

# Experimentelle Untersuchung zum Dichtheitsverhalten geblockter Trachealkanülen

Ursula Winklmaier<sup>1</sup>, Kirsten Wüst<sup>2</sup>, Frank Wallner<sup>1</sup>

## ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund:** Ziel dieser experimentellen Studie war die Bewertung des Flüssigkeitsverlustes von Wasser und Speichel bei geblockten Trachealkanülen infolge mangelnder Abdichtung.

**Material und Methoden:** Unter Verwendung von Schweineluftröhren wurden die Trachealkanülen TRACOE<sup>®</sup> vario, Rüsch Ultra-Tracheoflex<sup>®</sup> und Portex Blue Line Ultra<sup>™</sup> einer Leckage-Prüfung unterzogen. Die Testflüssigkeit bestand jeweils aus sechs ml Wasser bzw. künstlichem Speichel. Die Leckagewerte, sowie der Cuffdruck wurden nach 5, 10 und 15 Minuten gemessen. Es wurden vier verschiedene Typen von Untersuchungen durchgeführt: „1: Wasser/Beatmung“, „2: Wasser/keine Beatmung“, „3: Speichel/Beatmung“, „4: Speichel/keine Beatmung“.

**Ergebnisse:** Bei den Wasserversuchen mit und ohne Beatmung wiesen die Kanülen aller Hersteller massive Leckagewerte auf. Deutlich weniger Leckage zeigte sich bei den Typ 3- und Typ 4-Versuchen. Zwischen den Produkten liegen statistisch signifikante Unterschiede der Messergebnisse vor. Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass die Konsistenz der Testflüssigkeit das Messergebnis statistisch signifikant beeinflusste. **Schlussfolgerung:** Unsere Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten Trachealkanülen ein tieferes Eindringen von Wasser in die unteren Luftwege nicht verhindern können, aber einer Aspiration von Speichel in hohem Maße vorbeugen.

Schlüsselwörter: Aspiration – Tracheotomie – Trachealkanülen – Leckage – Niederdruckcuff

## Hintergrund

In Deutschland werden jährlich ca. 31600 elektive Tracheotomien durchgeführt (Westphal & Byhan, 2001). Die Indikation zur Tracheotomie besteht bei nicht-mechanischer Beeinträchtigung der Atmung dann, wenn Speichel nicht mehr sicher abgeschluckt werden kann und Aspirationspneumonien auftreten (Dikeman & Kazandjian, 1997; DGNKN, 2003; Wallner & Dollner, im Druck). Aspiration wird definiert als das Auftreten von Material unterhalb der Stimmlippen (Logemann, 1998). Da es bei tracheostomierten Patienten in 50% bis 87% der Fälle zu Aspirationsepisoden kommt (Elpern et al., 1987;

Pannunzio, 1996), ist ein gutes Know-how in den Bereichen Trachealkanülenmanagement, Diagnostik und Therapie von Dysphagien dringend erforderlich.

Bei sehr schweren Schluckstörungen werden zur Vermeidung fortlaufender Aspirationen von Speichel und Sekreten blockbare Trachealkanülen eingesetzt. Dabei soll der mit Luft gefüllte „Cuff“ (Synonym: Manschette, Blockung) den Raum zwischen Kanüle und Trachealwand abdichten und verhindern, dass Speichel und Sekrete vom Pharynx in die Lunge gelangen (Dikeman & Kazandjian, 1997; Higgins & Maclean, 1997; Leder & Sasaki, 2001; Cray & Groher, 2003; Schröter-Morasch, 2006). Da der Manschettendurchmesser bei den heute standardmäßig verwendeten Niederdruckcuffs größer ist als der Durchmesser der Trachea entstehen so genannte longitudinale Falten. Entlang dieser Falten ist

**Ursula Winklmaier** absolvierte

von 1996-1999 ihre Fachschulbildung zur Logopädin. Nach mehrjähriger Berufsausübung schloss sie 2004 ihr Studium in Hildesheim mit dem BSc „Speech and Language Therapy“ ab. Seit Oktober 2004 promoviert sie als Stipendiatin der Hanns-Seidel-Stiftung an der Universitätsklinik Heidelberg zum Thema Dysphagie und Trachealkanülen. Seit 2006 bietet sie zusammen mit Dr. Wallner eine interdisziplinäre, auf onkologische Patienten zugeschnittene Dysphagiesprechstunde an der Universitäts-HNO-Klinik Heidelberg an. Sie ist Gründungsmitglied des KWD (Klinische Weiterbildung Dysphagie) zur Etablierung von qualitativ hochwertigen Schluckfortbildungen und seit 02/2006 in der BKQM des dbl aktiv. Im September letzten Jahres wurde ihr der dbl Forschungspreis 2006 verliehen.



**Prof. Dr. Kirsten Wüst** schloss

1998 ihr Mathematikstudium an der Universität Stuttgart mit einer Promotion in Statistik ab. Von 1998 bis 2002 war sie im Risikocontrolling der L-Bank in Karlsruhe tätig. Von 2002 bis 2004 wirkte sie an der Universität Heidelberg an der Planung, Auswertung und statistischen Beratung klinischer Studien mit. Seit dem Wintersemester 2004/2005 lehrt sie an der Hochschule Pforzheim Statistik und Wirtschaftsmathematik.



