

## ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE UMIDIFICAÇÃO AQUOSO AQUECIDO E TROCADOR DE CALOR E DE UMIDADE NA VIA AÉREA ARTIFICIAL DE PACIENTES EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA

GALVÃO AM<sup>1</sup>, GALINDO FILHO VC<sup>2</sup>, MARINHO PEM<sup>2</sup>, GOMES R<sup>3</sup>, FRANÇA EET<sup>2</sup>, BRANDÃO DC<sup>1</sup>, SANTOS BEM<sup>1</sup>, SILVA LAM<sup>1</sup> E DORNELAS DE ANDRADE AF<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Curso de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, PE - Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Fisioterapia, UFPE, Recife, PE - Brasil

<sup>3</sup>Hospital da Restauração; Hospital da Polícia Militar, Recife, PE - Brasil

Correspondência para: Profa. Dra. Armêle Dornelas de Andrade, Depto de Fisioterapia, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moras Rego, S/N, Cidade Universitária, Recife, PE - Brasil, email: armeledornelas@yahoo.com ou armele@ufpe.br

Recebido: 24/05/2005 – Aceito: 20/04/2006

### RESUMO

Contexto: Nos pacientes recebendo suporte ventilatório invasivo através de tubos endotraqueais é essencial o uso de umidificadores. Objetivo: avaliar os níveis de temperatura (T°C) e de umidade relativa (UR) do gás administrado ao paciente em ventilação mecânica através da umidificação aquosa aquecida (UAA) e do filtro trocador de calor e de umidade (FTCU). Método: Este foi um estudo prospectivo, randomizado, onde foram estudados 20 pacientes divididos em dois grupos: um grupo usou a UAA (n=10) e o outro grupo (n=10) usou FTCU Hygrobac "S", marca Mallinckrodt®. As variáveis analisadas foram: níveis de temperatura (T) e umidade relativa (UR) do gás, volume minuto (VM), volume corrente (VC) e volume de condensação. Resultados: Verificou-se que o sistema de umidificação aquosa aquecida atingiu temperaturas mais baixas que o filtro trocador (29,01 ± 1,33 °C, versus 30,14 ± 1,24 °C; p<0,001). A umidade relativa foi maior na UAA do que no FTCU (97,45 ± 5,22 %, versus 89,87 ± 11,04 %, p < 0,021). O volume de condensação do circuito do grupo usando UAA foi maior que o do grupo usando o FTCU (p < 0,05). Conclusão: Os resultados demonstram que ambos os sistemas, UAA e o FTCU forneceram umidades absolutas abaixo do valor recomendado, sendo que o sistema de UAA ofereceu uma umidade relativa maior, enquanto que o aquecimento do gás com o FTCU obteve um melhor desempenho.

*Palavras-chave:* umidificadores, trocadores de calor e de umidade, ventilação mecânica.

### ABSTRACT

#### **Comparative Study Between Heated Water Humidifiers and Hygroscopic Heat and Moisture Exchangers in Artificial Airways for Patients Undergoing Invasive Mechanical Ventilation**

Background: In patients receiving invasive mechanical ventilation through endotracheal tubes, the use of humidifiers is essential. Objective: To evaluate temperature and relative humidity levels in the gas administered to patients undergoing mechanical ventilation by means of heated water humidifiers (HWH) and hygroscopic heat and moisture exchangers (HHME). Method: This was a prospective randomized study on 20 patients divided into two groups: one group using HWH (n=10) and the other using the Hygrobac "S" model of HHME, made by Mallinckrodt® (n=10). The variables analyzed were: temperature and relative humidity levels of the gas, minute volume (MV), tidal volume (V<sub>T</sub>) and condensation volume. Results: It was found that HWH attained lower temperatures than did HHME (29.01 ± 1.33 °C versus 30.14 ± 1.24 °C; p<0.001). The relative humidity was higher in HWH than in HHME (97.45 ± 5.22% versus 89.87 ± 11.04%; p<0.021). The condensation volume in the ventilator circuit for the group using HWH was greater than for the HHME group (p<0.05). Conclusion: The results demonstrate that both systems (HWH and HHME) supplied absolute humidity that was below recommended values, while the HWH offered higher relative humidity. On the other hand, HHME produced better performance regarding gas heating.

