

Redaktion

R. Larsen, Homburg/Saar

R. Kranabetter¹ · M. Leier² · D. Kammermeier² · H.-M. Just¹ · D. Heuser²

¹Institut für Klinikhygiene, medizinische Mikrobiologie und klinische Infektiologie, Klinikum Nürnberg

²Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Klinikum Nürnberg

Einfluss von aktiver und passiver Befeuchtung auf die beatmungsassoziierte nosokomiale Pneumonie

Das Gesundheitsstrukturgesetz sowie die Einführung von Budgets und Fallpauschalen haben in der Vergangenheit zu einem erheblichen Kostendruck in den Kliniken geführt. Gleichzeitig verpflichtet die Gesetzgebung die Kliniken zu stetiger Weiterentwicklung von medizinischen Leistungen, zu einer kontinuierlichen Dokumentation sowie zur Einführung eines Qualitätsmanagementsystems. Kliniken sind durch das neue Infektionsschutzgesetz u. a. dazu verpflichtet, Infektionen zu erfassen. Das beinhaltet die zusätzliche Bereitstellung materieller und personeller Ressourcen. Um hier finanzielle Spielräume zu schaffen, bleibt deshalb v. a. der Weg über Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerungen.

Dass dies möglich ist, hat die Auswertung der Senic Studie [8] ergeben. Dort wurde gezeigt, wie durch gezielte Maßnahmen Kosteneinsparungen in den Kliniken möglich sind.

Die zwei im Folgenden beschriebenen Formen der Atemwegsklimatisierung sind in diversen Variationen kommerziell verfügbar.

Aktive Befeuchtung

Bei dieser Form der Atemgasklimatisierung werden, unter Zufuhr externer Energie, Wärme und Feuchte in den Atemgas-

strom gebracht. Das Funktionsprinzip moderner Aktivbefeuchter sind Dochtverdunster, die sich durch niedrige Atemwegswiderstände auszeichnen [27]. Durch Verwendung einer Schlauchheizung kann die Kondensation im Beatmungssystem reduziert werden; eine hohe inspiratorische Erwärmungs- und Befeuchtungsleistung wird erreicht. Durch eine patientennahe Temperaturmessung wird die vorgewählte Temperatureinstellung kontrolliert und servogesteuert reguliert.

Bei dieser Art der Atemgasbefeuchtung und -erwärmung liegen die Wechselintervalle bei 1-mal pro Woche entsprechend der Vorgaben des CDC-HICPAC Kategorie IA, (Centers for Disease Control and Prevention, Hospital Infection Control Practices Advisory Committee) 1996.

Passive Befeuchtung

„Heat and moisture exchanging filter“ sind unabhängig von externer Energiezufuhr. Sie entziehen der Ausatemluft Wärme und Feuchtigkeit, speichern diese reversibel und geben sie an die kalte und trockene Inspirationsluft wieder ab. Die Wasserbindungskapazität kann durch Imprägnieren des Filtermediums mit hygroskopischen Substanzen deutlich gesteigert werden. Hygroskopische HMEF sind in der Befeuchtungsleistung Aktiv-

befeuchtern gleichwertig [24]. Da der HMEF nicht die gesamte Wärme und Feuchtigkeit aufnehmen und zurückgeben kann, entsteht in Abhängigkeit von der Qualität des HMEF und dem Beatmungsmuster ein Wasserverlust. Dieser Wasserverlust darf als physiologisch betrachtet werden, wenn die isotherme Sättigungsgrenze (37°C, 100% relative Luftfeuchte), die ca. 5 cm distal der Carina erreicht sein sollte, sich nicht nach distal verschiebt. Die Normwerte für den Wasserverlust beim Gesunden betragen für die Nasenatmung ca. 7 mg/l Atemluft, für die Mundatmung ca. 10–12 mg/l [22]. Hygroskopisch imprägnierte HMEF haben einen Wasserverlust von ca. 6–8 mg/l, der allerdings im Gegensatz zu nichtintubierten Patienten aus den mittleren Atemwegen kompensiert werden muss.

Bei der Anwendung der passiven Befeuchtungsform ist kein routinemäßiger Wechsel des Schlauchsystems erforderlich (CDC HICPAC Kategorie IB).

Im Jahr 1997 konnten wir im Rahmen der KISS-Surveillance nach Umstellung von aktiver auf passive Befeuchtung einen deutlichen Rückgang der Rate an beatmungsassoziierte nosokomialer Pneumonie („ventilation-associated pneumonia“, VAP) auf einer operativen, vorwiegend traumatologischen und neurochirurgischen Intensivstation beobachten.

Tabelle 1

Patientenstruktur der Beobachtungszeiträume

	Zeit AB	Zeit PB
Patientenanzahl	1.887	1.698
Alter [Jahre MW+(SD)]	65,55 (14,19)	65,56 (13,95)
Verweildauer IPS [Tage MW+(SD)]	4,79 (7,88)	4,95 (8,07)
Beatmungstage gesamt	4.505	3.975
Beatmungsdauer [Tage MW+(SD)]	2,39 (5,82)	2,34 (5,49)
Verstorbene Patienten	107	118
Letalität (%)	5,67	6,94

AB aktive Befeuchtung, PB passive Befeuchtung, MW Mittelwert, SD Standardabweichung, IPS Intensivpflegestation

Tabelle 2

Inzidenz und Zeitpunkt des Auftretens einer beatmungsassoziierten nosokomialen Pneumonie im Untersuchungszeitraum bei unterschiedlichen Methoden der Atemwegsklimatisierung beatmeter Intensivpatienten

	Zeit AB	Zeit PB	P
Pneumonien (n)	61	38	
Pneumonien/1.000 Patienten	32,3	22,4	0,068
Pneumonien/1.000 Beatmungstage	13,5	9,6	0,089
Ø ASA	3,33	3,47	n.s.
Letalität	31,1%	42,1%	n.s.
Onset-Pneumonie [Tage ITS]	8,1	9,8	n.s.

