, Tod, Pneumothorax, Pneumomediastinum, tracheo- ►

- ▶ ösophageale Fistel, Mediastinitis mit Sepsis, Verletzung des Paries membranaceus, intratracheale Blutung, Kanülendislokation oder Verlegung der Trachealkanüle mit Hypoxie, Trachealatresie und Trachealstenose,
- mittelschwere Komplikationen, die eine Verschlechterung des klinischen Zustandes mit oder ohne Dauerfolgen bewirken: Anstieg des intrakraniellen Drucks, Sättigungsabfall, Verletzungen der Trachealspangen, Kanülendislokation, Umsteigen auf offene Technik, Aspiration, Pneumonie, Atelektase und
- leichtere Komplikationen, die ohne wesentliche Auswirkungen auf den Krankheitsverlauf bleiben: intraoperative äußere Blutung, postoperative äußere Nachblutung, temporäre Via falsa, Schwierigkeit der korrekten Positionierung des Tubus, subkutanes Emphysem, verzögerte Wundheilung, Keloid- und Narbenbildung, Infektionen (Tab. 2).

Im Folgenden werden die Komplikationen im Einzelnen beschrieben und Strategien zur ihrer Vermeidung aufgezeigt.

### Kreislaufstillstand, Tod

Ursächlich hierfür dürfte in allen Fällen eine Asphyxie sein. Zur Vermeidung einer letalen Komplikation sollte daher auf eine Tracheotomie bei Patienten in sehr kritischem Oxygenierungszustand verzichtet werden. Sofern der Sauerstoffbedarf vor der Tracheotomie größer als 70% ist, wird daher allgemein auch von einer dilatativen Tracheotomie abgeraten [20]. Unerlässlich ist es, die Sauerstoffsättigung zumindest für die Phase der Tracheotomie dauerhaft mit einem funktionsfähigen Monitoring zu überwachen, um bei kritischen Oxygenierungsstörungen umgehend einschreiten zu können. Außerdem sollte man mit der Einstellung des Respirators durch Erhöhung des Atemminutenvolumens der Möglichkeit einer passageren Atemwegsleckage Rechnung tragen. Weiterhin sollte für den Fall, dass ein Sättigungsabfall bei akzidenteller Extubation auftritt, die sofortige Möglichkeit zu translaryngealen Intubation bestehen, die für diese Fälle unverzichtbar ist. Für die Fälle, in denen auch dies versagt, sollte an die Möglichkeit der Einlage einer Larynxmaske gedacht werden [21]. Insgesamt erscheint es wesentlich, dass die Oxygenierungssituation permanent kontrolliert wird und dass, sollten Probleme beim Wechsel von Tubus auf Trachealkanüle auftreten, eine umgehende Wiederherstellung sicherer Atemwege gewährleistet werden kann. Dies ist auch ein Grund dafür, dass Patienten,

die sich konventionell nicht translaryngeal intubieren lassen, keiner elektiven dilatativen Tracheotomie unterzogen werden sollten [14,22].

### Pneumothorax, Pneumomediastinum, tracheoösophageale Fistel, Verletzung des Paries membranaceus, Mediastinitis, Sepsis

Diesen Komplikationen der Tracheotomie liegt ein identischer Schädigungsmechanismus zu Grunde: die Verletzung der Trachea mit Perforation in eine der umliegenden anatomischen Strukturen. Für den Pneumothorax und das Pneumomediastinum gilt, dass deren Auftreten keinesfalls auf die dilatative Technik beschränkt ist [23]. Insgesamt handelt es sich um ein sehr seltenes Ereignis, das wohl in weit unter 1% der Fälle nach dilatativer Tracheotomie auftritt. Inzwischen wird sogar diskutiert, ob eine Röntgenaufnahme des Thorax in jedem Fall nach der Prozedur zwingend vorgeschrieben werden sollte [24]. In jedem Fall sollte aber beim geringsten Zweifel über die Position der neu eingelegten Trachealkanüle im Anschluss an die obligate fiberoptische Kontrolle eine Röntgenaufnahme des Thorax erfolgen. Ein möglicher Fallstrick ist die Benutzung einer gefensterter Trachealkanüle, die über eine obere Öffnung zu einer Luftinsufflation in die Halsweichteile führen kann. Daher wird von der Benutzung des Kanülentyps unmittelbar nach Tracheotomie abgeraten [25]. Strategien zur Vermeidung der Komplikation bestehen aus allgemeinen Empfehlungen wie schonendem Vorgehen bei optimierter Lagerung sowie speziellen Techniken. Zur Lagerung für die Tracheotomie ist zu fordern, dass der Patient mit maximal überstrecktem Kopf (sofern von Seiten des Hirndrucks möglich) zu lagern ist mit leicht erhöhtem Oberkörper, um den Zugang zu erleichtern und die Gefahr einer Regurgitation zu vermindern. Weiterhin ist eine bronchoskopische Untersuchung zur Verifizierung der Kanülenlage [26] als obligat zu betrachten. Nach Kanüleneinlage sollte immer neben der bronchoskopischen Kontrolle auch eine klinische Untersuchung durch Inspektion, Auskultation und Kontrolle der Beatmungsparameter durchgeführt werden. Ein Sonderfall, der bei der konventionellen Tracheotomie praktisch unbekannt war [27], ist die Verletzung des Paries membranaceus der Trachea. Die Komplikation ist außerordentlich gravierend, da es sich um ein schwer behandelbares (z.B. durch Lappenplastik [27]) und wegen der Gefahr der Mediastinitis um ein vital gefährdendes Problem handelt [28]. Die Inzidenz der Komplikation ist so gering, dass sie meist nicht als eigenständige Komplikation erwähnt wird. Lediglich in einer Publikation aus dem Jahr 2000 wird für diese Komplikation eine ▶

Tab. 2: Komplikationen, deren mögliche Ursachen und Strategien zur Vermeidung.