**Dr. Frank Wallner** schloss

1987 sein Medizinstudium an der Justus-Liebig-Universität Gießen ab. Von 1988 bis 1989 war er am Pathologischen Institut der JLU beschäftigt, von wo er an die Universitäts-HNO-Klinik in Heidelberg wechselte. 1995 legte er die Facharztprüfung ab und wurde zum Oberarzt ernannt; seit 2003 ist er als Leitender Oberarzt tätig. Seit 2006 bietet er zusammen mit Ursula Winklmaier eine interdisziplinäre Dysphagiesprechstunde an.



1 Hals-Nasen-Ohren-Universitätsklinik Heidelberg, Heidelberg (Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. P.K. Plinkert)

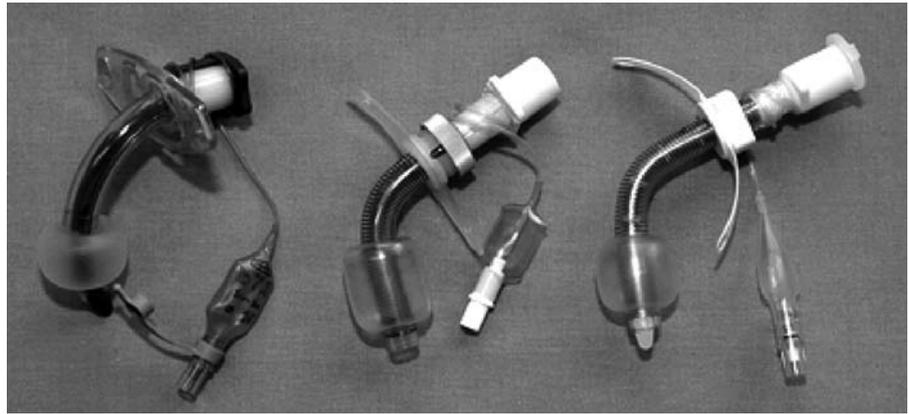
2 Hochschule Pforzheim, Pforzheim

es möglich, dass Flüssigkeiten, Speichel, Sekrete in Richtung der unteren Luftwege gelangen.

Verschiedene Studien befassten sich mit dem Dichtheitsverhalten von blockbaren Trachealkanülen. *Young et al. (1997)* testeten die Dichtheit von Flüssigkeit bei geblockten Trachealkanülen an einem PVC-Modell, außerdem an präparierten Schweineluftröhren. Sie verwendeten Kanülen des Typs Portex Soft Seal<sup>®</sup>, Mallinckrodt Hi-Lo<sup>®</sup>, Sheridan Preformed<sup>®</sup> und Portex Profile<sup>®</sup>. Innerhalb der Versuchsreihe hielt keine der oben genannten Trachealkanülen dicht. Das beste Testergebnis lieferte die Portex Soft Seal<sup>®</sup>.

In der Studie von *Asai & Shingu (2001)* wurde die Dichtheit von Niederdruck-Cuffs vier verschiedener Trachealkanülen-Typen der Hersteller Portex (Portex Profile<sup>®</sup>, Portex Soft Seal<sup>®</sup>) und Mallinckrodt (Hi-Lo<sup>®</sup>, Lo-Contour<sup>®</sup>) verglichen. Am wenigsten Leakage wiesen die Kanülen Portex Soft Seal<sup>®</sup> und Mallinckrodt Hi-Lo<sup>®</sup> auf.

*Oikkonen et al. (1997)* untersuchten insgesamt neun Trachealtubustypen (Mallinckrodt Hi-Lo<sup>®</sup>, Mallinckrodt Hi-Contour<sup>®</sup>, Mallinckrodt Lo-Contour<sup>®</sup>, Sheridan HVT<sup>®</sup>, Sheridan CF<sup>®</sup>, Portex Blue Line<sup>™</sup>, Argyle<sup>®</sup>, Rüscher Rüsichelit<sup>®</sup>, Hudson Softech<sup>®</sup>) von sechs verschiedenen Herstellern (Mallinckrodt, Sheridan, Portex, Sherwood, Rüscher, Hudson). Am wenigsten Leakage zeigte die Mallinckrodt Hi-Lo<sup>®</sup> bei einem Druck von 40 mmHG.