AB aktive Befeuchtung, PB passive Befeuchtung, ITS Intensivtherapiestation

Ähnliche Daten zeigt eine Studie von Kirton et al. [14] aus dem Jahr 1997. Ziel der hier gezeigten Untersuchungen war die Evaluierung dieses Effektes auf einer Intensivstation mit älteren, überwiegend abdominalchirurgischen und thoraxchirurgischen Patienten unter den Bedingungen einer prospektiven Beobachtungsstudie. Zur Umstellung der Atemwegsklimatisierung von aktiv auf passiv gibt es in der Literatur mehrere Studien mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen [2, 5, 14, 15]. Es gibt Studien, die einen Vorteil der aktiven Befeuchtung auf die Rate der VAP zeigen, aber auch der umgekehrte Fall einer niedrigeren VAP-Rate unter HMEF. Die meisten vergleichenden Untersuchungen finden keinen eindeutigen Einfluss des Befeuchtungsverfahrens auf die VAP-Rate.

Im Rahmen einer prospektiven Infektionserfassung zur aktiven und passiven Befeuchtungsform wurden die Auswirkungen der Umstellung des Verfahrens

zur Atemwegsklimatisierung evaluiert. Als Parameter wurden verglichen: absolute Anzahl von VAP, Pneumonierate (Pneumonie/1.000 Patienten), VAP/1.000 Beatmungstage, Erstmanifestation (Onset) der VAP nach Aufnahme auf die Intensivstation und die Pneumonierate bei Beatmeten >2 Tage.

Methodik

Der Untersuchungszeitraum der vorliegenden Studie erstreckte sich auf insgesamt 42 Monate im Sinn einer offenen, nichtrandomisierten Kohortenstudie, jeweils für 21 Monate pro Kohorte. In die Untersuchung wurden alle beatmeten Patienten einer operativen 16-Betten-Intensivstation einbezogen. Auf dieser Station werden überwiegend ältere abdominal- und thoraxchirurgische Patienten behandelt. Im Zeitraum der aktiven Befeuchtung (Zeit AB) von 01.10.1997 bis 30.06.1999 wurden auf der Intensivpfle-

gestation 1.887 Patienten beatmet, im zweiten Zeitraum der passiven Befeuchtung (Zeit PB) von 01.07.1999 bis 31.03.2001 1.698 Patienten. Als Aktivbefeuchter kam in allen Fällen ein servogesteuerter Dochtver dunster als geschlossenes Anfeuchtungssystem mit Schlauchheizung (Fisher & Paykel MR 700/MR 730) zur Anwendung. Die Einstellung erfolgte routinemäßig auf 39°C mit Befeuchtungsgrad „-2“; dies entspricht einer Temperatur der Befeuchterkammer von 37°C. Hatte der Patient sehr zähes Sekret, wurde die Einstellungstemperatur bis 37°C reduziert und die Befeuchtung auf 0 erhöht; dies bewirkt eine stärkere Kondensation. Endotracheales Sekret wurde bei Bedarf unter sterilen Bedingungen entfernt. Muko- oder Sekretolytika wurden nicht routinemäßig appliziert.

Im zweiten Zeitraum von 21 Monaten wurden alle beatmeten Patienten mit einem HMEF (DAR Hygrobac S) passiv befeuchtet. Die HMEF wurden mit einem Bronchoskopiedrehwinkelkonnektor und einer 20-cm-Verlängerung zwischen Tubus und Y-Stück des Respirators platziert. Drehwinkelkonnektor, Verlängerung und HMEF waren reinraumverpackt im Set verfügbar und wurden täglich einmal komplett gewechselt. Auch in dieser Gruppe wurden keine Muko- oder Sekretolytika routinemäßig verabreicht. In den wenigen Fällen von sehr zähem Sekret wurde sporadisch Ambroxol 360 mg/Tag intravenös gegeben; dies führte nicht zum Studienausschluss. Vereinzelt wurden Patienten in der Umstellungsphase wegen Mukostase aktiv befeuchtet, nach Ablauf einer 3-monatigen Umgewöhnungsphase nicht mehr.

In beiden Gruppen waren die gleichen Respiratoren im Einsatz. Die Schlauchsysteme wurden bei aktiver Befeuchtung 1-mal pro Woche gewechselt, bei passiver alle 4 Wochen. Das Beatmungszubehör und die Beatmungssysteme wurden thermisch aufbereitet.

Die Antibiotikatherapie wurde als Prophylaxe und als Therapie bei nachgewiesenem Infekt oder Fieber und „systemic inflammatory response syndrome“ (SIRS) >3 Tage nach den Richtlinien der Paul-Ehrlich-Gesellschaft durchgeführt.