Komplikationen	Ursachen	Vorgehen
<b>schwer: unmittelbare Lebensgefahr</b>		
Kreislaufstillstand und Tod	Asphyxie	<ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Tracheotomie bei kritischer Oxygenierung</li> <li>– Monitoring der Sauerstoffsättigung</li> <li>– Änderung der Beatmungsparameter</li> <li>– Intubationsbereitschaft (konventionelle translaryngeale Intubation oder Larynxmaske)</li> </ul>
Pneumothorax, Pneumomediastinum, tracheo-ösophageale Fistel, Verletzung des Paries membranaceus, Mediastinitis, Sepsis	Verletzung der Trachea mit Perforation in einer der umliegenden anatomischen Strukturen	– optimale Lagerung
Intratracheale Blutung	Verletzung meist großer venöser Gefäße	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sorgfältige Vorbereitung</li> <li>– optimale Lagerung</li> <li>– schonende Technik</li> <li>– Halssonographie</li> </ul>
Kanüendislokation oder Verlegung der Trachealkanüle mit Hypoxie	Arosion des Truncus brachiocephalicus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mobilisation der Trachealkanüle unter Intubationsbereitschaft</li> <li>– Kanülenwechsel frühestens nach 5-7 Tage</li> <li>– Kanülenwechsel mit Einführhilfen und Intubationsbereitschaft</li> <li>– Absaugung von Sekret</li> </ul>
Trachealatresie und Trachealstenose	Verletzung der Trachealspangen	– Punktion unter fiberoptischer Kontrolle strikt zwischen zwei Trachealspangen
	mehrfache Re-Tracheotomien	– Diaphanoskopie
	Infektion	– mehrfach tägliche Kontrolle des Cuffdrucks
<b>mittelschwer: Verschlechterung des klinischen Zustandes mit oder ohne Dauerfolgen</b>		
Anstieg des intrakraniellen Drucks	Lagerung mit überstrecktem Kopf	– keine Tracheotomie bei labilem Hirndruck
	Hypoventilation mit Hypercarbie	– Änderung der Beatmungsparameter
Umsteigen auf offene Technik		– realistische Einschätzung der eigenen Fähigkeiten
Aspiration, Pneumonie, Atelektase	Mikroaspiration von Sekreten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Tracheotomie bei Infekten, Fieber und besiedeltem Bronchialsystem</li> <li>– ausgedehnte Mundpflege vor der Tracheotomie</li> </ul>
	Behinderung des Schluckaktes	
<b>leicht: ohne wesentliche Auswirkungen auf den Krankheitsverlauf</b>		
verzögerte Wundheilung, Kelloid- und Narbenbildung		– schonende Präparation
intraoperative und postoperative äußere (Nach-)blutung		
temporäre Via falsa, Schwierigkeit der korrekten Positionierung des Tubus, subkutanes Emphysem, Infektionen		

► Inzidenz von 12,5% (3 von 24 Patienten) angegeben, die in allen Fällen zu einem Spannungspneumothorax führte [29]. Die Genese der Verletzung ist nicht eindeutig. Während in Fallberichten davon gesprochen wird, dass die Verletzung unmittelbar bei der Punktion aufgetreten sei [27], konnten Trottier et al. [29] im Schweineversuch zeigen, dass es auch durch unsachgemäße Handhabung des Tracheotomie-Sets möglich ist (unbemerkte Fehllage des Seldinger-Drahtes bei Durchführung ohne bronchoskopische Kontrolle, unkritisch hoher Kraftaufwand bei der Einführung der Dilatoren), eine solche Verletzung herbeizuführen. So ist möglicherweise auch die exorbitant hohe Inzidenz der Komplikation in dieser Untersuchung zu erklären. Bei sachgemäßer Handhabung des Tracheotomie-Sets ist die Annahme, dass erst durch das Einführen der Trachealkanüle ein solches Trauma gesetzt wird, wesentlich schlüssiger. Es ist schwer vorstellbar, dass eine punktförmige Läsion in der Trachealrückwand, die in einem Bereich liegt, in dem die Schleimhaut nicht durch Druck beeinträchtigt wird, als Ursache für einen klinisch relevanten Einriss der Trachealhinterwand ursächlich sein könnte. Demgegenüber ist eher anzunehmen, dass beim Einführen der Trachealkanüle, welches sich der bronchoskopischen Sicht häufig entzieht, ein Kalibersprung zwischen Einführhilfe und Trachealkanüle die Verletzung begünstigen könnte. Zur Vermeidung des Problems sollte deshalb genau darauf geachtet werden, dass Einführhilfe und Trachealkanüle Übergangslos aufeinander passen. Auch scheint eine konische Form der Trachealkanülspitze eher geeignet, diese Komplikation zu vermeiden. Im Zweifelsfall kann auch eine flexible Endoskopie des Larynx und der oberen Trachea (im Anschluss an die bronchoskopische Kontrolle der Kanülenlage) aufschlussreich sein.