■ **Abb. 1:** Trachealkanülen (v.l.): Portex Blue Line Ultra<sup>™</sup>, Rüsch Ultra Tracheoflex<sup>®</sup>, TRACOE<sup>®</sup> vario

Es sei bemerkt, dass diese Druckverhältnisse bereits eine Schädigung der Trachealschleimhaut hervorrufen können. Der Cuffdruck darf den grünen Bereich des Cuffdruckmessgerätes, zwischen 20-25 mmHG, nicht übersteigen, da es sonst zu Schäden der Kapillaren und entsprechenden Trachealwanddestruktionen kommt (*Schröter-Morasch, 2006*). Die Ergebnisse der Arbeiten von *Oikkonen & Aromaa (1997)* sowie von *Asai & Shingu (2001)* zeigten auf eindrückliche Weise, dass es selbst bei höheren Druckverhältnissen der Manschette zur Leakage kommt. In Anbetracht dieser Forschungsergebnisse und der möglichen Verletzungsgefahr der Trachealschleimhaut

von geblockten Trachealkanülen bei der Verwendung der Testflüssigkeiten Wasser und künstlichem Speichel während unterschiedlicher Versuchsreihen (mit/ohne Beatmung). Außerdem wurde überprüft, ob signifikante, produktbedingte Unterschiede im Dichtheitsverhalten der Trachealkanülen bestehen. Von Interesse war zudem eine Beurteilung der Leakage und des Cuffdrucks im zeitlichen Verlauf der Untersuchung.

## Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit Trachealkanülen der Firmen TRACOE medical GmbH, Deutschland (TRACOE<sup>®</sup> vario), Teleflex Medical GmbH, Deutschland (Rüscher Ultra Tracheoflex<sup>®</sup>) und Smiths medical GmbH, Deutschland (Portex Blue Line Ultra<sup>™</sup>) durchgeführt (vgl. Abb. 1). Jeder Hersteller stellte jeweils zwanzig Trachealkanülen zur Verfügung. Die Reihenfolge, in der die Trachealkanülen der verschiedenen Hersteller zum Einsatz kamen, wurde durch ein randomisiertes Auswahlverfahren je Kanülengröße festgelegt.

Als Modell der Trachea eigneten sich aufgrund der vergleichbaren anatomischen Verhältnisse zum Menschen (*Breatnach et al., 1984*) präparierte Schweineluftröhren, dabei wurde das Tierschutzgesetz in aktueller Fassung eingehalten. Als Testflüssigkeit wurde 6 ml angefärbtes Wasser und 6 ml angefärbter künstlicher Speichel (Rezeptur Glandosane) verwendet.

Abbildung 2 zeigt den Versuchsaufbau. Hierfür wurde die Trachea in eine Halterung eingelegt, ein Luftröhrenschnitt zwischen der zweiten und vierten Trachealspange durchgeführt und in einem 45°-Winkel zur Waagerechten positioniert. Die zu testende Trachealkanüle wurde eingesetzt und mit dem Manometer auf 25 mmHG geblockt. Um



■ **Abb. 2:** Versuchsaufbau

auftretende Leckage aufzufangen, wurde eine Wasserfalle am Endstück der Trachea angebracht. Die Testflüssigkeit wurde mit einem Katheter appliziert. Sowohl die Leckagewerte als auch der Cuffdruck wurden nach fünf, zehn und fünfzehn Minuten im Protokollbogen dokumentiert. Insgesamt wurden von allen drei Herstellern zwanzig Kanülen pro Typ (zehn der Größe sieben mm ID und zehn der Größe acht mm ID) geprüft.

### Statistische Methoden

Die Berechnungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SAS Release 8.02 sowie mit dem statistischen Softwarepaket SPSS, Release 10.0.7. Die Grafiken wurden in SPSS, Release 10.0.7 und Microsoft Office Excel 2003 erstellt. Innerhalb der Studie sollte das Dichtheitsverhalten dreier Trachealkanülen während verschiedener Testsituationen untersucht werden. Um alle drei Messzeitpunkte (5, 10 und 15 Minuten) zu berücksichtigen, wurde aus den drei Verlaufsdaten pro Experiment ein Parameter, die Fläche unter der Leckagekurve, bestimmt. Die so definierten Flächen wurden zunächst deskriptiv mit Hilfe von Boxplots und unter Angabe des Mittelwerts +/- Standardabweichung (Minimum, Median und Maximum) beschrieben und können Werte von 0.0 und 75.0 erreichen.

**Tab. 1: Darstellung herstellerbedingter Unterschiede innerhalb der verschiedenen Versuchsreihen**

Testsituation	Tracoe	Rüsch	Portex
1: Wasser/Beatmung	44,36 +/- 15,39	32,74 +/- 21,48	13,65 +/- 8,15
2: Wasser/keine Beatmung	65,74 +/- 11,76	53,88 +/- 21,09	54,71 +/- 20,72
4: Speichel/keine Beatmung	4,09 +/- 5,20	1,68 +/- 2,22	0,11 +/- 0,24

Ziel der Studie war die Analyse der vier Testsituationen

- 1: Wasser/Beatmung
- 2: Wasser/keine Beatmung
- 3: Speichel/Beatmung
- 4: Speichel/keine Beatmung

Als Signifikanzniveau wurde zur Anpassung an die multiple Testsituation 0.0125 gewählt. Ein p-Wert  $p < 0.0125$  galt als signifikant. Die konfirmatorische Auswertung produktspezifischer Unterschiede erfolgte unter Verwendung des Kruskal-Wallis-Tests. Im Falle eines signifikanten Ergebnisses wurden zusätzlich paarweise Vergleiche zwischen den Herstellern vorgenommen. Dies geschah durch den Mann-Whitney-Test. Obwohl die Normalverteilung nicht angenommen werden konnte, wurde eine parametrische Varianzanalyse der Faktoren „Wasser (ja/nein)“, „Beatmung (ja/nein)“, „Kanü-

lendurchmesser (ja/nein)“ und „Hersteller (Tracoe/Portex/Rüsch)“ durchgeführt. Diese Analyse gilt als Sensitivitätsanalyse. Wir bemerkten Einzeleffekte und Interaktionen zwischen zwei Faktoren.