Die Datenerfassung und Klassifizierung der Pneumonie wurde auf unserer Inten-

Anaesthesist 2004 · 53:29–35
DOI 10.1007/s00101-003-0607-7
© Springer-Verlag 2003

R. Kranabetter · M. Leier · D. Kammermeier · H.-M. Just · D. Heuser

Einfluss von aktiver und passiver Befeuchtung auf die beatmungsassoziierte nosokomiale Pneumonie

Zusammenfassung

Fragestellung. Die Atemwegsklimatisierung beatmeter Intensivpatienten kann aktiv durch Aktivbefeuchter oder passiv durch HMEF („heat and moisture exchanging filter“) erreicht werden. Dabei gibt es derzeit keinen Konsens, ob die Inzidenz einer beatmungsassoziierten nosokomialen Pneumonie („ventilation-associated pneumonia“, VAP) von dem Befeuchtungsverfahren maßgeblich beeinflusst wird. In der vorliegenden Studie wurden in einer offenen, nichtrandomisierten Kohortenstudie an 3.585 Patienten beide Verfahren für jeweils 21 Monate getestet. Hierbei sollte die Frage geklärt werden, ob sich durch Änderung des Befeuchtungsregimes Auswirkungen auf die Inzidenz der VAP ergeben.

Methodik. Alle beatmeten Patienten einer operativen Intensivstation mit 16 Betten wurden er-

fasst. Im ersten Zeitraum der aktiven Befeuchtung (Zeit AB) wurden auf der Intensivpflegestation 1.887 Patienten behandelt. Im zweiten Zeitraum erfolgte die Befeuchtung passiv (Zeit PB) bei 1.698 Patienten. Die Infektionsüberwachung und Diagnose der VAP wurden im Rahmen der KISS-Surveillance nach den Kriterien der Centers for Disease Control (CDC) durchgeführt.

Ergebnisse. Im Zeitraum von 42 Monaten wurden insgesamt 99 VAP diagnostiziert. Die Inzidenz der VAP lag bei 13,5 (AB) und 9,6 (PB) pro 1.000 Beatmungstage, entsprechend 32,3 VAP/1.000 Patienten bzw. 22,4 VAP/1.000 Patienten. Die Pneumonierate (Pneumonien bezogen auf Gesamtpatienten des jeweiligen Zeitraumes; $p=0,068$) und die Pneumonierate pro 1.000 Beatmungstage ($p=0,089$) verfehlten nur

knapp die Signifikanzgrenze. Statistisch signifikante Unterschiede zeigten sich in der Gruppe der länger beatmeten Patienten (Beatmung >2 Tage; $p=0,012$) bei den verschiedenen Befeuchtungsverfahren.

Schlussfolgerung. Die vorliegenden Ergebnisse machen deutlich, dass durch Wechsel des Befeuchtungsregimes von der aktiven zur passiven Befeuchtungsform die Rate der VAP signifikant reduziert werden konnte. Als mögliche Gründe werden die physiologische Befeuchtung und die reduzierte Anzahl von Manipulationen am Beatmungssystem diskutiert.

Schlüsselwörter

Nosokomiale Pneumonie · Aktivbefeuchter · HMEF · Intensivstation · Atemwegsklimatisierung

Influence of active and passive humidification on ventilation-associated nosocomial pneumonia

Abstract

Study objective. Airway humidification of ventilated patients in an intensive care unit may be established by heated humidifying systems (active) or by the means of a (passive) heat and moisture exchange filter (HMEF). There is a controversial discussion about the influence of the type of humidification on the rate of ventilator-associated pneumonia (VAP). Among 3,585 patients both methods were tested over a period of 21 months in an open, non-randomized cohort study. The aim of the investigation was to compare the incidence of VAP caused by a change of humidification strategy.

Method. All patients in a 16-bed surgical intensive care unit who required mechanical ventila-

tion, were included. In the first period (period AB) 1,887 cases were handled with a heated humidifier. During the second period (period PB) 1,698 patients were treated using a HMEF. Infection control was established according to the national Infection Surveillance Program (KISS) based on the CDC criteria for VAP.

Results. During the period of 42 months, 99 cases of VAP were reported. The incidence for VAP was found to be 13.5 (AB) and 9.6 (PB) per 1,000 ventilator days, a rate of 32.3 and 22.4 VAP per 1,000 patients, respectively. The rate of VAP among the groups ($p=0.068$) and the incidence of VAP per 1,000 ventilator days ($p=0.089$) only just failed to reach a significant level, but in the

group of patients requiring mechanical ventilation for more than 2 days, the difference did reach statistical significance ($p=0.012$).

Conclusion. Our results showed that the rate of VAP could be significantly reduced by changing the strategy from active to passive humidification devices, especially concerning patients requiring long-term respirator therapy. A more physiological humidification and a reduced number of airway manipulations are discussed as a possible explanation.

Keywords

Nosocomial pneumonia · Heated humidifier · HMEF · Intensive care unit · Airway humidification

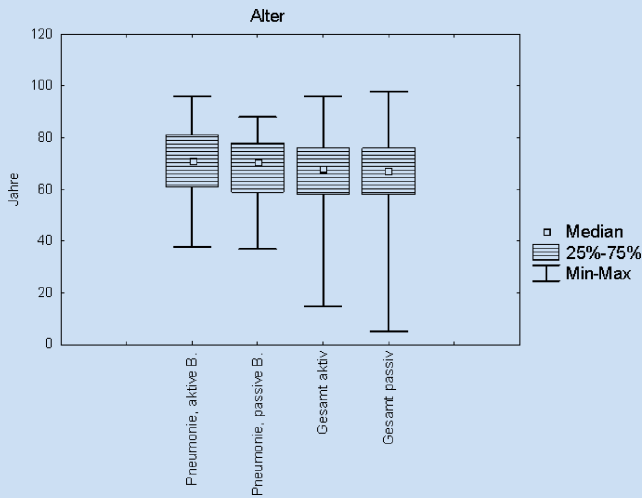


Abb. 1 ▲ Altersverteilung der Patienten mit Median, Minimal-/Maximalwerten und 25%-75%-Perzentile