### **Kanülendislokation, Verlegung der Trachealkanüle**

Von den meisten Autoren wird übereinstimmend darauf hingewiesen, dass nach Anlage einer dilatativen Tracheotomie der Trachealkanülen-Wechsel im Einzelfall sehr schwierig sein kann [14,26]. Aus diesem Grunde wird empfohlen, den Wechsel der Trachealkanüle erst nach 5 bis 7 Tagen elektiv durchzuführen. Um hierbei Komplikationen zu vermeiden, ist es selbstverständlich, dass dies unter optimaler Präoxygenierung zu erfolgen hat. Weiterhin ist es unerlässlich, dass neben einer Möglichkeit zur Absaugung von Sekreten sowohl eine Einführhilfe und ein Spekulum als auch ein Tubus mit Laryngoskop zur sofortigen translaryngealen Intubation bei Problemen greifbar sein müssen. Auch hier kann bei

Problemen eine Larynxmaske von großem Nutzen sein [21]. Wesentlich ist auch, dass auf eine adäquate Lagerung (Hals überstreckt) geachtet wird sowie auf eine größtmögliche Kooperationsfähigkeit des Patienten. Sofern dies möglich ist, sollte die Maßnahme beim wachen Patienten in Spontanatmung durchgeführt werden, um bei Problemen mit der Neupositionierung der Trachealkanüle auf eine vergrößerte Toleranz rechnen zu können. Demgegenüber kann bei einem Patienten ohne Spontanatmung bei möglicherweise problematischer Einführung der Trachealkanüle eine Sedierung und Relaxierung vorteilhaft sein, um unwillkürliches Husten beim Wechsel zu vermeiden. Weiterhin kann der Einsatz einer Umintubationshilfe von Nutzen sein.

Ein zentraler Kritikpunkt bei der Behandlung aller hypoxischen Zustände ist (z.B. unmögliche Intubation bei Sectio), dass viel Zeit bei dem Versuch verloren geht, an der Durchführung der ursprünglich geplanten Maßnahme festzuhalten. Es sollte also stets eine alternative Vorgehensweise geplant sein. Für den Wechsel der Trachealkanüle ist dies die translaryngeale Intubation, die bei drohender Hypoxie sofort durchgeführt werden sollte.

### **Trachealatresie, Trachealstenosen**

Da die erworbene Trachealatresie wohl am ehesten als schwerste Ausprägung einer Trachealstenose zu verstehen ist, werden beide Probleme gemeinsam abgehandelt. Zur Trachealatresie existiert lediglich ein Fallbericht [30], wohingegen Trachealstenosen sowohl nach chirurgischer als auch nach dilatativer Tracheotomie beschrieben sind [31,32]. Als Risikofaktoren, die eine Trachealatresie begünstigen, werden eine Infektion, Verletzung der Trachealspangen und mehrfache Re-Tracheotomien diskutiert [30,33]. Demgegenüber wird die Häufigkeit von schwerwiegenden Trachealstenosen nach unkomplizierter dilatativer Tracheotomie unterschiedlich angegeben. Während Law et al. [34], van Heurn et al. [35] und Bartels et al. [36] lediglich minder schwere Trachealstenosen (maximal 25-50% ohne klinische Symptomatik) beobachteten, die allesamt ohne klinische Auswirkung blieben, wiesen Koitschev et al. darauf hin, dass die Inzidenz dieser Komplikation doch höher sein könnte, als ursprünglich vermutet [37]. Bemerkenswert an dieser Fallserie ist, dass in allen Fällen die Stenosen oberhalb der Blockung der Trachealkanüle nachgewiesen wurden, weshalb die Autoren auch einen Schädigungsmechanismus, der nicht durch den Druck des Cuffs bedingt ist, sondern von der eigentlichen Dilatation stammt (z.B. Granulationsgewebe), vermuten. Im Fall einer Patientin der eigenen Intensivstation kam es zu einer so erheb-

► lichen Bildung von Granulationsgewebe, dass eine Lasertherapie des betroffenen Areals durchgeführt werden musste, um eine ausreichende Freiheit der Atemwege ohne Stridor zu erreichen (Abb. 1).

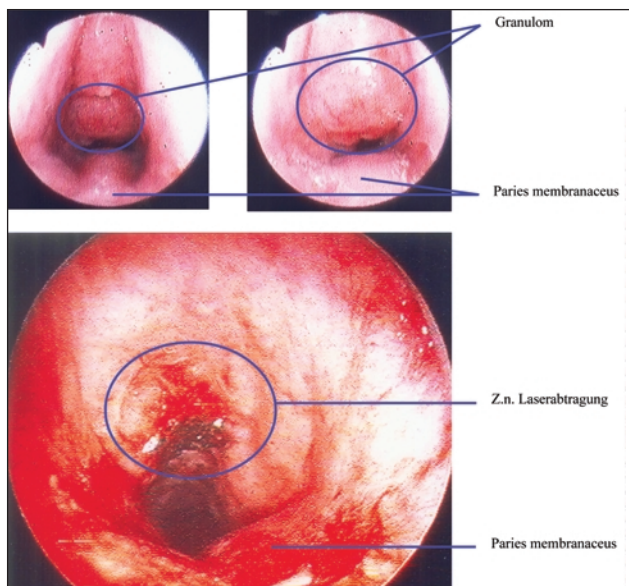


Abb. 1: Endoskopische Darstellung eines Granuloms mit erheblicher lumeneinengender Wirkung nach dilatativer Tracheotomie. Durch endoskopische Laserbehandlung konnte eine fast vollständige Wiederherstellung erreicht werden. (Für die Überlassung der Bilder danken wir ganz herzlich Herrn Dr. med. E. Grimm, Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie und Palliativmedizin, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen).