Der Kanüldurchmesser wurde in den nachfolgenden Untersuchungen nicht weiter berücksichtigt. Wegen der hohen Signifikanz zwischen „Wasser“ und „Beatmung“ wurden die weiteren Berechnungen getrennt für Wasser und Speichel vorgenommen.

### Ergebnisse

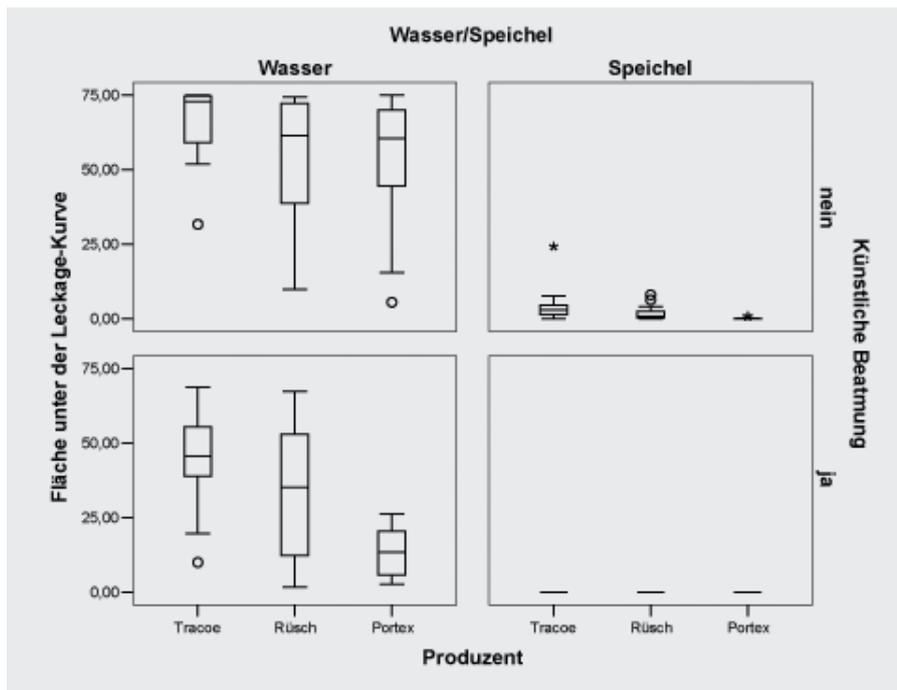
Die Ergebnisse der vier Testsituationen „1: Wasser/Beatmung“, „2: Wasser/keine Beatmung“, „3: Speichel/Beatmung“, „4: Speichel/keine Beatmung“ werden im Folgenden beschrieben.

Abbildung 3 zeigt Boxplots der Leckagewerte der einzelnen Produkte bzw. Hersteller. Dabei traten für Situation 1,2 und 4 Verluste auf. Bei der Versuchsanordnung 3 erhielten wir durchgängig keine Verlustwerte.

Für Situation „1: Wasser/Beatmung“ ergaben sich folgende Werte: Tracoe 44,36 +/- 15,39 (10,02; 45,61; 68,73), Rüsch 32,74 +/- 21,48 (1,91; 35,15; 67,38) und Portex 13,65 +/- 8,15 (2,68; 13,46; 26,20). „2: Wasser/keine Beatmung“ führte bei den Tracoe-Kanülen zu Werten von 65,74 +/- 11,76 (31,65; 72,70; 75,00), bei den Rüsch-Kanülen zu Verlusten von 53,88 +/- 21,09 (9,85; 61,33; 74,35) und bei den Portex-Kanülen treten folgende Verlustwerte auf: 54,71 +/- 20,72 (5,53; 60,45; 75,00). In Versuchsanordnung „4: Speichel/keine Beatmung“ betrug die Leckage der Tracoe-Kanülen 4,09 +/- 5,20 (0,05; 3,04; 24,23), der Rüsch-Trachealkanülen 1,68 +/- 2,22 (0,00; 0,78; 8,03) und der Kanülen von Portex 0,11 +/- 0,24 (0,00; 0,00; 0,93). Um einen Überblick über Mittelwert und Standardabweichung des Dichtheitsverhaltens hinsichtlich produktspezifischer Unterschiede zu geben, wurden diese in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die nichtparametrische Varianzanalyse mit dem Kruskal-Wallis-Test ergab im Hinblick auf den herstellerbedingten Leckagewert signifikante Ergebnisse für die experimentel-