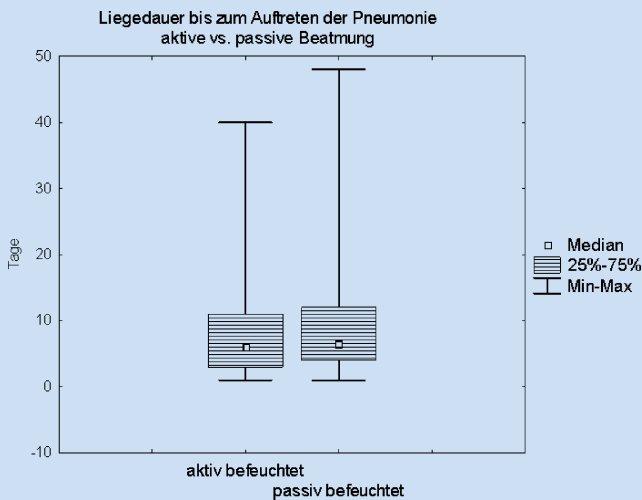


Abb. 3 ▲ Onset der Pneumonie in Tagen nach Aufnahme auf der Intensivstation unter aktiver und passiver Befeuchtung mit Median, Minimal-/Maximalwerten und 25%-75%-Perzentile

Beatmungsassoziierte Pneumonie Gesamtkollektiv (n=3585)

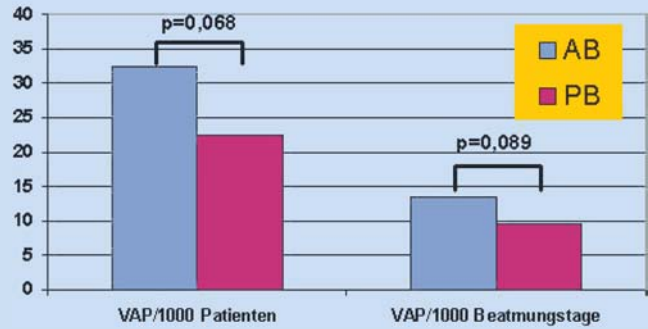


Abb. 2 ▲ VAP/1.000 Patienten und VAP/1.000 Beatmungstage für die Gruppen mit aktiver (AB) und passiver (PB) Befeuchtung am Gesamtkollektiv

Beatmungsassoziierte Pneumonie Beatmete > 2d (n= 540)

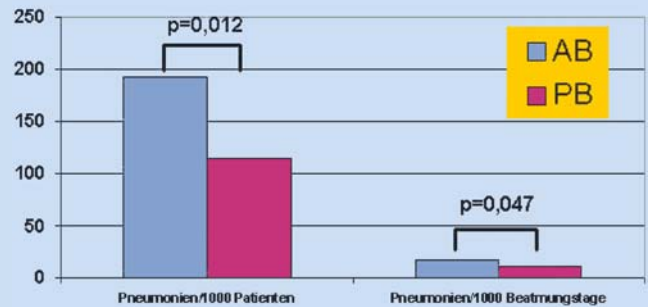


Abb. 4 ▲ VAP/1.000 Patienten und VAP/1.000 Beatmungstage für die Gruppen mit aktiver (AB) und passiver (PB) Befeuchtung der Patienten, die länger als 2 Tage beatmet wurden

sivpflegestation nach der Definition des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Atlanta, USA durchgeführt, die seit Oktober 1997 im Rahmen der KISS-Erfassung (Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System) auch in Deutschland angewendet werden.

Folgende Kriterien für das Vorhandensein einer VAP kamen dabei zur Anwendung:

- Rasselgeräusche und eitriges Sputum,
- Keimnachweis aus Trachealsekret oder Bronchiallavage,
- Thoraxröntgen: Infiltrat, Verdichtung oder Erguss,

— histologische Beweise (Sektionspatienten).

Die Erfassung wurde 2-mal wöchentlich gemeinsam von einem Mikrobiologen, Hygienefachpersonal und einem Anästhesiefacharzt im Rahmen der Hygienevisite durchgeführt. Die Diagnose Pneumonie wurde von den beiden Fachdisziplinen gemeinsam anhand der CDC-Kriterien gestellt und im klinischen Verlauf validiert.

Ergebnisse

Die statistische Auswertung erfolgte nach den Häufigkeiten des Auftretens der Pneu-

monie bei aktiver vs. passiver Befeuchtung mit dem χ^2 -Test. Deskriptive Statistikdaten und Verteilungen wurden mit dem Programm Statistika 6.0 erhoben.

Die Daten waren mit Ausnahme der Altersverteilung nichtnormal verteilt, sondern geometrisch oder lognormal; die Varianzen der Gruppen waren sehr unterschiedlich (■ Tabelle 1, ■ Abb. 1).

Im gesamten Zeitraum von 42 Monaten wurden 99 nosokomiale Pneumonien bei 3.585 Patienten beobachtet. Die Patienten wurden präoperativ nach dem ASA-Schema (American Society of Anesthesiologists) in Kategorien von 1–5 eingestuft; eine intensivmedizinische Risikostratifizierung erfolgte nicht. Bei Pati-

enten mit Pneumonie und aktiver Befeuchtungsform lag der ASA-Mittelwert bei 3,33, der durchschnittliche ASA-Score bei der passiven Befeuchtungsform lag bei 3,47.