Die Punktion hat unter bronchoskopischer Kontrolle strikt zwischen zwei Trachealspangen zu erfolgen, um die Fraktur einer Trachealspange mit konsekutiver Narbenbildung zu vermeiden. Allerdings scheint die Fraktur einer Trachealspange auch bei erfahrenen Anwendern mit einer Inzidenz von 23,5% nicht gering [26,38]. Offensichtlich führt aber nur ein Bruchteil dieser Frakturen zu einer späteren Trachealstenose. Hilfreich kann die Diaphanoskopie sein, die bei günstigen anatomischen Verhältnissen den Verlauf der Trachealspangen erkennen lässt.

Demgegenüber stellt die Trachealstenose im Bereich der Blockung des Cuffs eine Komplikation dar, die auch bei orotrachealer Intubation und konventioneller Tracheotomie auftritt. Hier dürfte zur Vermeidung eine strikte mehrfach tägliche Kontrolle des Cuffdrucks den größten Nutzen versprechen.

#### Intraoperative Blutung, intratracheale Blutung

Im Rahmen der dilatativen Tracheotomie kann es sowohl zu frühen als auch zu späten Blutungen, die u.U. erst nach mehreren Tagen auftreten, kommen. Insgesamt wird die Inzidenz sehr unterschiedlich angegeben. Während Ciaglia et al. [1,31] keinen

Patienten mit einer relevanten Blutung therapieren mussten, kamen andere Autoren auf Blutungsraten von bis zu 10 % [39,40]. Als Quelle für die frühe Blutung kommt meist ein leicht zu versorgendes venöses Gefäß (z.B. bei Struma) in Frage. Daher kann die frühe Blutung in den meisten Fällen durch eine sorgfältige Vorbereitung, optimale Lagerung und schonende Technik vermieden werden. Für eine optimale Vorbereitung sollte auch zur Identifikation von potentiellen Blutungsquellen an die Möglichkeit der Halssonographie vor Beginn der Tracheotomiemaßnahmen gedacht werden. Durch eine sorgfältige stumpfe Präparation bis auf die Trachea vor der Punktion kann ebenfalls das Risiko weiter vermindert werden. Dies steht zwar im Gegensatz zur Empfehlung der Hersteller, die eine Punktion durch die intakte Haut vorschlagen, bietet aber den Vorteil, dass eine Blutstillung unter Sicht erfolgen kann und somit mehr Aussicht auf Erfolg hat. Demgegenüber könnte die Präparation auf die Trachea nach erfolgter Punktion zu einer besseren Gewebekompression durch eine geringere Traumatisierung führen. In unserer Klinik wird routinemäßig die Trachea vor der Punktion präpariert.

Obwohl es keine Untersuchungen gibt, die systematisch die hämostaseologischen Grenzwerte für eine Dilatationstracheotomie untersucht haben, hat sich mit zunehmender Erfahrung mit der Methodik eine weniger kritische Sicht hinsichtlich des Blutungsrisikos durchgesetzt. Als allgemeine Grenzwerte für die Durchführung von operativen Eingriffen existieren die Leitlinien der Bundesärztekammer ([www.bundesaerztekammer.de/30/Richtlinien/Leitidx/Blutkomponentenpdf.pdf](http://www.bundesaerztekammer.de/30/Richtlinien/Leitidx/Blutkomponentenpdf.pdf)), welche eine Thrombozytenzahl von mindestens 50/nl bei Eingriffen mit einem nennenswerten Blutungsrisiko vorschlagen. Ebenfalls nach den Leitlinien der Bundesärztekammer wird für die plasmatische Gerinnung ein Grenzwert von 60-80% (TPZ; entsprechend einer INR von 1,2 bis 1,4) für größere Operationen vorgeschlagen. Das Risiko einer behandlungsbedürftigen Blutung ist nach unseren Erfahrungen jedoch auch bei viel niedrigeren Thrombozytenzahlen (30/nl) und auch bei mäßig gestörter plasmatischer Gerinnung außerordentlich gering (TPZ 50%, PTT 50 Sekunden), ohne dass dies bisher auf einer gesicherten wissenschaftlichen Grundlage steht.

Sehr viel kritischer sind die späteren Blutungen zu sehen, insbesondere wenn sie nach intratracheal auslaufen. Hier kann die Arrosion eines großen Gefäßes (z. B. Truncus brachiocephalicus) ursächlich sein, was zu schwer beherrschbaren Blutungen führen kann [26,41]. Daher sollte in solchen Fällen nur dann eine Mobilisation der Trachealkanüle erfolgen, wenn zuvor eine Alternative zur Atemwegs- ►

- ▶ Sicherung (z.B. translaryngeale Intubation) etabliert wurde.