**Abb. 3: Boxplots der Leckagewerte der drei Hersteller während verschiedener Testsituationen**



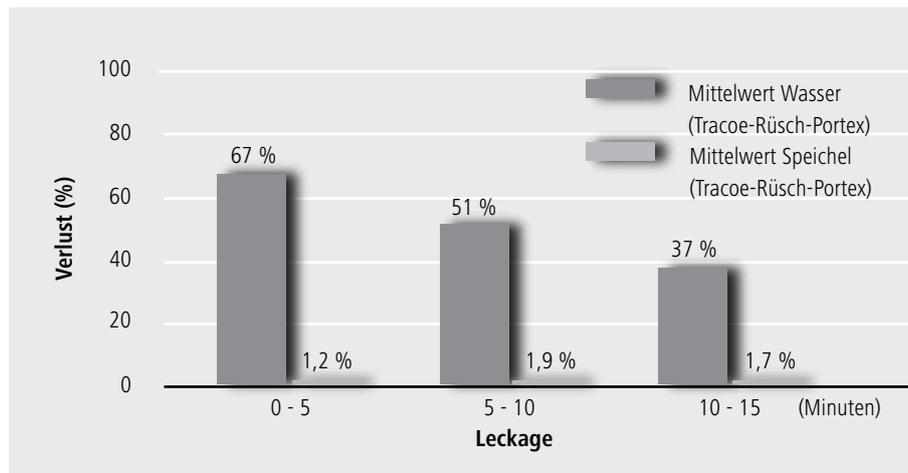
len Testsituationen „2: Wasser/keine Beatmung“ ( $p < 0,001$ ) und „4: Speichel/keine Beatmung“ ( $p < 0,001$ ), während die Ergebnisse in Situation „1: Wasser/Beatmung“ nicht signifikant waren ( $p = 0,039$ ). Es ergaben sich für alle paarweisen Vergleiche in Situation „4: Speichel/keine Beatmung“ Signifikanzen, d.h.  $p < 0,001$  für Tracoe und Portex, sowie für Rüschi und Portex und  $p = 0,009$  für Tracoe und Rüschi. Eine „borderline“-Signifikanz ( $p = 0,013$ ) war für die Unterschiede zwischen Tracoe und Rüschi in Situation „2: Wasser/keine Beatmung“ festzustellen.

In der Analyse, der parametrischen vierfaktoriellen Varianzanalyse, ergaben sich signifikante Ergebnisse für die Faktoren „Wasser (ja/nein)“, „künstliche Beatmung (ja/nein)“ und „Hersteller“ (Tracoe/Portex/Rüschi) ( $p < 0,001$  für alle drei Faktoren) während der Faktor „Kanüledurchmesser (7 mm ID/8 mm ID)“ ( $p = 0,892$ ) keine signifikanten Effekte hervorrief. Allerdings bestanden auch hohe Interaktionseffekte zwischen „Wasser“ und „Beatmung“ ( $p < 0,001$ ) genauso wie zwischen „Beatmung“ und „Hersteller“ ( $p = 0,0079$ ). Es scheint außerdem eine Interaktion zwischen „Wasser“ und „Hersteller“ ( $p = 0,057$ ) zu existieren.

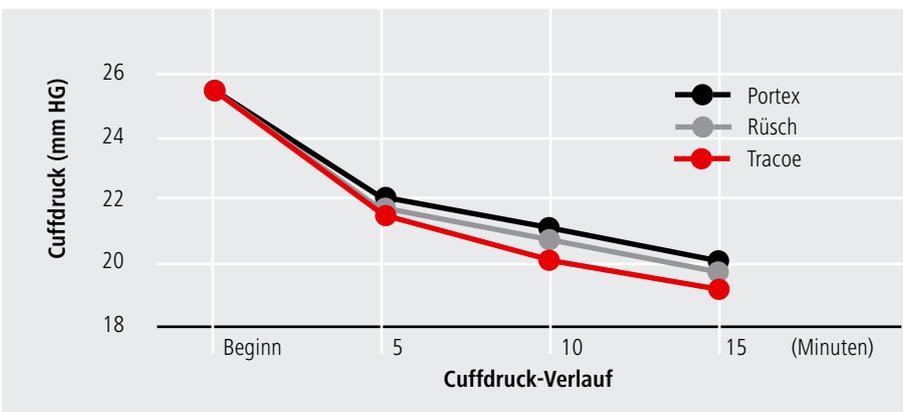
Daher analysierten wir in einem weiteren Schritt die Versuche mit Wasser und Speichel getrennt voneinander. Die Leckagewerte fielen bei den Untersuchungen mit Wasser höher aus, wenn diese ohne Beatmung stattfanden. Dieser Effekt ließ sich ebenso bei den Versuchen mit Speichel berechnen, auch wenn die absoluten Leckagewerte deutlich geringer ausfielen. Betrachtet man alle Versuche aller Hersteller, so ergeben sich folgende Ergebnisse für die Experimente „Wasser/ohne Beatmung“ 58,11 +/- 18,86 (5,53; 64,54; 75,00), für „Wasser/Beatmung“ 30,25 +/- 20,03 (1,83; 24,65; 68,73), für „Speichel/ohne Beatmung“ 1,96 +/- 3,61 (0,00; 0,64; 24,23) und für Speichel/Beatmung 0,00 +/- 0,00 (0,00; 0,00; 0,00).