*Key words:* humidifiers, hygroscopic heat and moisture exchangers, mechanical ventilation.

## INTRODUÇÃO

A respiração prolongada de gases inadequadamente condicionados através de um tubo endotraqueal pode acarretar hipotermia, espessamento das secreções, destruição do epitélio das vias aéreas e atelectasias<sup>1,2</sup>. Além dessas conseqüências, a parede e o muco dos brônquios e dos bronquíolos é que sofre maior influência da umidade e da temperatura do gás<sup>3,4</sup>.

Quando o paciente utiliza uma via aérea artificial é necessário que seja acrescentado ao circuito de ventilação um sistema para umidificar e aquecer o gás inalado. Segundo a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), os umidificadores são definidos, sobretudo pelo método de exposição do gás ao vapor de água, sendo os mais usados os umidificadores de bolha aquecido ou não aquecido e os trocadores de calor e de umidade<sup>5,6</sup>.

Os umidificadores de bolha possuem sistemas de liberação oronasal de oxigênio e seu objetivo é apenas aumentar o conteúdo de vapor de água fornecendo umidade absoluta entre 15 e 20 mg/L. Em decorrência do resfriamento e do menor tempo de contato, esses dispositivos se tornam menos eficientes quando o fluxo aumenta acima de 10L/min<sup>7</sup>.

Existem vários tipos de trocadores de calor e de umidade, dentre eles:

- Os umidificadores com condensadores simples com condutividade térmica elevada, são compostos por uma malha metálica, metal dobrado ou tubos metálicos paralelos e recapturam cerca de 50% da umidade expirada pelo paciente, com uma eficácia em torno de 50%<sup>1</sup>.

- Os umidificadores com condensadores higroscópicos possuem uma maior eficácia por utilizar um condensador de baixa condutividade térmica (como papel, algodão ou espuma) e estão impregnados por um sal higroscópico (cloreto de cálcio ou de lítio). A baixa condutividade ajuda a reter mais calor e o sal ajuda a reter mais umidade. Esses dispositivos atingem uma eficácia de aproximadamente 70% (40mg/L expirado; 27mg/L recuperado).

- Os umidificadores hidrofóbicos utilizam um elemento que repele a água com uma grande área de superfície e baixa condutividade. A eficácia desses dispositivos é de 70%.

O Filtro trocador de calor e umidade (FTCU) ideal deve operar com uma eficácia de 70% ou mais, utilizar conexões padrão, possuir uma baixa complacência e adicionar um mínimo de peso, de espaço morto e de resistência ao fluxo de um circuito ventilatório<sup>8,9</sup>.

A eficácia do trocador pode diminuir com o aumento do fluxo, da frequência e dos volumes respiratórios elevados, assim como em níveis elevados de fração inspirada de O<sub>2</sub><sup>9</sup>. Além disso, a resistência ao fluxo através do trocador também é importante. Quando ele é seco, a resistência através da maioria dos dispositivos é mínima. No entanto, em virtude da absorção da água, a resistência ao fluxo do trocador aumenta após algumas horas de uso<sup>10,11</sup>. Em alguns pacientes a resistência aumentada pode não ser tolerada, especialmente

naqueles com doença respiratória que já possuem trabalho respiratório aumentado<sup>9,12</sup>.

Comparados a outros dispositivos, os FTCU podem prevenir as infecções<sup>1</sup>. Os trocadores que funcionam como barreira à entrada de microorganismo são chamados de filtros, os quais possuem condensadores de membranas com poros menores que 0.6 micrômetros de diâmetro<sup>13</sup>.

Ainda são poucos os estudos que avaliam os efeitos, vantagens e desvantagens entre o uso dos FTCU comparado com o sistema de umidificação aquoso aquecido. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de temperatura e umidade do gás inalado pelo paciente submetido à ventilação mecânica invasiva durante o uso da umidificação aquosa aquecida (UAA) e FTCU, correlacionando-os com parâmetros ventilatórios.