### Anstieg des intrakraniellen Drucks

In mehreren Untersuchungen wurde der Frage nachgegangen, ob eine dilatative Tracheotomie für Patienten mit erhöhtem intrakraniellen Druck ein zusätzliches Risiko darstellt [42-46]. In den meisten Untersuchungen konnte ein Anstieg des intrakraniellen Drucks auch auf Werte über 20 mmHg, häufig in Kombination mit einer Hypercarbie, gefunden werden. Über den klinischen Stellenwert dieser Befunde in Bezug auf das Langzeitergebnis gibt es allerdings keine aussagekräftigen Untersuchungen. Es kommen verschiedene ursächliche Mechanismen in Frage. An erster Stelle ist die Lagerung mit überstrecktem Kopf zu nennen, die in diesen speziellen Fällen adaptiert an den ICP erfolgen sollte. Kopfhochlagerung ist bei diesen Patienten immer von Vorteil. Weiterhin führt die Einführung des Bronchoskops zu einer Verkleinerung des Tubusquerschnitts, was zu einem Anstieg des Atemwegswiderstands mit konsekutiver Hypoventilation bei druckkontrollierter Beatmung führen kann. Zusätzlich kommt es bei jeder Tracheotomie immer zu einer Phase der Apnoe beim Wechsel von Tubus auf Trachealkanüle, was zu einer weiteren Steigerung des ICP führen kann.

Die dilatative Tracheotomie von Patienten mit erhöhtem Hirndruck ist nur dann als kontraindiziert anzusehen, wenn der Hirndruck sehr labil ist und zu exzessiven Steigerungen neigt. In der Regel wird man dies bei Patienten innerhalb der ersten 7 Tage nach Trauma finden, so dass in dieser Phase eine erhöhte Vorsicht geboten ist. Hier kann ein kurzer Belastungstest (z.B. Flachlagerung) Klarheit erbringen, so dass im Zweifel der Eingriff verschoben werden sollte. Weiterhin sollte die Tracheotomie immer in Oberkörperhochlagerung erfolgen, und die Phase der Hypoventilation oder Apnoe sollte so kurz wie möglich sein. Zur Vermeidung der Hypoventilation sollte außerdem bei einer druckkontrollierten Beatmung eine frühzeitige Erhöhung des inspiratorischen Druckniveaus erfolgen oder die Umstellung auf einen volumenkontrollierten, druckbegrenzten Modus.

### Umsteigen auf offene Technik

Allen endoskopisch assistierten Verfahren ist gemeinsam, dass in einem nennenswerten Prozentsatz auf offene Verfahren umgestiegen werden muss [47]. Auch für die dilatative, bronchoskopisch assistierte Tracheotomie gilt dies [26]. Es scheint sich hierbei um ein Problem zu handeln, das in starkem Maße von der Erfahrung des Operateurs und von der Vertrautheit mit der Methode abhängt. Letztlich scheint die Inzidenz nach Erreichen einer Lernkurve so

gering zu sein, dass in aktuellen Publikationen dieses Problem nicht mehr gesondert behandelt wird [14,48]. Als Maßnahme zur Verhinderung dieser Komplikation kann lediglich eine realistische Einschätzung der eigenen Möglichkeiten gelten, die dazu führen sollte, dass Punktionstracheotomien unter schwierigen Bedingungen dem besonders Erfahrenen vorbehalten bleiben. In jedem Fall sollte eine mögliche Strategie für Komplikationen vorhanden sein, die die Option einer chirurgischen Revision bei Blutung oder unmöglicher Punktion einschließt. Bis zur endgültigen Versorgung muss das Augenmerk auf der Aufrechterhaltung der Oxygenierung liegen, was in den meisten Fällen leicht durch erneutes Platzieren des zurückgezogenen Trachealtubus möglich ist.

### Aspiration, Pneumonie, Atelektase

In einer umfangreichen Analyse mittels logistischer Regression konnten Kollef et al. [49] nachweisen, dass das Vorhandensein einer Tracheotomie mit der Entwicklung einer Respirator-assoziierten Pneumonie korreliert. Diese Ergebnisse wurden auch von anderen Autoren bestätigt [50]. Ob es sich hier um einen kausalen Zusammenhang handelt, ist bisher nicht geklärt [51]. Als mögliche Ursachen einer neu aufgetretenen Pneumonie nach Tracheotomie wären verschiedene Mechanismen denkbar. Eine wesentliche Ursache könnte in der Mikroaspiration von Sekreten aus dem Nasen-Rachen-Raum während der Tracheotomie in das Bronchialsystem sein [52]. Eine weitere Möglichkeit wäre eine Behinderung des Schluckaktes bei tracheotomierten, aber wachen Patienten [53]. Ob bezüglich dieser Komplikation ein Unterschied zwischen der chirurgischen und der dilatativen Tracheotomie besteht, ist vollkommen unklar, da entsprechende prospektive Studien nicht existieren.

Auch der Zusammenhang postoperativer Atelektasen mit einer Tracheotomie ist unklar. In einer der wenigen randomisierten Studien, die die offene und die dilatative Tracheotomie miteinander verglichen [54], wurde jedoch kein Unterschied in der Häufigkeit von Atelektasen gefunden. In der Literatur wird sogar als mögliche Therapie bei rezidivierenden Atelektasen eine Tracheotomie empfohlen [55].