Das Auftreten einer VAP wird durch die Parameter Pneumonien/pro 1.000 Patienten und Pneumonien/1.000 Beatmungstage beschrieben (■ Tabelle 2, ■ Abb. 2).

Die VAP-Rate betrug bei der aktiven Befeuchtungsform 13,5/1.000 Beatmungstage. Bei der passiven Befeuchtungsform lag die Pneumonierate bei 9,6/1.000 Beatmungstage. In der Gruppe der Patienten unter aktiver Befeuchtung (AB) betrug die Zahl der Beatmungstage $n=4.505$, in der Passivbefeuchtergruppe (PB) waren es $n=3.975$. Dabei verfehlten sowohl die Anzahl der Pneumonien pro 1.000 Patienten als auch die Pneumonierate pro 1.000 Beatmungstage jeweils nur knapp das Signifikanzniveau.

Die Patienten lagen durchschnittlich 4,86 Tage in den Jahren 1997–2001 auf der Station. Eine VAP entwickelte sich im Durchschnitt nach 8,1 Tagen (Onset der Pneumonie) unter der aktiven Befeuchtungsform vom Tag nach Aufnahme auf der Intensivstation gerechnet. Bei der passiven Befeuchtungsform trat durchschnittlich nach 9,8 Tagen eine Pneumonie auf. Aufgrund der großen Standardabweichung war der Unterschied jedoch nicht signifikant (■ Tabelle 3, ■ Abb. 3).

Für die nosokomiale Pneumonie besteht ein enger Zusammenhang mit der Verweildauer auf der Intensivstation. Sowohl in der Gruppe aller Patienten als auch in der Gruppe der Langzeitbeatmeten >2 Tage ist die Liegedauer mit Pneumonie verlängert (■ Tabelle 3).

Patienten, die mehr als 2 Tage beatmet waren, hatten ein besonders hohes Risiko der Entwicklung einer nosokomialen Pneumonie. Auch der Unterschied in der Pneumonierate zwischen den beiden Befeuchtungsverfahren ist hier wesentlich deutlicher. Die Inzidenz der VAP steigt in dem Kollektiv mit der Dauer der Beatmung dramatisch an. Von den 3.585 Patienten waren 541 Patienten länger als 2 Tage beatmet, das sind 15,1% der Stichprobe. Von 99 VAP traten 84 (84,8%) in der Gruppe der >2 Tage beatmeten Patienten auf (■ Tabelle 4, ■ Abb. 4).

Tabelle 3

Durchschnittliche Liegedauer in Tagen 1997–2001, Gesamtkollektiv und Pneumoniepatienten, >2-Tage-Beatmete mit und ohne beatmungsassoziierte nosokomiale Pneumonie

	Liegedauer (Tage)		
	Gesamt	Zeit AB	Zeit PB
Alle Patienten	4,86	4,79	4,95
Patienten mit Pneumonie	27,30	26,33	28,87
>2 Tage beatmet ohne VAP	13,0	12,7	13,3
>2 Tage beatmet mit VAP	30,4	28,5	33,7

AB aktive Befeuchtung, PB passive Befeuchtung, VAP beatmungsassoziierte nosokomiale Pneumonie

Tabelle 4

Langzeitbeatmete Patienten >2-Tage-Beatmung: Beatmungstage gesamt, Pneumonien, Pneumonierate bezogen auf 1.000 Patienten und 1.000 Beatmungstage, Onset der Pneumonie

	Zeit AB	Zeit PB	P
Patienten >2 Tage beatmet	273	267	
Beatmungstage	3015	2761	
Pneumonien	53	31	
Pneumonien/1.000 Patienten	193,4	115,1	0,012
Pneumonien/1.000 Beatmungstage	17,6	11,2	0,047

AB aktive Befeuchtung, PB passive Befeuchtung

Diskussion

Die VAP ist die häufigste nosokomiale Infektion auf Intensivstationen [9]. Beatmungsassoziierte nosokomiale Pneumonien entstehen durch Aspiration von Sekreten aus dem Mund-Rachen-Raum, Kontamination des Atemsystems oder hämatogene Aussaat von Erregern aus Infektionsherden. Begünstigend beim intubierten Patienten wirken vor allem gastraler Reflux, Oberkörperflachlagerung, verminderte Schutzreflexe, Antibiotikatherapie und eine Stressulkusprophylaxe [11.]

Interventionen am Atemsystem, wie Absaugen, Bronchoskopie oder bronchoalveoläre Lavage (BAL), haben das Risiko einer Kontamination, bergen aber auch die Gefahr der Verschleppung des Biofilms aus dem Tubus in die Atemwegsperipherie [7, 20].

Dem Eindringen von Krankheitserregern ist der Organismus nicht schutzlos ausgeliefert. Das System der Keim- und Partikelabwehr besteht beim gesunden Menschen aus Filtration in den oberen

Atemwegen, der mukoziliären Clearance in den mittleren Atemwegen und der zellulären Abwehr in den tiefen Atemwegen. Das physiologische Ineinandergreifen der verschiedenen Abwehrmechanismen ermöglicht eine effiziente Infektabwehr. Endotracheale Intubation und Beatmung, Sedierung, Immobilisation, Schockzustände, Immunsuppression, operatives Trauma, Infektionen außerhalb des Respirationstrakts, Medikamente und nicht zuletzt iatrogene Interventionen stellen ein erhebliches Risiko für die Entstehung einer nosokomialen Pneumonie dar [16, 17].