## MATERIAIS E MÉTODO

Trata-se de um estudo prospectivo e randomizado, cuja randomização foi feita por sorteio, com uma amostra de 20 indivíduos admitidos na unidade de terapia intensiva de um hospital público composta por pacientes sem pneumopatias prévias à ventilação mecânica invasiva, acometidos por distúrbio cérebro-vascular, na faixa etária de 18-60 anos e usando via aérea artificial (tubo orotraqueal ou cânula de traqueostomia), divididos em dois grupos de 10 pacientes. Um grupo usou o UAA, marca Intermed Misty-3 (São Paulo, Brasil), e o outro grupo usou o FTCU Hygrobac "S", marca Mallinckrodt® (Tyco®).

O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê Institucional de Ética em Pesquisa, n° 106/2004, conforme a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e a participação de todos os indivíduos foi realizada mediante consentimento prévio assinado pelo familiar.

### Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo, os pacientes com doenças atípicas ou doenças associadas com mau prognóstico (pacientes em fase terminal com falência de múltiplos órgãos), presença de instabilidade hemodinâmica e contra-indicação a uma das formas de umidificação instituída na pesquisa. As patologias encontradas no grupo da UAA ficaram assim descritas: Acidente Vascular Cerebral – 30 %, Trauma Crânio Encefálico – 20 % e Trauma Raquimedular – 20 %. No grupo que usou o FTCU as patologias foram: Trauma Crânio Encefálico – 20 %, Trauma Raquimedular - 20% e Tumor Cerebral – 20 %.

### Variáveis analisadas

Foram avaliados dados antropométricos e sinais vitais: temperatura corpórea, frequência cardíaca (FC), pressão arterial média (PAM), frequência respiratória (FR) que foram aferidos através dos sensores de superfície da Dixtal® (SP-Brasil) e os parâmetros ventilatórios: volume corrente (VC),

**Tabela 1.** Características da mostra estudada. Pacientes que receberam o modo de umidificação aquosa aquecida (UAA) e o outro grupo usou o filtro/trocador de calor e de umidade (FTCU).

Características	Pacientes que receberam UAA (n=10)	Pacientes que receberam FTCU (n=10)	
Idade(anos)	43,6 ± 15,2	44,0 ± 19,0	NS
Peso(Kg)	70,5 ± 19,2	64,5 ± 11,6	NS
Mulheres	4	5	NS
Homens	6	5	NS
Dias de internamento	21,8 ± 7,4	18,9 ± 6,7	NS
Frequência cardíaca (bpm)	100,1 ± 21,0	111,1 ± 18,4	NS
Frequência respiratória (ipm)	19,1 ± 3,1	21,1 ± 2,3	NS
Pressão arterial média (mmHg)	88,3 ± 13,3	90,1 ± 12,0	NS
Saturação periférica (%)	94,3 ± 2,0	93,1 ± 1,1	NS

NS= Diferença não significativa entre os grupos

volume minuto (VM), frequência respiratória (FR), saturação de oxigênio (SO<sub>2</sub>), pressão de platô da via aérea (Pplatô), modo de ventilação e fração inspirada de oxigênio (FIO<sub>2</sub>). No que se refere ao gás inalado foram realizadas medidas referentes a umidade relativa (UR) e temperatura (T°C). A Tabela 1 mostra os dados referentes às características da amostra estudada.

### Equipamentos utilizados

Os valores de UR e T foram coletados com o Termo-Higrômetro portátil digital, marca ETI®, modelo ETI 8711 (Inglaterra), com faixa: 0 a 90°C e 0 a 100% UR, resolução: 0,1°C e 0,1 UR, precisão: ± 0,5°C para temperatura e ± 3% para umidade relativa na faixa de 15 a 90%.

Os pacientes foram ventilados mecanicamente com equipamentos Servo-Monterey® (Takaoka) e os parâmetros VC, VM, FR, Pplatô e FIO<sub>2</sub> mensurados na tela do ventilador. O VC foi instituído entre 6-10 ml/Kg, VM > 10 ml/Kg e evitou-se Pplatô > 35cmH<sub>2</sub>O. Os sinais vitais (FR, PA, T°C) foram aferidos através dos sensores de superfície da Dixtal® (SP-Brasil).

### Procedimento experimental

Os pacientes depois de admitidos na UTI foram entubados e os parâmetros da ventilação mecânica invasiva foram ajustados com o intuito de minimizar o desconforto e trabalho respiratório. Além disso, procurou-se manter uma relação entre a pressão arterial de O<sub>2</sub> e a fração inspirada de O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>) maior que 285<sup>14</sup>.