In jedem Fall scheint es zur Verhinderung einer Pneumonie und anderer infektiöser Komplikationen ratsam, bei Vorhandensein eines stark bakteriell besiedelten Bronchialsystems oder bei Fieber eine elektive Tracheotomie zu verschieben, bis sich die Infektion gebessert hat [52]. Weiterhin ist es von Vorteil, vor der Tracheotomie eine ausgedehnte Mundpflege mit Reduktion der Keimzahl im Rachenbereich durchzuführen, um die Wahrscheinlichkeit der ▶

- ▶ Mikroaspiration von infiziertem Sekret zu vermindern. Dass ein steriles Vorgehen für diese Operation zu erfolgen hat, das den gleichen Kriterien unterliegt wie im Operationssaal, versteht sich von selbst.

### Verzögerte Wundheilung, Keloid- und Narbenbildung

Einer der wesentlichen Vorteile der dilatativen gegenüber der offenen Tracheotomie scheint in einer besseren Heilungstendenz mit geringerer Narbenbildung zu liegen. Im Langzeitergebnis sind die Narben kleiner, und es hat auch den Anschein, dass Keloidbildung seltener zu beobachten ist [56]. Die Inzidenz störender Narbenbildungen nach dilatativen Tracheotomien wird in der Literatur mit unter 1 bis maximal 6% angegeben [57,58]. Insgesamt handelt es sich also um kein klinisch relevantes Problem. Außer einem schonenden Vorgehen bei der Präparation können daher spezifische Maßnahmen zur Reduktion der bereits geringen Komplikationsrate nicht empfohlen werden.

Auch in Bezug auf die Geschwindigkeit der Wundheilung gilt die dilatative Tracheotomie derzeit als Goldstandard [14,59,60]. Die Inzidenz von Stomafektionen und gestörter Wundheilung wird mit allenfalls 5% angegeben, was gegenüber der chirurgischen Technik eine erhebliche Reduktion bedeutet [17,61]. Lediglich in einer kleineren Untersuchung an herzchirurgischen Patienten wurde eine Inzidenz von 35% gefunden [62], was im Lichte der sonst übereinstimmend publizierten Ergebnisse nicht nachvollziehbar ist. Auch hierbei handelt es sich also um kein klinisch relevantes Problem. Zur weiteren Verminderung der Rate an Infektionen kommen daher nur allgemeine Maßnahmen wie der Verzicht auf die Tracheotomie bei floriden bronchialen Infektionen oder bei Fieber in Betracht.

### Zusammenfassung

Insgesamt hat sich die dilatative Tracheotomie in der Intensivmedizin zu einem unverzichtbaren Instrument der Versorgung von langzeitbeatmeten Patienten entwickelt. Bei schonender Vorgehensweise und Beachtung der hier aufgeführten Fallstricke ist die Rate an Komplikationen sehr gering. Die Technik der dilatativen Tracheotomie ist der chirurgischen Tracheotomie in Bezug auf perioperative, aber auch auf Langzeitkomplikationen zumindest gleichwertig, wenn nicht überlegen.

#### Literatur

1. Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilatational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest* 1985; 87:715-719.
2. Ernst A, Critchlow J. Percutaneous tracheostomy - special considerations. *Clin Chest Med* 2003; 24:409-412.

3. Scrutinizing data helps team target high-cost DRGs, improve costly tracheostomy care. *Data Strateg Benchmarks* 1997; 1:59-62.
4. Paul A, Marelli D, Chiu RC, Vestweber KH, Mulder DS. Percutaneous endoscopic tracheostomy. *Ann Thorac Surg* 1989; 47:314-315.
5. Bause H, Prause A. Stellenwert und Komplikationen der minimalinvasiven perkutanen Tracheotomieverfahren. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1999; 34:659-664.
6. Byhahn C, Lischke V, Halbig S, Scheifler G, Westphal K. Ciaglia Blue Rhino: Ein weiterentwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheotomie. *Technik und erste klinische Ergebnisse. Anaesthesist* 2000; 49:202-206.
7. Goldenberg D, Golz A, Netzer A, Joachims HZ. Tracheotomy: changing indications and a review of 1,130 cases. *J Otolaryngol* 2002; 31:211-215.
8. Jackson C. Tracheotomy. *Laryngoscope* 1909; 19:285-287.
9. Sustic A, Krstulovic B, Eskinja N, Zelic M, Ledic D, Turina D. Surgical tracheostomy versus percutaneous dilational tracheostomy in patients with anterior cervical spine fixation: preliminary report. *Spine* 2002; 27:1942-1945.
10. Massick DD, Powell DM, Price PD, Chang SL, Squires G, Forrest LA, et al. Quantification of the learning curve for percutaneous dilational tracheostomy. *Laryngoscope* 2000; 110:222-228.
11. Kearney PA, Griffen MM, Ochoa JB, Boulanger BR, Tseui BJ, Mentzer RM Jr. A single-center 8-year experience with percutaneous dilational tracheostomy. *Ann Surg* 2000; 231:701-709.
12. Frova G, Quintel M. A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilation. A preliminary report. *Intensive Care Med* 2002; 28:299-303.
13. Cook TM, Taylor M, McKinstry C, Laver SR, Nolan JP. Use of the ProSeal Laryngeal Mask Airway to initiate ventilation during intensive care and subsequent percutaneous tracheostomy. *Anesth Analg* 2003; 97:848-850.
14. Walz MK. Die Tracheostomie. Indikationen, Methoden, Risiken. *Anaesthesist* 2002; 51:123-133.
15. Holdgaard HO, Pedersen J, Jensen RH, Outzen KE, Midtgaard T, Johansen LV, et al. Percutaneous dilational tracheostomy versus conventional surgical tracheostomy. A clinical randomised study. *Acta Anaesthesiol Scand* 1998; 42:545-550.
16. van Natta TL, Morris JA Jr, Eddy VA, Nunn CR, Rutherford EJ, Neuzil D, et al. Elective bedside surgery in critically injured patients is safe and cost-effective. *Ann Surg* 1998; 227:618-624.
17. 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; 118:1412-1418.
18. Dulguerov P, Gysin C, Perneger TV, Chevrolet JC. Percutaneous or surgical tracheostomy: a meta-analysis. *Crit Care Med* 1999; 27:1617-1625.
19. Blankenship DR, Gourin CG, Davis WB, Blanchard AR, Seybt MW, Terris DJ. Percutaneous tracheostomy: don't beat them, join them. *Laryngoscope* 2004; 114:1517-1521.
20. Westphal K, Byhahn C, Lischke V. Die Tracheotomie in der Intensivmedizin. *Anaesthesist* 1999; 48:142-156.
21. Cook TM, Taylor M, McKinstry C, Laver SR, Nolan JP. Use of the ProSeal Laryngeal Mask Airway to initiate ventilation during intensive care and subsequent percutaneous tracheostomy. *Anesth Analg* 2003; 97:848-850.
22. Deitmer T, Delank KW. Kritische Anmerkungen aus HNO-ärztlicher Sicht zur perkutanen dilatativen Tracheostomie nach Ciaglia. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1995; 30:501-503.
23. Smith DK, Grillone GA, Fuleihan N. Use of postoperative chest x-ray after elective adult tracheotomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1999; 120:848-851.
24. Datta D, Onyirimba F, McNamee MJ. The utility of chest radiographs following percutaneous dilational tracheostomy. *Chest* 2003; 123:1603-1606.
25. Fikkers BG, van Veen JA, Kooloos JG, Pickkers P, van den Hoogen FJ, Hillen B, et al. Emphysema and pneumothorax after percutaneous tracheostomy: case reports and an anatomic study. *Chest* 2004; 125:1805-1814. ▶