An gesunden narkotisierten Patienten führt der in der Trachea geblockte Tubus per se zu einer Einschränkung der mukoziliären Transportgeschwindigkeit (BTV) [13].

Zur regelrechten Funktion der mukoziliären Clearance sind eine regelrechte Mucusbeschaffenheit und eine physiologische Klimatisierung der Atemgase erforderlich [10, 12, 25]. Atemgas, das in die tiefen Atemwege gelangt, wird auf dem Weg dorthin auf Körpertemperatur er-

wärmt und auf 100% relative Luftfeuchtigkeit angefeuchtet.

Methodenvergleich

Rathgeber et al. [22] konnten in einer Arbeit zum Vergleich unterschiedlicher HMEF beim beatmeten Intensivpatienten zeigen, dass die Erwärmungs- und Befeuchtungsleistung von HMEF erheblich von der Körpertemperatur abhängt. Ein Patient mit Fieber gibt mehr Wärme und Feuchtigkeit ab, nach Abzug des Wasser- und Wärmeverlustes erhält er aber auch mehr Wärme und Feuchtigkeit vom HMEF zurück. Analoges gilt für den hypothermen Patienten. Die Qualität der Befeuchtungsleistung eines HMEF ist von den spezifischen Eigenschaften des Filtermediums, vom Beatmungsmuster, nicht aber von der Körpertemperatur abhängig.

Im Gegensatz dazu arbeiten Aktivbefeuchter mit manuell wählbarer Einstellung. Fehleinstellungen resultieren durch unphysiologische Einstellmöglichkeiten, durch Anwenderfehler und durch Variationen der Körpertemperatur. Ein hypothermer Patient benötigt eine andere Einstellung des aktiven Befeuchters als Patienten mit erhöhter Körpertemperatur [26, 29]. Es kann also sowohl zu Unterbefeuchtung als auch zu Überbefeuchtung kommen.

In der Vergangenheit hatte man nur der Beatmung mit kalten und trockenen Gasen einen negativen Effekt zugesprochen, während das Phänomen der zu warmen und zu feuchten Gase wenig beachtet wurde. Eine Überbefeuchtung führt zu einer Dyskrinie und Hyperviskosität der tracheobronchialen Mucusbeschaffenheit, die zu einer Dysfunktion der mukoziliären Funktion beitragen kann [21, 28]. Hypervisköses, sehr flüssiges Sekret muss mit endotrachealer/endobronchialer Absaugung entfernt werden. Jeder Absaugvorgang ist für den Patienten dabei mit einem hohen Risiko behaftet [7]. Eine Überbefeuchtung führt darüber hinaus zu einer verstärkten Kondensation, das möglicherweise kontaminierte Kondenswasser [3] kann aspiriert werden.

Dementsprechend wurden die Einstellungen moderner Aktivbefeuchter nach oben mittlerweile deutlich begrenzt, da

man die Gefahr einer Überbefeuchtung vermeiden will.

Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von ökonomischen Aspekten, die gegen Aktivbefeuchter sprechen: ihr hoher Anschaffungspreis, jährlich anfallende Wartungskosten für die Atemluftbefeuchter und ein Mehrverbrauch an Verbrauchsmaterialien, wie z. B. Sterilwasser, sterile Handschuhe, Absaugkatheter etc. [23].

Beim Wechsel von aktiver zu passiver Befeuchtung reduziert sich die Rate der notwendigen Absaugvorgänge [3]. Dies wurde in unserem Kollektiv zwar nicht patientenbezogen erfasst, lässt sich aber aus dem Gesamtverbrauch an Absaugkathetern und an der klinischen Erfahrung abschätzen. Als Vergleichszeiträume wurden die Bestellungen der Jahre 1998 und 2000 gegenübergestellt. Es ergibt sich ein Rückgang an endotrachealen Absaugvorgängen von ca. 15–20%.

Diese Studie wurde durch eine Beobachtung veranlasst, die wir bei traumatisch/neurochirurgischen Patienten machen konnten und die von Kirton et al. [14] an traumatologischen Patienten beschrieben wurde. Nach Umstellung des Befeuchtungsverfahrens von aktiver auf passive Befeuchtung hatte sich die Rate der VAP dramatisch reduziert; die Rate der endotrachealen Absaugvorgänge reduzierte sich ebenso erheblich. Der Anteil junger, lungengesunder Patienten auf dieser Station war relativ hoch, so dass die Übertragbarkeit auf ältere multimorbide überwiegend abdominal- und thoraxchirurgische Patienten im Rahmen der vorliegenden Studie evaluiert werden sollte.

Unsere Daten belegen, dass ein Wechsel des Befeuchtungsregimes zu einer Reduktion der VAP-Rate führt. Die VAP-Rate bei den länger als 2 Tage beatmeten Patienten ist erwartungsgemäß hoch. In dieser Gruppe waren die Auswirkungen der Umstellung des Befeuchtungsregimes besonders effektiv.