O sensor de umidade relativa (UR) e T do gás foram acoplados no "Y" do circuito do ventilador, no fim dos ramos inspiratório e expiratório junto ao paciente.

As medidas foram realizadas durante 30 minutos a cada 24 horas por 5 dias consecutivos. Seis medidas foram realizadas durante esses 30 minutos e sempre na fase inspiratória. A cada registro eram avaliados a UR, T, VC, VM, FR, SO<sub>2</sub>, FIO<sub>2</sub>, Pplatô e FC. Além disso, foi avaliado o modo ventilatório em que se encontrava o paciente. Os modos adotados foram o modo controlado a pressão (PCV) e espontâneo (pressão de suporte-PS).

No reservatório do grupo com UAA, utilizava-se 280ml de água destilada e ao fim de 30 min. registrava-se o volume final de água no reservatório e o volume de condensação formado ao longo do circuito de ventilação. O aquecimento da placa do umidificador era de 40°C, sendo padronizada para todos. O FTCU era trocado a cada 24 horas conforme orientação do fabricante. O volume de condensação foi drenado e mensurado.

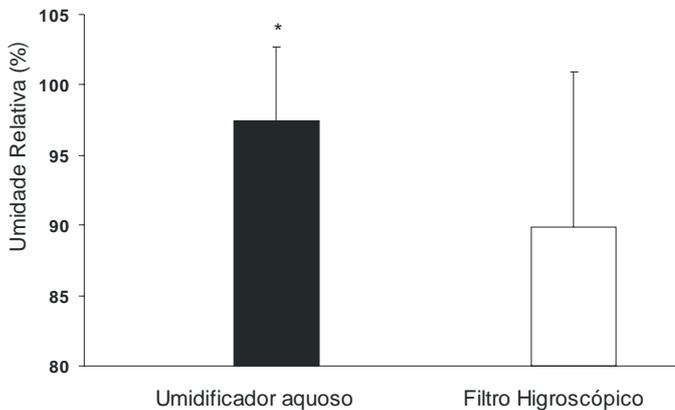
### Análise estatística

Inicialmente analisou-se o tipo de distribuição das variáveis através do teste Kolmogorov-Smirnov. Para verificar as diferenças entre os dados foram usados testes paramétricos *t*-student para as variáveis UR, T do gás, VC, VM, FR e não-paramétricos de Mann-Whitney para as outras variáveis. Todos os testes foram analisados com nível de significância de 95% (p < 0.05) usando-se o software SPSS versão 8.0.

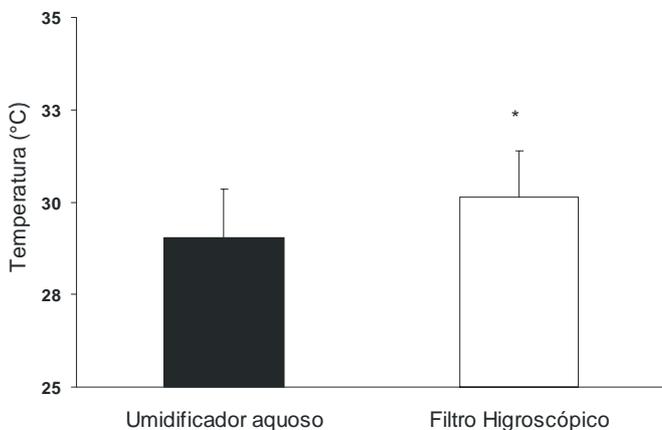
## RESULTADOS

Conforme apresentado na tabela 1, os grupos estudados apresentavam-se homogêneos no que se refere a idade, peso, gênero, dias de internamento, FC, FR, PAM, e SaO<sub>2</sub>.

Em relação à UR, esta foi maior na UAA do que no FTCU ( $97,45 \pm 5,22\%$ , versus  $89,87 \pm 11,04\%$ ,  $p < 0,021$ ), conforme evidenciado na figura 1. O UAA atingiu temperaturas mais baixas que o FTCU ( $29,01 \pm 1,33\text{ }^\circ\text{C}$ , versus  $30,14 \pm 1,24\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $p < 0,001$ ) como é mostrado na figura 2.



