

Umidificação dos gases inspirados na ventilação mecânica em crianças

Humidification of inspired gases in mechanical ventilation in children

SILVIA GATIBONI¹
JEFFERSON PEDRO PIVA²
PEDRO CELINY RAMOS GARCIA³

RESUMO

Objetivos: apresentar os tipos de umidificadores mais utilizados em circuitos de ventilação mecânica, principalmente em pacientes pediátricos, e analisar suas vantagens e desvantagens.

Fonte de dados: revisão da literatura científica através de artigos pertinentes incluídos na base de dados PubMed/Medline, enfatizando as palavras umidificação, ventilação mecânica, crianças, umidificadores aquecidos e trocadores de calor e umidade. Também foram incluídos capítulos de livros sobre o assunto.

Síntese dos dados: durante a ventilação mecânica, a umidificação e o aquecimento dos gases inspirados são necessários para prevenir os efeitos do frio e dos gases secos no epitélio traqueobrônquico. Os dispositivos mais utilizados são os Umidificadores Aquecidos e os Filtros Trocadores de Calor e Umidade.

Conclusões: não existe consenso quanto ao melhor dispositivo para aquecimento e umidificação dos gases inspirados, principalmente em pediatria, porém observamos a tendência ao uso de filtros trocadores de calor e umidade, pela facilidade e menor custo. Novas pesquisas são necessárias para otimizar os filtros trocadores de calor e umidade, diminuindo a resistência e o espaço morto e aumentando a eficácia dos mesmos.

DESCRIPTORIOS: RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL; RESPIRADORES MECÂNICOS; CRIANÇA; UMIDADE; REAQUECIMENTO; TRANSFERÊNCIA DE CALOR.

ABSTRACT

Aims: To present the more utilized types of humidifiers in mechanical ventilation circuits, mainly in pediatric patients, and to analyze their advantages and disadvantages.

Source of data: Review of the scientific literature through a PubMed/Medline search, emphasizing the words humidification, mechanical ventilation, children, heated humidifiers and heat and moisture exchangers. Also included were book chapters about the subject.

Summary of the findings: During mechanical ventilation, humidification and warming of inspired gases are required to prevent the effects of cool and dry gases on the tracheobronchial epithelium. The most used devices are heated humidifiers and heat and moisture exchangers.

Conclusions: There are no consensus about the better device to humidification and warming of gases, mainly in pediatrics, but we observed the trend to use the heat and moisture exchangers, because of simplicity and low expense. New research is needed to optimize the heat and moisture exchangers, reducing the resistance and dead-space and increasing their efficacy.

KEY WORDS: RESPIRATION, ARTIFICIAL; VENTILATORS, MECHANICAL; CHILD; HUMIDITY; REWARMING; HEAT TRANSFERENCE.

¹ Fisioterapeuta, mestranda em Pediatria/Saúde da Criança - Faculdade de Medicina da PUCRS, Porto Alegre, Brasil.

² Professor Adjunto Doutor do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina da PUCRS e do departamento de Pediatria e Puericultura da Faculdade de Medicina da UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

³ Professor Adjunto Doutor do Departamento de Pediatria da Faculdade de Medicina da PUCRS, Porto Alegre, Brasil.

INTRODUÇÃO

A umificação e o aquecimento dos gases inspirados realizado por dispositivos artificiais são necessários para prevenir os efeitos indesejados do frio e dos gases secos no epitélio traqueobrônquico, durante a ventilação mecânica.¹ A importância dos dispositivos umificadores é unânime, pois a respiração prolongada de gases inadequadamente condicionados através de um tubo endotraqueal pode acarretar espessamento de secreções, destruição do epitélio respiratório e atelectasias.²

Segundo a *American Society for Testing and Materials*, os umificadores são definidos pelo método de exposição do gás ao vapor de água, sendo mais utilizados os umificadores de bolha aquecidos (*Heated Humidifiers*) e os trocadores de calor e de umidade (*Heat and moisture exchangers* - HME).³

UMIFICAÇÃO DOS GASES INSPIRADOS EM VENTILAÇÃO ESPONTÂNEA

Durante a inspiração, calor e umidade são adicionados aos gases, enquanto que na expiração, o calor e a umidade são retidos no trato respiratório superior. Essa troca de calor é necessária para a função normal das vias aéreas. A perda de água através do trato respiratório é um fenômeno esperado, definido clinicamente como perda insensível de água.⁴

O revestimento mucoso nasal é mantido úmido por secreções oriundas das glândulas mucosas, das células caliciformes e da transudação de líquido através da parede celular. A mucosa que reveste os seios paranasais, a traquéia e os brônquios, também auxilia no aquecimento e na umificação. A intensa vascularização da mucosa nasal permite o aquecimento e a transferência eficaz de calor para o ar inalado. Na respiração normal, o fluxo turbulento através do nariz assegura o contato adequado entre o ar inspirado e a mucosa.