Die Verweildauer von Patienten mit VAP mit durchschnittlich 27,3 Tagen war im Vergleich zur Gesamtheit der Patienten mit einer Liegedauer von 4,9 Tagen deutlich verlängert. Dieser Unterschied entsteht auch in der Untergruppe der >2-Tage-Beatmeten. Patienten, die wegen ihrer Grundkrankheit oder Komorbiditäten länger als 2 Tage beatmet waren, ver-

weilten im Durchschnitt 13 Tage auf der Intensivstation. Langzeitbeatmete mit VAP blieben im Mittel 30,4 Tage auf der operativen Intensivstation. Somit hat die VAP erheblichen Einfluss auf die Liegedauer und damit auch auf die Behandlungskosten.

Eine Analyse der Arbeitsvorgänge am beatmeten Patienten zeigt, dass bei der passiven Befeuchtung wesentlich weniger am System manipuliert und diskonnektiert wird [19]. Dies ist bedingt durch die geringere Rate endotrachealer Absaugvorgänge, den Wegfall des Entleerens der Wasserfallen und das Weglassen des wöchentlichen Schlauchsystemwechsels.

Eine Metaanalyse von Gastmeier [6] über 8 randomisierte, kontrollierte Studien findet einen signifikanten Vorteil für die passive Befeuchtung. Obwohl nur eine einzige der 8 Studien, die Studie von Kirton et al., einen signifikanten Vorteil der passiven Befeuchtung zeigen konnte, kommt die Metaanalyse zu einem signifikanten Vorteil für das passive Verfahren. Die Reduktion der VAP beträgt 140/1.000 Patienten auf 98/1.000 Patienten. Die Pneumonierate in diesen Studien ist primär bereits überdurchschnittlich hoch; dies ist nur z. T. durch sehr unterschiedliche Einschlusskriterien erklärbar.

Fazit für die Praxis

Eine offene, nichtrandomisierte Kohortenstudie hat sicherlich nicht die Aussagekraft einer randomisierten Gruppenvergleichsstudie.

Eine Studie mit ähnlich großen Gruppen und einer primär bereits normalen VAP-Rate (~10 VAP/1.000 Beatmungstage) wurde bis dato nicht beschrieben und hat uns veranlasst, unsere Daten zur Veröffentlichung einzureichen.

Studien zur nosokomialen Pneumonie müssen an sehr großen Kollektiven durchgeführt werden, da die Inzidenz relativ gering ist. Die Pneumonierate ist sowohl vom Befeuchtungsverfahren und von der Effektivität des Hygienemanagement als auch von der Grundkrankheit und den Komorbiditäten abhängig. Alle Untersuchungen zur Reduktion oder zur Inzidenz nosokomialer Pneumonien sind deshalb mit einem großen Fehler behaftet. Eine randomisierte Vergleichsstudie würde die Validität der Daten verbessern, dürfte aber für ein großes Kollektiv nur schwer

durchführbar sein. Mit Umsetzung der KISS-Surveillance waren wir in die Lage versetzt, die nosokomiale Pneumonierate lückenlos zu dokumentieren.

Die Klimatisierung der Atemgase kann routinemäßig mit der passiven Befeuchtung durchgeführt werden und hat in unserem Kollektiv zu einer signifikanten Reduktion der Pneumonierate geführt.

Korrespondierender Autor

R. Kranabetter

Institut für Klinikhygiene, medizinische Mikrobiologie und klinische Infektiologie, Klinikum Nürnberg, Prof.-Ernst-Nathan-Straße 1, 90419 Nürnberg
E-Mail: r.kranabetter@klinikum-nuernberg.de