Betrachtet man die Leckage im zeitlichen Verlauf, so fielen die Verluste bei den Untersuchungen mit Wasser bei allen drei Herstellern innerhalb der ersten fünf Minuten mit durchschnittlich 4,72 ml (79% von 6 ml) bei Tracoe, 3,68 ml (61% von 6 ml) bei Rüschi und 3,66 ml (61% von 6 ml) bei Portex am höchsten aus. Die Leckage im zweiten Untersuchungsdrittel (Minuten 5-10) war mit durchschnittlich 0,86 ml bei Tracoe, 0,94 ml bei Rüschi und 1,04 ml bei Portex jeweils geringer als im ersten Zeitintervall. Bezogen auf das Restvolumen an Wasser in den Kanülen war der Verlust aber vergleichbar mit demjenigen in den ersten fünf Minuten (Tra-

■ **Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der Leckage bei Behandlung mit Wasser bzw. Speichel nach 5, 10 und 15 Minuten für die Hersteller Tracoe, Rüschi und Portex**



■ **Abb. 5: Cuffdruck-Verlauf getrennt nach Hersteller**



coe: 67% der verbleibenden 1,28 ml, Rüschi: 41% der verbleibenden 2,32 ml, Portex: 44% der verbleibenden 2,34 ml). Die absolute Leckage fiel im dritten Zeitintervall deutlich niedriger aus.

Bei der Behandlung mit Speichel waren die absoluten Leckagewerte bei allen drei Herstellern zu allen drei Zeitpunkten sehr niedrig. Der maximale Wert ergab sich im Zeitraum 10 bis 15 Minuten für die Kanülen von Tracoe mit 0,21 ml (4% des verbleibenden Restvolumens von 5,84 ml nach 5 Minuten). In Abbildung 4 sind die sich bei der Versuchsdurchführung mit Wasser bzw. Speichel ergebenden Verlustwerte im zeitlichen Verlauf dargestellt.

Die Ergebnisse dieses Experimentes zeigten weiterhin, dass der Cuffdruck innerhalb von 15 Minuten deutlich von anfangs 25 mmHG bzw. cmH<sub>2</sub>O auf Werte zwischen 18,76-19,90 mmHG (Tracoe), 19,54-20,64 mmHG (Rüschi) und 19,07-20,49 mmHG (Portex) abfiel (vgl. Abb. 5).

## Diskussion

Oikkonen & Aromaa (1997) führten Untersuchungen zum Dichtheitsverhalten geblockter Trachealkanülen mit unterschiedlich hohen Manschettendrücken von 20-50 mmHG durch. Asai & Shingu (2001) wählten ebenfalls Druckwerte von 20-40 mmHG. Die Ergebnisse beider Studien zeigten, dass die Blockung auch bei einem Cuffdruck von mehr als 25 mmHG nicht komplett dicht hält. Als Voraussetzung für die Vermeidung von Trachealwandbeschädigungen ist eine gewissenhafte Messung des Manschettendrucks mittels Cuffdruckmesser nötig. Diese darf 25 mmHG nicht übersteigen, da es sonst zu Schädigungen der Kapillaren und entsprechenden Trachealwanddestruktionen kommt (Schröter-Morasch, 2006). Aufgrund der oben genannten Studienergebnisse und der zu berücksichtigenden physiologischen Gegebenheiten wurden in der vorliegenden Studie sämtliche Untersuchungen bei einem Manschettendruck von 25 mmHG durchgeführt.

Die Flüssigkeitsleckage von Wasser zwischen Cuff und Trachealwand fällt in der vorliegenden Studie, ähnlich wie von *Oikkonen & Aromaa* (1997) beschrieben, überraschend hoch aus. Bei den getesteten Trachealkanülen zeigten sich innerhalb der drei Messzeitpunkte bei Wasser Leckagewerte bis zu 79 % der verbliebenen Restflüssigkeit. Die größten Leckagewerte waren innerhalb des ersten Untersuchungsdrittels zu verzeichnen.

Bei den Untersuchungen zum Dichtheitsverhalten von Speichel konnten keine Vergleiche mit Studienergebnissen von *Oikkonen & Aromaa* (1997), *Asai & Shingu* (2001) oder *Young & Blunt* (1999) vorgenommen werden, da diese ausschließlich das Leckageverhalten blockbarer Kanülen bei Wasser testeten.

Bei den erstmalig durchgeführten Versuchen mit künstlichem Speichel war signifikant weniger Leckage zu verzeichnen als bei den Versuchen mit Wasser. Innerhalb des zweiten Untersuchungsdrittels war maximal 4 % Verlust der Restflüssigkeit nachweisbar. Die Ergebnisse zeigen, dass die Viskosität der Testflüssigkeit entscheidend für die Verlustmenge ist. Während geblockte Trachealkanülen bei den Versuchen mit Wasser nahezu keinen Schutz gegen Flüssigkeitsaspiration bieten, kann das Eindringen von aspiriertem Speichel in die unteren Luftwege durch den Cuff weitgehend verhindert werden. Es ist zu vermuten, dass das Dichtheitsverhalten von Trachealkanülen am starren, unbeweglichen Modell eher zu geringeren Leckagewerten führt als im realen Einsatz bei Patienten, die sich bewegen, schlucken und husten.