Durante a inspiração o ar é aquecido (convecção) e extrai vapor de água do revestimento mucoso úmido (evaporação).⁴ No decorrer desse processo, o aquecimento e a umificação variam de acordo com a localização, apresentando no nariz/boca temperatura de 20 a 22°C, umidade relativa de 50% e umidade absoluta de 10mg/litro. Ao atingir a hipofaringe, o ar apresenta-se entre 29 e 32°C, umidade relativa de 95% e

umidade absoluta de 28 a 34 mg/litro. Ao chegar na traquéia, a temperatura aumenta para 32-35°C, a umidade relativa para 100% e a umidade absoluta para 36-40mg/l.^{2,5}

Na respiração, o gás inspirado pode atingir condições BTPS (*body temperature, ambient pressure, saturated with water vapor* - temperatura corporal em pressão ambiente, com saturação por vapor de água), identificadas como umidade relativa de 100% a 37°C. Esse ponto, normalmente cerca de 5 cm abaixo da carina traqueal, é denominado de limite de saturação isotérmica.⁴ Ao atingir os alvéolos, o ar inspirado encontra-se na temperatura do corpo (37°C) e saturado de vapor de água (44mg/L).⁶

Na respiração normal, o gás expirado transfere o calor de volta para a mucosa traqueal e nasal por convecção. O gás saturado é resfriado e conserva menos vapor de água. Ocorre condensação sobre as superfícies mucosas e a água líquida é reabsorvida pelo muco (reidratação). Portanto, na expiração, o ar transita pela traquéia a uma temperatura de 34° C e, à medida em que se dirige ao exterior, vai transferindo calor para a mucosa respiratória, que recupera, assim, quantidades significativas de calor e de água na fase expiratória.

FILTRO TROCADOR DE CALOR E UMIDADE

Os trocadores que funcionam como barreira à entrada de microorganismos são chamados de filtros, os quais possuem condensadores de membranas com poros menores que 0.6 micrômetros de diâmetro.^{2,7}

Os filtros HME são uma alternativa atraente para aquecimento e umificação por diversos motivos: simplificação do circuito ventilatório; atividade passiva, sem necessidade de energia externa ou reservatório de água; diminuição do trabalho da equipe de enfermagem; baixo risco de contaminação; e baixo custo.⁸ Existem inúmeros tipos de filtros HME. Dentre eles, estão os umificadores com condensadores simples, os umificadores com condensadores higroscópicos e os umificadores hidrofóbicos.

Os umificadores 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%.² Os umificadores com condensadores higroscópicos

possuem maior eficácia por utilizar um condensador de baixa condutividade térmica, 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. Os umificadores hidrofóbicos utilizam um elemento que repele a água, com uma grande área de superfície e baixa condutividade.²

O filtro HME 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.^{2,9,10}

Todos os filtros apresentam especificações definidas, mas um estudo observou *in vivo* a performance de três umificadores com ISO (*International Organization for Standardization* – Organização Internacional para Normalização) especificado similar, em pacientes submetidos à anestesia geral. Foram mensurados temperatura, calor total perdido, umidade relativa e absoluta dos gases inspirados, entre outros. Foram encontradas diferenças significativas entre os diferentes filtros HME, concluindo-se que a performance *in vivo* dos filtros não corresponde às especificações de fábrica.¹¹

A eficácia dos filtros HME pode diminuir com o aumento do fluxo, da frequência e dos volumes respiratórios elevados, bem como em níveis elevados de fração inspirada de Oxigênio.¹³ A resistência ao fluxo através do trocador é de extrema importância. Quando ele é seco, a resistência através da maioria dos dispositivos é mínima, mas em virtude da absorção da água, a resistência ao fluxo do trocador aumenta após algumas horas de uso.¹⁴ Há aumento da resistência inspiratória e expiratória, principalmente em casos de ventilação espontânea.¹² Bell¹⁵ estudou o aumento do trabalho ventilatório de crianças com pesos entre 3 e 8 kg, durante anestesia, ao adicionar um filtro HME ao tubo-t e concluiu que o trabalho ventilatório aumentou 43%.