**Figura 1.** Valores médios ( $\pm$  DP) da umidade relativa máxima alcançada entre os sistemas de umidificação aquoso aquecido e o filtro/trocador de calor e de umidade (\* $p < 0,021$ ).



**Figura 2.** Valores médios ( $\pm$  DP) da Temperatura máxima ( $\pm$ ) alcançada entre os sistemas de umidificação aquoso aquecido e o filtro/trocador de calor e de umidade (\* $p = 0,001$ ).

Conforme demonstrado na tabela 2, os valores de UR e T, encontrados no nosso estudo, não foram diferentes quando mudamos os modos de ventilação de controlada a pressão, no grupo com UAA (UR,  $94,7 \pm 6,7$  e T,  $29,1 \pm 1,4\%$ ) e no grupo com FTCU (UR,  $96,3 \pm 6,9$  e T,  $30,2 \pm 1,0\text{ }^\circ\text{C}$ ), para a ventilação espontânea, no grupo com UAA (UR,  $97,5 \pm 5,23\%$  e T,  $28,6 \pm 0,9\text{ }^\circ\text{C}$ ) e no grupo com FTCU (UR,  $89,9 \pm 11,0\%$  e T,  $30,0 \pm 1,9\text{ }^\circ\text{C}$ ).

**Tabela 2.** Valores de umidade relativa máxima e da temperatura máxima alcançada entre os sistemas de umidificação durante modos ventilatórios.

	PCV	PS	
<b>Sistema aquoso aquecido</b>			
Umidade máxima (%)	$94,7 \pm 6,7$	$97,5 \pm 5,2$	NS
Temperatura máxima ( $^\circ\text{C}$ )	$29,1 \pm 1,4$	$28,6 \pm 0,9$	NS
<b>Filtro trocador de calor e umidade</b>			
Umidade máxima (%)	$96,3 \pm 6,9$	$89,9 \pm 11,0$	NS
Temperatura máxima ( $^\circ\text{C}$ )	$30,2 \pm 1,0$	$30,0 \pm 1,9$	NS

PCV – Modo ventilatório controlado a Pressão; PS – Modo ventilatório Pressão de Suporte; NS= Diferença não significativa entre os grupos.

Nos tubos dos ventiladores usados pelos pacientes com FTCU não houve a formação de condensado ao longo do circuito. No grupo com UAA o circuito acumulou em média  $8,4\text{ ml/hora}$ . O VC foi maior no sistema aquoso aquecido do que no FTCU ( $597,93 \pm 190,64\text{ ml}$ ,  $p < 0,05$  versus  $443,00 \pm 135,41\text{ ml}$ ,  $p < 0,05$ ). O VM não apresentou diferença significativa entre o grupo do sistema UAA e do FTCU ( $8,13 \pm 1,06\text{ l/min}$  versus  $7,99 \pm 1,01\text{ l/min}$ ).

Em ambos os grupos não foram observadas diferenças significativas quanto à umidade ambiente da UTI ( $51,56 \pm 6,8\%$  versus  $52,9 \pm 7,3\%$ ), temperatura ambiente da UTI ( $26,4 \pm 5,7\text{ }^\circ\text{C}$  versus  $25,3 \pm 0,8\text{ }^\circ\text{C}$ ), pressão de platô ( $23,5 \pm 4,6\text{ cmH}_2\text{O}$  versus  $22,5 \pm 4,6\text{ cmH}_2\text{O}$ ),  $\text{FIO}_2$  ( $38,3 \pm 19,1\%$  versus  $29,1 \pm 5,5\%$ ) e temperatura corpórea ( $35,6 \pm 1,19\text{ }^\circ\text{C}$  versus  $36,1 \pm 1,1\text{ }^\circ\text{C}$ ).

## DISCUSSÃO

Os resultados mostram que quando comparados os valores alcançados de UR e T do gás na traquéia com os valores ideais BTSP (*Body Temperature and Pressure Saturation*, 100% de UR e  $37\text{ }^\circ\text{C}$ ), observou-se que os sistemas de UAA e do FTCU não atingiram esses patamares. A UR e T do gás na UAA ficaram 3% e 21%, respectivamente, abaixo dos valores ideais e o FTCU atingiu valores de UR e T do gás 10% e 18%, respectivamente, abaixo da condição BTSP<sup>2, 15</sup>.