- **26. Koitschev A, Paasch S, Plinkert PK.** Die perkutane Dilatationstracheotomie nach Ciaglia unter endoskopischer Kontrolle. Analyse von komplikationsträchtigen Schritten. *HNO* 1998; 46:678-683.
- 27. Dost P, Thurauf N, Armbruster W, Schoch B, Zulke M, Fischer M.** Perforation of the posterior tracheal wall during percutaneous dilatational tracheotomy. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 2000; 62:167-169.
- 28. Berrouschof J, Oeken J, Steiniger L, Schneider D.** Perioperative complications of percutaneous dilatational tracheotomy. *Laryngoscope* 1997; 107:1538-1544.
- 29. Trottier SJ, Hazard PB, Sakabu SA, Levine JH, Troop BR, Thompson JA, et al.** Posterior tracheal wall perforation during percutaneous dilatational tracheostomy: an investigation into its mechanism and prevention. *Chest* 1999; 115:1383-1389.
- 30. Klussmann JP, Brochhagen HG, Sittel C, Eckel HE, Wassermann K.** Atresia of the trachea following repeated percutaneous dilatational tracheotomy. *Chest* 2001; 119:961-964.
- 31. Ciaglia P, Graniero KD.** Percutaneous dilatational tracheostomy. Results and long-term follow-up. *Chest* 1992; 101:464-467.
- 32. Murphy DA, MacLean LD, Dobell AR.** Tracheal stenosis as a complication of tracheostomy. *Ann Thorac Surg* 1966; 2:44-51.
- 33. Probst G, Dubiel S, Deitmer T.** Die knorpelhaltende interkartilaginäre Visiertracheotomie. Mitteilung erster Erfahrungen mit einem alternativen, schonenden, konservativen Operationsverfahren. *Laryngorhinootologie* 2004; 83:461-465.
- 34. Law RC, Carney AS, Manara AR.** Long-term outcome after percutaneous dilatational tracheostomy. Endoscopic and spirometry findings. *Anaesthesia* 1997; 52:51-56.
- 35. van Heurn LW, Goei R, de Ploeg I, Ramsay G, Brink PR.** Late complications of percutaneous dilatational tracheotomy. *Chest* 1996; 110:1572-1576.
- 36. Bartels S, Mayberry JC, Goldman RK, Askew JA, Wax MK.** Tracheal stenosis after percutaneous dilatational tracheotomy. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002; 126:58-62.
- 37. Koitschev A, Graumueller S, Zenner HP, Dommerich S, Simon C.** Tracheal stenosis and obliteration above the tracheostoma after percutaneous dilatational tracheostomy. *Crit Care Med* 2003; 31:1574-1576.
- 38. Beiderlinden M, Walz MK, Sander A, Groeben H, Peters J.** Complications of bronchoscopically guided percutaneous dilatational tracheostomy: beyond the learning curve. *Intensive Care Med* 2002; 28:59-62.
- 39. van Heurn LW, van Geffen GJ, Brink PR.** Clinical experience with percutaneous dilatational tracheostomy: report of 150 cases. *Eur J Surg* 1996; 162:531-535.
- 40. Cook PD, Callanan VI.** Percutaneous dilatational tracheostomy technique and experience. *Anaesth Intensive Care* 1989; 17:456-457.
- 41. Weinmann M, Bander JJ.** Introduction of a new tracheostomy exchange device after percutaneous tracheostomy in a patient with coagulopathy. *J Trauma* 1996; 40:317-319.
- 42. Moore FA, Haenel JB, Moore EE, Read RA.** Percutaneous tracheostomy/gastrostomy in brain-injured patients - a minimally invasive alternative. *J Trauma* 1992; 33:435-439.
- 43. Reilly PM, Anderson HL 3rd, Sing RF, Schwab CW, Bartlett RH.** Occult hypercarbia. An unrecognized phenomenon during percutaneous endoscopic tracheostomy. *Chest* 1995; 107:1760-1763.
- 44. Scharf A, Edner S, Hube A, Henze D, Menzel M, Soukup J.** Tracheotomie bei Patienten mit intrakraniellen Läsionen. *Anaesth Intensivmed* 2002; 43:594-601.
- 45. Stocchetti N, Parma A, Lamperti M, Songa V, Tognini L.** Neurophysiological consequences of three tracheostomy techniques: a randomized study in neurosurgical patients. *J Neurosurg Anesthesiol* 2000; 12:307-313.