O tempo de uso ideal estabelecido pelos fabricantes é de 24 horas, porém existem estudos que divergem. Enquanto alguns defendem a troca a cada 48 horas,¹⁶⁻¹⁸ outros afirmam que filtros HME trocados a cada 96 horas têm a mesma performance dos trocados a cada 24 horas, sem prejuízo quanto ao aquecimento e umificação dos gases ventilados.¹⁹ Também há quem defenda a troca dos filtros apenas uma vez por semana, reduzindo os custos com a assistência ventilatória.²⁰ Percebe-se, portanto, que não existe consenso quanto ao tempo de uso ideal

dos filtros. Levando em consideração nossa prática clínica em unidade de terapia intensiva pediátrica, acreditamos que a troca a cada 48 horas seja suficiente para evitar oclusões, contaminações e manter uma higiene respiratória adequada, sem prejuízos ao paciente.

Os filtros também podem interferir no tempo de desmame do respirador, pois o tipo de mecanismo de umificação utilizado pode influenciar negativamente na eficácia da ventilação mecânica, a não ser que a pressão de suporte seja consideravelmente aumentada. Portanto, o uso de filtros HME não é recomendada para pacientes com potencial dificuldade para o desmame, em especial aqueles com doença respiratória crônica.¹³ Schiffmann²¹ também relatou que o filtro HME interfere no desmame, concluindo que não deve ser usado em crianças com peso inferior a 2500 g.

Em uma publicação recente, demonstrou-se que o aumento do espaço morto resultante de filtros HME levou ao aumento significativo nos parâmetros ventilatórios necessários para manter uma determinada PCO_2 em crianças menores de dois anos de idade, com pulmões normais.²² Há relato de que o uso do filtro HME aumenta a relação espaço morto/volume corrente. Em pacientes com ventilação espontânea, o uso de filtros HME aumenta a frequência respiratória e o volume minuto para manter uma ventilação alveolar constante; já em pacientes sedados, existe um pequeno aumento da $PaCO_2$.^{6,23} A eficácia do filtro HME diminui com o aumento do volume corrente.¹²

Os trocadores de calor e umidade são muito utilizados durante procedimentos anestésicos que requerem intubação. Moringal et al.⁴ pesquisaram dois grupos de crianças, um com filtro e outro sem filtro HME, e concluíram que o grupo que utilizou o filtro HME apresentou aumento significativo da umidade absoluta, propondo o uso desse dispositivo em operações de curta duração.

UMIFICADORES AQUECIDOS

Os umificadores aquecidos (UA) promovem aquecimento e umificação fazendo passar o gás seco e frio através de uma câmara preenchida parcialmente com água aquecida, onde o vapor de água é misturado ao gás através da evaporação, elevando sua temperatura e umidade.^{24,25}

Os UA apresentam algumas desvantagens, como alto custo,^{24,26,27} potencial de contaminação

bacteriana pela condensação do vapor de água no circuito da ventilação,^{28,29} necessidade de fornecimento de energia²⁴ e necessidade de suprimento de água freqüente,^{6,24} além de estarem sujeitos a apresentar aquecimento e umidificação excessivos ou insuficientes,²⁵ podendo levar a lesão térmica de via aérea ou pouca fluidificação da secreção.³⁰

Existem técnicas para minimizar os efeitos relacionados à formação de condensado no circuito ventilatório, como a colocação de reservatórios de água em pontos baixos do circuito e a utilização de resistência elétrica interna, que mantém o circuito a uma temperatura constante.²⁸

Um estudo de Fassassi et al.,³¹ realizado com 14 neonatos em ventilação mecânica, demonstrou que os UA aumentam os valores da temperatura inspirada, quando comparados aos filtros HME. Estes atingiram temperaturas de aproximadamente 30°C e os UA atingiram temperaturas mais elevadas. Outro estudo, realizado com um modelo pulmonar, concluiu que os UA não podem prevenir as perdas de água em pacientes intubados, pois estas excedem as perdas fisiológicas.³²

Existe uma nova perspectiva no âmbito da umidificação dos gases inspirados de pacientes submetidos à ventilação mecânica. Verificamos, na nossa prática clínica, que os UA estão sendo substituídos pelos filtros HME, em função da praticidade e baixo custo. Para que esta mudança ocorra definitivamente, são necessário mais pesquisas que permitam o aprimoramento dos filtros utilizados em pediatria.