Carter et al.<sup>16</sup> mostraram que a UAA apresenta limitações quanto à umidade e o aquecimento do gás. Ao utilizarem uma versão nova do umidificador da Fisher & Paykel (modelo MR850), eles observaram que poderiam compensar o déficit de umidade, porém esta compensação implicava no aumento excessivo de T no gás administrado ao paciente.

Em termos de umidade absoluta, os resultados mostraram que ambos os sistemas de UAA e FTCU forneceram menos de  $30\text{ mg/l}$  de vapor, que é o valor recomendado por padrões da American Society for Testing

and Materials<sup>17,18</sup>. Ao se mover até os pulmões o gás inspirado pode atingir condições BTPS, ou seja, UR de 100% a 37°C. Esse ponto, geralmente ocorre cerca de 5 cm abaixo da Carina e é denominado de limite de saturação isotérmica. Acima do limite de saturação isotérmica, a T e a UR diminuem durante a inspiração e aumentam durante a expiração. Por outro lado, abaixo dele a T e a UR permanecem constantes<sup>30</sup>. Isto mostra que dependendo do sistema de umidificação o limite de saturação isotérmica pode ser desviado para o interior dos pulmões.

Christiansen et al.<sup>19</sup> mostraram que ao se comparar à umidade ofertada entre os FTCU e a UAA, este último produziu uma umidificação mais elevada (média de 38,4 mg/l variando de 37 a 43 mg/l), a umidificação mais baixa foi produzida pela ventilação artificial seca (média de 8,7 mg/l, variando de 6 a 11 mg/l) e o FTCU produziu uma umidade entre 24 a 36 mg/l.

Os valores de UR e T, encontrados no estudo, não foram mudados os modos de ventilação controlada para assistido-controlada ou espontânea. Além disso, não verificou-se diferença significativa com relação aos valores do VC nos dois grupos, apesar do FTCU ter mostrado valores maiores que o UAA. Entretanto, deve-se ressaltar as possíveis alterações na eficiência no aquecimento e umidade do gás administrado ao paciente em ventilação mecânica. Ainda, pode-se destacar vários estudos reportados na literatura que enfocam os efeitos deletérios de altos volumes correntes na redução da efetividade dos umidificadores e por esta razão o VC foi mantido entre 6-10 ml/Kg<sup>13,20,21,22,23,24</sup>.

Nos tubos dos ventiladores usados pelos pacientes com FTCU não houve a formação de condensado ao longo do circuito. No grupo com UAA o circuito acumulou em média 8,4 ml/hora. O acúmulo de líquido no circuito além de favorecer a colonização de microorganismos, pode fazer com que os ventiladores disparados à pressão ou fluxo tenham a sensibilidade alterada. Esses achados corroboram com os resultados dos estudos de Koleff et al. e Branson et al.<sup>13,25</sup>. Nesses estudos, os autores realizaram uma comparação entre os sistemas UAA e FTCU quanto à pneumonia associada à ventilação mecânica e a relação custo-benefício oferecida por cada um dos sistemas. Em ambos os estudos, os autores verificaram que o filtro apresentou um melhor desempenho. Assim, a ausência de condensação ao longo do tubo reduzindo os meios propícios para proliferações de agentes (que podem ser responsáveis pelas infecções respiratórias comumente encontradas nos pacientes em uso de ventilação mecânica) pode ser considerado como um aspecto positivo para indicação dos filtros. No entanto, ainda há muitas controvérsias no que se refere ao papel dos filtros e ao combate das infecções respiratórias<sup>5,12,15,26</sup>. Alguns FTCU possuem poros menores que 0,6 micrômetros, sendo chamados de filtros bacterianos e virais. Alguns patógenos possuem dimensões maiores, por isso esses trocadores além de exercerem a função de trocador

de calor e de umidade também atuam como filtros biológicos. Porém, muitas controvérsias têm sido provocadas com essa denominação de “filtros bacterianos”. Em recente publicação, Demers<sup>27</sup> questiona a eficácia destes dispositivos e ainda ressalta a possibilidade dos mesmos representarem riscos quanto à contaminação e colonização por microorganismo. Em recente estudo multicêntrico Franco-Canadense observou-se que as atualizações sobre o tema umidificação ainda são escassas por parte dos profissionais que atuam em Terapia Intensiva<sup>28</sup>.