Literatur

- Anonymous (1998) Surveillance-Protokoll, Pilotprojekt Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS), Modul „Intensivstationen“. Nationales Referenzzentrum für Krankenhaushygiene (NRZ), Robert Koch-Institut (RKI), Juni 1998
- Blin F, Fraisse F, Chauveau P et al. (1996) Incidence of nosocomial pneumonias among 1,788 ventilated patients in 6 ICU according to the type of humidification used. *Intensive Care Med* 22 [Suppl 3]:234
- Boots R, Howe S, George N, Harris F, Faoagali J (1997) Clinical utility of hygroscopic heat and moisture exchangers in intensive care patients. *Crit Care Med* 25:1707–1712
- Brodmann K-F, Lorenz J, Bauer TT, Ewig S, Trautmann M, Vogel F (2003) Nosokomiale Pneumonie: Prävention, Diagnostik und Therapie. *Chemotherapie J* 12:33–44
- Dreyfuss D, Djedaini K, Gros I et al. (1995) Mechanical ventilation with heated humidifiers or heat and moisture exchangers: effects on patient colonization and incidence of nosocomial pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 151:986–992
- Gastmeier P (2003) Aktive versus passive Befeuchtung. *J Anaesth Intensivbehand* 2:44
- Hagler DA, Traver GA (1994) Endotracheal saline and suction catheters: sources of lower airway contamination. *Am J Crit Care* 3:444–447
- Haley RW, Morgan WM, Culver DH, White JW, Emori TG, Mosser J, Hughes JM (1985) Update from the SENIC project. Hospital infection control: recent progress and opportunities under prospective payment. *Am J Infect Control* 13:97–108
- Hauer T, Lacour M, Gastmeier P, Schulgen G, Schumacher M, Ruden H, Daschner F (1996) Nosokomiale Infektionen auf Intensivstationen. Eine bundesweite Prävalenzstudie (NIDEP). *Anaesthesist* 45:1184–1191
- Horstmann, Irvani J, Norris Melville G et al. (1977) Influence of temperature and decreased water content of inspired air on the ciliated bronchial epithelium. A physiological and electron microscopical study. *Acta Otolaryngol* 84:124–131
- Hubmayr RD, Burchardi H, Elliot M et al. (2002) Statement of the 4th International Consensus Conference in Critical Care on ICU-Acquired Pneumonia – Chicago, Illinois, May 2002. *Intensive Care Med* 28:1521–1536
- Irlbeck D (1998) Normal mechanisms of heat and moisture exchange in the respiratory tract. *Respir Care Clin N Am* 4:189–198
- Keller C, Brimacombe J (1998) Bronchial mucus transport velocity in paralyzed anesthetized patients: a comparison of the laryngeal airway and cuffed tracheal tube. *Anesth Analg* 86:1280–1282
- Kirton OC, Haven B de, Morgan J, Morejon O, Civetta J (1997) A prospective, randomized comparison of an inline heat moisture exchange filter and heated wire humidifiers: rates of ventilator-associated early-onset (community-acquired) or late-onset (hospital-acquired) pneumonia and incidence of endotracheal tube occlusion. *Chest* 112:1055–1059
- Kollef MH, Shapiro SD, Boyd V, Silver P, Harz P von, Trovillion E, Prentice D (1998) A randomized clinical trial comparing an extended-use hygroscopic condenser humidifier with heated-water humidification in mechanically ventilated patients. *Chest* 113:759–767
- Konrad F, Mezody M, Goertz A, Marx T, Georgieff M (1996) Einfluss eines Wärme- und Feuchtigkeitsaustauschers (HME) auf den bronchialen Schleimtransport im Rückatemnarkosesystem. *Anaesthesist* 45:802–806
- Konrad F, Schraag S, Marx T, Kilian J, Goertz A (1998) Effect einer total intravenösen Anästhesie mit Propofol, Alfentanil und Vecuronium (TIVA) auf den bronchialen Schleimtransport. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 33:171–176
- Meyer J, Herrmann M (1998) Die offiziellen amerikanischen Empfehlungen zur Prävention nosokomialer Pneumonien. *Anaesthesist* 47:925–935
- Multhaupt J, Dierkes L (1996) Erfahrungen mit dem Klimatisierungsfiler BB100 bei der künstlichen Beatmung auf Intensivstationen. *Intensivmedizin* 4:92–96
- Ng KS, Kumarasinghe G, Inglis TJ (1999) Dissemination of respiratory secretions during tracheal tube suctioning in an intensive care unit. *Ann Acad Med Singapore* 28:178–182
- Rankin N (1998) What is optimum humidity? *Respir Care Clin N Am* 4:189–198
- Rathgeber J, Züchner K, Kietzmann D, Weyland W (1995) Wärme- und Feuchtigkeitsaustauscher zur Klimatisierung der Inspirationsluft intubierter Patienten in der Intensivmedizin. *Anaesthesist* 44:274–283
- Rathgeber J, Henze D, Züchner K (1996) Atemwegsklimatisierung mit leistungsfähigen HME (heat and moisture exchanger) – eine effektive und kostengünstige Alternative zu aktiven Befeuchtern bei beatmeten Patienten. *Anaesthesist* 45:518–525
- Rathgeber J, Kazmaier S, Penack O, Zuchner K (2002) Evaluation of heated humidifiers for use on intubated patients: a comparative study of humidifying efficiency, flow resistance, and alarm functions using a lung model. *Intensive Care Med* 28:731–739
- Ricard JD, Markowicz P, Djedaini K, Mier L, Coste F, Dreyfuss D (1999) Bedside evaluation of efficient airway humidification during mechanical ventilation of the critically ill. *Chest* 115:1646–1652
- Ryan SN, Rankin N, Meyer E, Williams R (2002) Energy balance in the intubated human airway is an indicator of optimal gas conditioning. *Crit Care Med* 30:355–361
- Tenaillon A, Chollet G, Boiteau R, Perrin-Gachadoat D, Burdin M (1993) Heat and moisture exchanging bacterial filter versus heated humidifier in long-term mechanical ventilation. *Care Crit Ill* 7:3
- Williams R (1998) The effects of excessive humidity. *Respir Care Clin N Am* 4:215–228
- Williams R, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P (1996) Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa. *Crit Care Med* 24:1920–1929

Lesetipp

Muskelschmerz

Chronischer Muskelschmerz ist häufig und stellt in vielen Fällen ein großes therapeutisches Problem dar. Die Lebensqualität der Patienten ist stark eingeschränkt, eigens für diese Schmerzform entwickelte Medikamente fehlen noch, obwohl immer deutlicher wird, dass Muskelschmerz eine eigenständige Natur aufweist und nicht nach denselben therapeutischen Ansätze wie Hautschmerz behandelt werden kann.



Die Ausgabe 6/2003 der Springer-Fachzeitschrift „Der Schmerz“ fasst den neuesten Erkenntnisstand zu den Entstehungsmechanismen, der Epidemiologie, dem klinischen Erscheinungsbild und der Therapie des Muskelschmerzes zusammen. Hier finden Sie aktuelle Informationen z.B. über:

- Fibromyalgie
- Muskulär bedingte Rückenschmerzen
- Entzündliche Myopathien
- Myoarthropathische Schmerzen
- Myofasziale Schmerzen
- Besonderheiten des Muskelschmerzes

Sie sind interessiert? Dann bestellen Sie diese Ausgabe bei:

Springer-Verlag
Kundenservice Zeitschriften
Haberstraße 7
69126 Heidelberg
Tel.: +49 6221-345-4303
Fax: +49 6221-345-4229
E-Mail: subscriptions@springer.de