Unsere Versuchsergebnisse zeigen, dass es zwischen den einzelnen Produkten signifikante Unterschiede im Dichtheitsverhalten gibt. *Dullenkopf* et al. (2003) vermuten,

dass sowohl das Material, aus dem der Cuff hergestellt sei, als auch die Membran-Dicke des Cuffs einen wichtigen Einfluss auf das Dichtheitsverhalten blockbarer Trachealkanülen habe. Die Autoren beschreiben, dass der Microcuff endotracheal Tubus HVLP ICU (Microcuff, Weinheim, Deutschland) im Vergleich zu vier herkömmlichen Manschetten (Mallinckrodt HiLo, Portex Profile Soft Seal, Rüschelet Super Safety Clear, Sheridan CF) zu deutlich geringeren Leckagewerten entlang der Blockung führe. Der Microcuff besteht aus einer ultradünnen 7 µm Polyurethan-Cuffmembran. Unsere Ergebnisse stützen die Studienergebnisse von *Dullenkopf* et al. (2003). Entsprechend der Annahme, dass Cuffmaterial und Cuffmembran-Dicke das Dichtheitsverhalten entscheidend beeinflussen, verzeichnet der dünnwandigste Cuff mit 30-50 µm (Blue Line Ultra™) die geringsten Leckagewerte. Die TRACOE® vario-Kanülen mit einer Cuffmembran-Dicke von 50-80 µm wiesen bei den Wasser- und Speichelversuchen die größten Leckagewerte auf. Die Cuffmembran-Dicke des Rüschelet Cuffs der Ultra-Tracheoflex® wird vom Hersteller mit 50 µm angegeben.

Der massive Abfall des Cuffdrucks innerhalb der ersten 15 Minuten ist sehr bedenklich. Wir empfehlen daher den Cuffdruck kurz nach der Blockung nochmals zu kontrollieren und gegebenenfalls nachzublocken. Im Hinblick auf diese Studienergebnisse sollten Untersuchungen zur Testung des Druckabfalls geblockter Trachealkanülen durchgeführt werden. Dies könnte zu konkreten Daten beitragen, die Angaben zur Häufigkeit von Cuffdruck-Kontrollen ermöglichen.

Therapeuten sollten im Umgang mit tracheostomierten Patienten beachten, dass eine geblockte Trachealkanüle nicht zu 100 %

verhindern kann, dass Sekretionen und Speichel in die unteren Luftwege eindringen. Eine frühzeitige Diagnostik sollte Aufschluss darüber geben, ob ein tracheostomierter Patient aspiriert oder nicht. Dies erlaubt eine Beurteilung, ob eine geblockte oder ungeblockte Trachealkanüle benötigt wird und ob eine orale Ernährung oder enterale/perenterale Ernährung erfolgen muss. Je früher die Schluckuntersuchung vorgenommen wird, umso früher erhält der Patient das beste Trachealkanülenmanagement.

Die aus dieser Studie gewonnenen Ergebnisse sind von großer klinischer Relevanz in der Diagnostik und Therapie tracheostomierter Patienten. Wie in der Literatur weitgehend empfohlen, sollten Trachealkanülen während der Diagnostik und Therapie deblockiert werden. Zum einen, da selbst mittels Blockung eine 100%ige Abdichtung nicht gewährleistet werden kann, vor allem aber weil es dem Patienten nur so möglich ist, aspiriertes Material abzuhusten und der Therapeut in der Lage ist, den Patienten schnellstmöglich abzusaugen.

## Literatur

- Asai, T. & Shingu, K. (2001). Leakage of fluid around high-volume, low-pressure cuffs. *Anaesthesia* 56, 38-42
- Breatnach, E., Abbott, G., Fraser, R. (1984). Dimensions of the Normal Human Trachea. *American Journal of Roentgenology* 142, 903-906
- Crary, M. & Groher, M. (2003). *Adult Swallowing Disorders*. Missouri: Butterworth-Heinemann
- DGNKN (2003). Qualitätskriterien und Standards für die Diagnostik und Therapie von Patienten mit neurogenen Schluckstörungen. Neurogene Dysphagien – Leitlinien 2003 der Deutschen Gesellschaft für Neurotraumatologie und klinische Neuropsychologie e.V. *Neurologie & Rehabilitation* 9, 157-183
- Dikeman, K. & Kazandjian, M. (1997). *Communication and Swallowing Management of Trachomized and Ventilator-Dependent Adults*. San Diego, Singular Publishing Group
- Dullenkopf, A., Gerber, A., Weiss, M. (2003). Fluid Leakage Past Tracheal Tube Cuffs: Evaluation of the New Microcuff Endotracheal Tube. *Intensive Care Medicine* 29, 1849-1853
- Elpern, E., Jacobs, E., Bone, R. (1987). Incidence of aspiration in tracheally intubated adults. *Heart Lung* 16, 527-531
- Higgins, D., Maclean, J. (1997). Dysphagia in the patient with tracheostomy: Six cases of inappropriate cuff deflation or removal. *Heart Lung* 26, 215-220

## Konsequenzen für das Trachealkanülenmanagement

Untersuchungen zeigen, dass geblockte Trachealkanülen nur wenig Schutz gegen die Aspiration von Wasser bieten. Dagegen kann das Eindringen von aspiriertem Speichel in die unteren Luftwege durch den Cuff weitgehend verhindert werden.