- 46. Stocchetti N, Parma A, Songa V, Colombo A, Lamperti M, Tognini L.** Early translaryngeal tracheostomy in patients with severe brain damage. *Intensive Care Med* 2000; 26:1101-1107.
- 47. Troidl H.** First step: the idea. *World J Surg* 1999; 23:754-767.
- 48. Walz MK, Peitgen K.** Punktionstracheostomie versus translaryngeale Tracheostomie. Eine prospektiv-randomisierte Studie bei 50 Intensivpatienten. *Chirurg* 1998; 69:418-422.
- 49. Kollef MH, von Harz B, Prentice D, Shapiro SD, Silver P, St John R, et al.** Patient transport from intensive care increases the risk of developing ventilator-associated pneumonia. *Chest* 1997; 112:765-773.
- 50. Tejada AA, Bello DS, Chacon VE, Munoz MJ, Villuendas Usón MC, Figueras P, et al.** Risk factors for nosocomial pneumonia in critically ill trauma patients. *Crit Care Med* 2001; 29:304-309.
- 51. Rello J, Lorente C, Diaz E, Bodi M, Boque C, Sandiumenge A, et al.** Incidence, etiology, and outcome of nosocomial pneumonia in ICU patients requiring percutaneous tracheotomy for mechanical ventilation. *Chest* 2003; 124:2239-2243.
- 52. Georges H, Leroy O, Query B, Alfandari S, Beaucaire G.** Predisposing factors for nosocomial pneumonia in patients receiving mechanical ventilation and requiring tracheotomy. *Chest* 2000; 118:767-774.
- 53. Leder SB.** Incidence and type of aspiration in acute care patients requiring mechanical ventilation via a new tracheotomy. *Chest* 2002; 122:1721-1726.
- 54. Crofts SL, Alzeer A, McGuire GP, Wong DT, Charles D.** A comparison of percutaneous and operative tracheostomies in intensive care patients. *Can J Anaesth* 1995; 42:775-779.
- 55. Massard G, Wihlm JM.** Postoperative atelectasis. *Chest Surg Clin N Am* 1998; 8:503-28, viii.
- 56. Hommerich CP, Rodel R, Frank L, Zimmermann A, Braun U.** Langzeitergebnisse nach chirurgischer Tracheotomie und PDT. Eine vergleichende retrospektive Analyse. *Anaesthesist* 2002; 51:23-27.
- 57. Walz MK, Peitgen K, Thurauf N, Trost HA, Wolfhard U, Sander A, et al.** Percutaneous dilatational tracheostomy - early results and long-term outcome of 326 critically ill patients. *Intensive Care Med* 1998; 24:685-690.
- 58. Rosenbower TJ, Morris JA Jr., Eddy VA, Ries WR.** The long-term complications of percutaneous dilatational tracheostomy. *Am Surg* 1998; 64:82-86.
- 59. van Heerden PV, Webb SA, Power BM, Thompson WR.** Percutaneous dilatational tracheostomy - a clinical study evaluating two systems. *Anaesth Intensive Care* 1996; 24:56-59.
- 60. Nates NL, Cooper DJ, Myles PS, Scheinkestel CD, Tuxen DV.** Percutaneous tracheostomy in critically ill patients: a prospective, randomized comparison of two techniques. *Crit Care Med* 2000; 28:3734-3739.
- 61. Polderman KH, Spijkstra JJ, de Bree R, Christiaans HM, Gelissen HP, Wester JP, et al.** Percutaneous dilatational tracheostomy in the ICU: optimal organization, low complication rates, and description of a new complication. *Chest* 2003; 123:1595-1602.
- 62. Wagner F, Nasser R, Laucke U, Hetzer R.** Percutaneous dilatational tracheostomy: results and long-term outcome of critically ill patients following cardiac surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 46:352-356.

### Korrespondenzadresse:

Dr. med. Bernd Hartmann  
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin,  
Schmerztherapie und Palliativmedizin  
Universitätsklinikum Gießen und Marburg  
Standort Gießen  
Rudolf-Buchheim-Straße 7  
D-35392 Gießen  
Tel.: 0641/99 444 94  
Fax: 0641/99 444 99  
E-Mail:  
Bernd.A.Hartmann@chiru.med.uni-giessen.de