Um estudo experimental com porcos ventilados mecanicamente e submetidos ao uso dos FTCU e UAA demonstrou alteração na viscosidade da secreção, no transporte mucociliar e na quantidade de secreção, além de evidenciar que o FTCU mantém uma maior quantidade de água na via aérea do animal<sup>29</sup>.

Os resultados não permitem inferir sobre este aspecto das infecções respiratórias e sua correlação com os umidificadores utilizados uma vez que não era o objetivo deste estudo e que a metodologia adotada não permitia este enfoque. Novos estudos são necessários envolvendo estudos bacteriológicos dos filtros e as repercussões clínicas nos pacientes.

Outro aspecto importante é a necessidade de maior detalhamento nos manuais dos equipamentos disponíveis na unidade de terapia intensiva. Observou-se que nos manuais dos UAA que acompanham os equipamentos de ventilação mecânica, não foram encontradas informações técnicas suficientes sobre o tipo de solução ideal para a umidificação, o nível da coluna líquida, a UR e UA alcançadas em condições dinâmicas e sobre quais as formas de compensação e monitorização da umidade devem ser oferecidas ao paciente. Esta observação deverá servir de alerta para que as indústrias elaborem manuais mais detalhados que permitam o uso correto destes dispositivos.

Uma limitação do estudo consistiu no fato dos FTCU da marca estudada, fornecerem temperaturas máximas de até 40°C, podendo gerar limitações para que as condições BTPS fossem alcançadas.

Muitas dúvidas ainda persistem quanto à forma mais fisiológica de umidificar o paciente em ventilação mecânica e sobre qual a técnica cujos benefícios são maiores que os seus riscos e complicações, o que evidencia a necessidade de novos estudos envolvendo amostras maiores, diferentes tipos de patologias, estudo bacteriológico dos filtros e das secreções dos pacientes.

Em conclusão, os achados sugerem que ambos os sistemas estudados fornecem valores de UR e T abaixo do valor recomendado. O UAA ofereceu uma maior UR em relação ao FTCU. Em termos de aquecimento do gás o FTCU obteve um melhor desempenho. A ausência de condensação na tubulação do ventilador com o uso do FTCU é um aspecto importante a ser considerado. Assim, a aplicação de um FTCU é um método alternativo de fornecer a umidificação aos pacientes que estão em ventilação mecânica invasiva.