- **Eine frühzeitige Diagnostik** sollte Aufschluss darüber geben, ob ein tracheostomierter Patient aspiriert oder nicht. Dies erlaubt eine Beurteilung, ob eine geblockte oder ungeblockte Trachealkanüle benötigt wird und ob eine orale Ernährung oder enterale/perenterale Ernährung erfolgen muss.
- **Zur Vermeidung von Trachealwandschädigungen** muss der Cuffdruck sorgfältig gemessen, nach der Blockung kontrolliert und keinesfalls über 25 mm HG erhöht werden.
- **Trachealkanülen sollen während der Diagnostik und Therapie deblockiert werden.** Zum einen, da selbst mittels Blockung eine 100%ige Abdichtung nicht gewährleistet werden kann, vor allem aber weil es dem Patienten nur so möglich ist, aspiriertes Material abzuhusten und der Therapeut in der Lage ist, den Patienten schnellstmöglich abzusaugen.

- Leder, S. & Sasaki, C. (2001). Use of FEES to Assess and Manage Patients with Tracheotomy. In: Langmore S. (Hrsg.). *Endoscopic Evaluation and Treatment of Swallowing Disorders* (188-200). New York: Thieme
- Logemann, J. (1998). *Evaluation and Treatment of Swallowing Disorders*. Austin: Pro Ed
- Oikkonen, M. & U. Aromaa, U. (1997). Leakage of fluid around low-pressure tracheal tube cuffs. *Anaesthesia* 52, 567-569
- Pannunzio, T. (1996). Aspiration of oral feedings in patients with tracheotomies. *AACN Clin Issues* 7, 560-569
- Schröter-Morasch, H. (2006). Medizinische Basisversorgung von Patienten mit Schluckstörungen – Trachealkanülen – Sondenernährung. In: Bartolome, G. & Schröter-Morasch, H. (Hrsg.). *Schluckstörungen – Diagnostik und Rehabilitation* (209-244). München: Elsevier
- Seidl, R. & Nusser-Müller-Busch, R. (2004). Die Trachealkanüle: Segen und Fluch. In: Nusser-Müller-Busch, R. (Hrsg.). *Die Therapie des Facio-Oralen Trakts* (141-171). Heidelberg: Springer
- Wallner, F., Dollner, R. (im Druck). *Tracheotomie*. Heidelberg: Springer
- Westphal, K. & C. Byhan (2001). Update 2000: Die Tracheotomie der anästhesiologischen Intensivmedizin. *Anästhesie und Intensivmedizin* 42, 70-74
- Young, P. & C. Blunt (1999). Compliance characteristics of the Portex soft seal Cuff improves seal against leakage of fluid in a pig trachea model. *Critical Care* 3,123-126
- Young, P., Rollinson, M., Downward, G., Henderson, S. (1997). Leakage of fluid past the tracheal tube cuff in a benchtop model. *British Journal of Anaesthesia* 78: 557-562

**SUMMARY. Experimental examination of Tracheostomy Tubes. Do tracheal tubes prevent leakage of fluid?**

**Background:** The aim of the study was to evaluate leakage of liquids in terms of water and saliva past low-pressure cuffs of tracheal tubes.

**Methods:** Three different types of tracheal tubes (Portex Blue Line Ultra™, Rüsch Ultra-Tracheoflex®, TRACOE® vario) produced by Smiths Medical, Teleflex Medical and Tracoe were tested in isolated pig tracheas. The intracuff pressure was set at 25 mmHG. Six milliliters of water and artificially produced saliva were infused over the cuff. The volume of fluid leaking past the cuff and also the intracuff pressure were measured after 5, 10 and 15 minutes. Four different types of experiments were devised: type 1 (water, ventilation), type 2 (water, no ventilation), type 3 (saliva, ventilation), type 4 (saliva, no ventilation).

**Results:** All cuffs of type 1 and 2 experiments leaked. There was no leakage in the type 3 experiment but there was leakage in the type 4 examinations. The amount of leakage between the three different types of tubes showed statistically significant results. The saliva experiments carried out statistically significant less leakage than the water experiments.

**Conclusion:** The present laboratory findings suggest that the tested tracheal tubes will not guard against aspiration of water but they will prevent the leakage of artificial saliva to a great extent.

**KEY WORDS:** aspiration – tracheotomy – tracheotomy-tubes – leakage – low-pressure-cuff

**Korrespondenzanschrift**

Ursula Winklmaier, BSc SLT  
Logopädin, Doktorandin  
Universitäts-Hals-Nasen-Ohrenklinik  
Im Neuenheimer Feld 400  
69120 Heidelberg  
ursula.winklmaier@med.uni-heidelberg.de oder  
ursula.winklmaier@gmx