REFERÊNCIAS

- Jaber S, Chanques G, Matecki S. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas Exchange during non-invasive ventilation. *Intensive Care Med.* 2002; 28:1590-4.
- Scanlan CI, Wilkins RL, Stoler JK. Fundamentos da terapia respiratória de Egan. 7ª ed. São Paulo: Manole, 2000.
- American Society for Testing and Materials. Standard specification for humidification for medical use(F1690), Conshohocken (Pa): ASTM; 1996. p.1-17.
- Monrignal JP, Granry JC. The benefit of using a heat and moisture exchangers during short operations in young children. *Paediatr Anaesth.* 1997;7:295-300.
- Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.
- Branson RD, Campbell RS, Johannigman JA, et al. Comparison of conventional heated humidification with a new active hygroscopic heat and moisture exchanger in mechanically ventilated patients. *Respir Care.* 1999;44:912-7.
- Kollef MH, Shapiro SD, Boyd V, et al. A randomized clinical trial comparing an extended-use hygroscopic condenser humidifier with heated-water humidification in mechanically ventilated patients. *Chest.* 1998;113: 759-67.
- Dreyfuss D, Djedaini K, Gros I, 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;151:986-92.
- International Organization for Standardization. Heat and moisture exchangers for use in humidifying respired gases in humans. (ISO 9360). Geneva: The Organization; 1992. p.90-2.
- Shelly MP. Inspired gas conditioning. *Respir Care.* 1992;37:1070-80.
- Lemmens HJM, Brock-Utne JG. Heat and moisture exchange devices: are they doing what they are supposed to do? *Anesth Analg.* 2004;98:382-5.
- Rathgeber J. Devices used to humidify respired gases. *Respir Care Clin N Am.* 2006;12:165-82.
- Girault C, Breton L, Richard JC, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients. *Crit Care Med.* 2003;31:1306-11.
- Iotti GA, Olivei MC, Braschi A. Mechanical effects of heat-moisture exchangers in ventilated patients. *Crit. Care.* 1999;3:77-82.
- Bell GT, Martin KM, Beaton S. Work of breathing in anesthetized infants increases when a breathing system filter is used. *Paediatr Anesth.* 2006;16:939-43.
- Boyer A, Thiéry G, Lasry S, et al. Long-term mechanical ventilation with hygroscopic heat and moisture exchangers used for 48 hour: a prospective clinical, hygrometric, an bacteriological study. *Crit Care Med.* 2003;31: 823-9.
- Philippe M, Jean-Damien R, Didier D, et al. Safety, efficacy, and cost-effectiveness of mechanical ventilation with humidifying filters changed every 48 hours: a prospective, randomized study. *Crit Care Med.* 2000; 28:665-71.
- Thomachot L, Vilet R, Viguier JM. Efficacy of heat and moisture exchangers after changing every 48 hours rather than 24 hours. *Crit Care Med.* 1998;26:477-81.
- Laurent T, Christophe B, Sophie A, et al. Changing heat and moisture exchangers after 96 hours rather than after 24 hours: a clinical and microbiological evaluation. *Crit Care Med.* 2000;28:714-20.
- Ricard JD, Le Miere E, Markowicz P, et al. Efficiency and safety of mechanical ventilation with a heat and moisture exchanger changed only once a week. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161:104-9.
- Schiffmann H. Humidification of respired gases in neonates and infants. *Respir Care Clin N Am.* 2006;12:321-36.
- Chau A, Kobe J, Kalyanaraman R, et al. Beware the airway filter: deadspace effect in children under 2 years. *Paediatr Anesth.* 2006;16:932-8
- Le Bourdelles G, Mier L, Fiquet B, et al. Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during weaning trials from mechanical ventilation. *Chest.* 1996;110:1294-8

24. Holt TO. Aerosol generators and humidifiers. In: Barnes TA. Core textbook of respiratory care practice. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 1994. p.441-84.
25. Bonassa J. Umidificação na ventilação pulmonar mecânica. In: Carvalho WB, Bonassa J, Carvalho CRR, et al. Atualização em ventilação pulmonar mecânica. São Paulo: Atheneu; 1997. p.17-29.
26. Branson RD, Davis KJ, Brown R. Comparison of three humidification techniques during mechanical ventilation: patient selection, cost, and infection considerations. *Respir Care*. 1996;41:809-16.
27. Boots RJ, Howe S, George N. Clinical utility of hygroscopic heat and moisture exchangers in intensive care patients. *Crit Care Med*. 1997;25:1707-12.
28. Peterson BD. Heated humidifiers. Structure and function. *Respir Care Clin N Am*. 1998;4:243-59.
29. Schulze, A. Respiratory Gas Conditioning and Humidification. *Clin Perinatol*. 2007;34:19-33.
30. American Association for respiratory Care. Clinical practice guideline: humidification during mechanical ventilation. *Respir Care*. 1992;37:887-90.
31. Fassassi M, Michel F, Thomachot L, et al. Airway humidification with a heat and moisture exchangers in mechanically ventilated neonates: a preliminary evaluation. *Intensive Care Med*. 2007;33:336-43.
32. Rathgeber J, Kazmaier S, Penack O. 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*. 2002;28:731-9.

Endereço para correspondência:

SILVIA GATIBONI
Rua Lucas de Oliveira 2303/202 - Petrópolis
CEP 90460-001, Porto Alegre, RS, Brasil
Fone: (51)84139553
E-mail: silviagatiboni@yahoo.com.br