**Agradecimentos:** A empresa Tyco Healthcare / Mallinckrodt, na pessoa da Dra. Sandra Maria de Oliveira Maia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Scalanlan CL, Wilkins RL, Stoller JK. Fundamentos da terapia respiratório de EGAN. 7<sup>ed</sup>. Ed. Manole, 2000; 31: 683-703.
- Shelley MP, Lloyd GM, Park GR. A review of the mechanisms and the methods of humidification of inspired gas. *Int Care Med* 1988; 14: 1-9.
- Chatburn RL, Primiano FP. A rationale for humidity therapy. *Respir Care* 1987; 32: 249-253.
- Vitacca M, Clini E, Foglio K, Scalvini S, Marangoni S, Quadri A, et al. Hygroscopic condenser humidifiers in chronically tracheostomized patients who breathe spontaneously. *Eur Respir J* 1994; 7: 2026-2032.
- Chalon J, Loew D, Malbranche J. Effects of dry air and subsequent humidification on tracheobronchial ciliated epithelium; *Anesthesiology* 1972; 37: 338-334.
- American Society For Testing And Materials., Standard specification for humidification for medical use(F1690), Conshohocken, Pa: ASTM; 1996. p.1-17.
- Rhame FS, Streifel A, McComb C, Boyle M. Bubbling humidifiers produce microaerosols which can carry bacterial; *Infect Control* 1986; 7: 403-407.
- International Organization For Standardization. Heat and moisture exchangers for use in humidifying respired gases in humans. (ISO 9360), Geneva: International Organization for Standardization; 1992. p. 90-92.
- Shelly MP. Inspired gas conditioning *Respir Care* 1992; 37: 1070-1080.
- Branson RD, Davis K. Evaluation of 21 passive humidifiers according to ISO 9360 standard: moisture output, deadspace, and flow resistance. *Respir Care* 1996; 41: 736-734.
- Ploysongsang Y, Branson D, Rashkin MC, Effect of flowrate and duration of use on the pressure drop across six artificial nose. *Respir Care* 1989; 34: 902-907.
- Iotti GA, Olivei MC, Braschi A. Mechanical effects of heat-moisture exchangers in ventilated patients. *Crit. Care* 1999; 3: 77-82.
- Kollef MH, Shapiro SD, Boyd V, Silver P, Von Harz B, Trovillion E, et al. A randomized clinical trial comparing an extended-use hygroscopic condenser humidifier with heated-water humidification in mechanically ventilated patients. *Chest* 1998; 113: 759-767.
- Sganga G, Siegel JH, Coleman B, Giovannini I, Boldrini G, Pittiruti M. The Physiologic Meaning of the Respiratory Index in Various Types of Critical Illness. *Circ Shock* 1985; 17: 179-193.
- Goldberg ME, Epstein R, Rosenblum F, Larijani GE, Marr A, Lessin J, et al. Do heated humidifiers and heat and moisture exchangers prevent temperature drop during lower abdominal surgery? *J Clin Anesth* 1992; 4: 16-20.
- Carter BG, Kemp T, Mynard J, Hochmann M, Osborne A. Compensating for the effect of inlet gas temperature on heated humidifier performance. *Anaesth Int Care* 2003; 31: 54-57.
- Dreyfuss D, Djedaini K, Gros I, Mier L, Le Bourdelles G, Cohen Y, et al. 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* 1995; 4: 986-992.
- Richard D, Branson Rrt. Humidification for Patients with Artificial Airways. *Respir Care* 1999; 44(6): 630-641.
- Christiansen S, Renzing K, Hirche H, Reidemeister JC. Measurements of inspired air humidity as provided by different humidifiers. *Anesthesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie* 1998; 33: 300-305.
- Lellouche F, Taille S, Maggiore SM, Qader S, L'her E, Deye N, et al. Influence of Ambient and Ventilator Output Temperatures on Performance of Heated-wire Humidifiers. *Am. J. Respir Crit Care Med* 2004; 27: 196-210.
- Nishida T, Nishimura M, Fujino Y, Mashimo T. Performance of heated humidifiers with a heated wire according to ventilatory settings. *J Aerosol Med* 2001; 14: 43-51.
- Peterson BD. Heated humidifiers. Structure and function. *Respir Care Clin N Am* 1998; 4: 243-259.
- Vitacca M, Clini E, Porta R, Ambrosino N. Breathing pattern and respiratory mechanics in chronically tracheostomized patients with chronic obstructive pulmonary disease breathing spontaneously through a hygroscopic condenser humidifier. *Respiration* 1997; 64: 263-267.
- Subayi L, Chergui K, Beydon L. Heat and moisture exchanging filters for conditioning of inspired gases in adult anesthesia and resuscitation. *Ann F Anesth Reanim* 1998; 17: 699-708.
- Branson RD, Davis K Jr, Campbell RS, Johnson DJ, Porembka DT. Humidification in the intensive care unit. Prospective study of a new protocol utilizing heated humidification and a hygroscopic condenser humidifier. *Chest* 1993; 104: 1800-1805.
- Fink JB, Krause SA, Barrett L, Schaaff D, Alex CG. Extending ventilator circuit change interval beyond two days reduces the likelihood of ventilator associated pneumonia (VAP). *Chest* 1998; 113: 406-411.
- Demers RR. Bacterial/viral filtration - Let the breather beware. *Chest* 2001; 120: 1377-1389.
- Ricard JD, Cook D, Griffith L, Brochard L, Dreyfuss D. Physicians' attitude to use heat and moisture exchangers or heated humidifiers: a Franco-Canadian survey. *Int Care Med* 2002; 28: 719-725.
- Eckerbom B, Lindholm CE, Mannting F. Mucociliary Transport with and Without the Use of A Heat and Moisture Exchanger - An Animal Study, *Acta Anaesth Scand* 1991; 35: 297-301.
- Scalanlan CL, Wilkins RL, Stoller JK. Fundamentos de Terapia respiratória de Egan. 7<sup>ed</sup>. Ed. Manole; 2000; 31: 683-703.