



# REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Official Publication of the Brazilian Society of Anesthesiology  
www.sba.com.br



## ARTIGO CIENTÍFICO

# Há Risco de Êmbolos durante a Infusão com o Uso de Aquecedores com Linhas de Aquecimento de Sangue e Líquidos?

Yüksel Erkin\*, Aydın Taşdöğen, Edip Gönüllü

<sup>a</sup> Departamento de Anestesiologia e Reanimação, Faculdade de Medicina, Dokuz Eylül University, Izmir, Turquia

Recebido em 23 de agosto de 2012; aceito em 2 de outubro de 2012

**PALAVRAS-CHAVE**  
COMPLICAÇÕES,  
Embolia gasosa;  
Equipamentos e  
Provisões Hospitalares;  
HIDRATAÇÃO;  
Soluções Isotônicas

### Resumo

**Justificativa e objetivos:** Os aquecedores de sangue e de líquidos que aquecem em linha são amplamente usados por causa do baixo custo, do uso prático e porque não dependem de equipamentos. Nosso objetivo foi investigar a formação de bolhas em dois aquecedores tipo linha com duas formas de aquecimento diferentes.

**Materiais e métodos:** Dois grupos foram designados às marcas de aquecedores de sangue e líquidos: *S-line* e *Astoflo*<sup>®</sup>. Com o uso de 10 conjuntos de soro para cada grupo (n = 20), 1.000 mL de solução NaCl a 9% foram infundidos a 350 mL.hora<sup>-1</sup> durante uma hora na sala de operação. As seguintes temperaturas foram mensuradas: das partes proximal, intermediária e distal das linhas; do ambiente de ensaio; do líquido usado e do líquido ao atingir a cânula após o aquecimento. O tempo para a formação visível de bolhas foi registrado. Os achados foram estatisticamente comparados com o uso do teste-U de Mann-Whitney.

**Resultados:** Não houve diferença entre os grupos em relação às temperaturas proximal, intermediária e distal das partes das linhas; do ambiente do estudo; do líquido usado e do líquido ao atingir a cânula (p > 0,05). Bolhas foram observadas nos dois aquecedores e o tempo para a formação de bolhas foi semelhante nos dois grupos de estudo (p = 0,143).

**Conclusões:** No cenário experimental, criamos condições semelhantes ao nosso ambiente clínico. Ambos os tipos de aquecedores forneceram níveis de aquecimento semelhantes e formaram bolhas visíveis. Considerando que uma pequena quantidade de êmbolos pode ser fatal em bebês e crianças, a formação de bolhas deve ser seriamente considerada em caso de êmbolos e estudos adicionais devem ser feitos para determinar a quantidade, as razões e os conteúdos da formação de bolhas.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

\* Autor para correspondência. 852 Sokak, N° 21, Atatürk Mahallesi, Bornova İzmir/Türkiye. Tel: +90 (505) 525-0122; +90 (232) 221-1994. E-mail: yuksel.erkin@deu.edu.tr (Y. Erkin)

0034-7094/\$ - see front matter © 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2012.10.002>

## Introdução

Os aquecedores desenvolvidos para aquecer sangue e líquidos para infusão protegem o paciente dos efeitos colaterais da hipotermia. Vários aquecedores de sangue e líquidos estão sendo usados para evitar a hipotermia, que é uma das causas mais importantes de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à anestesia geral.<sup>1-3</sup>

Sistemas de infusão rápida, de microondas e de reservatórios de aquecimento foram desenvolvidos para aquecer sangue e produtos derivados de sangue. Porque esses sistemas são caros e requerem equipamentos, sistemas mais convenientes e baratos foram desenvolvidos. Os sistemas mais usados atualmente são os dispositivos com linhas de aquecimento, porque têm custo baixo, uso prático e não dependem de equipamentos.<sup>1,4</sup> Dois tipos de dispositivos com linhas de aquecimento fabricados por duas empresas são usados no Hospital da Dokuz Eylül University. Ultimamente, temos notado bolhas em conjuntos de soro durante a infusão com o uso desses aquecedores. A embolia durante aplicação de anestesia é uma complicação grave que requer intervenção urgente. A embolia pode levar a eventos fatais se não for detectada ou tratada.<sup>4,6</sup> Porque a embolia tem resultados muito perigosos, o nosso objetivo foi investigar a formação de bolhas em dois aquecedores tipo linha com duas formas de aquecimento diferentes e se essas bolhas causariam êmbolos. Há estudos que relatam êmbolos de ar em dispositivos de infusão rápida; no entanto, não conseguimos encontrar qualquer informação sobre os sistemas de aquecimento em linha de infusão referente à formação de bolhas semelhantes ao ar.

## Materiais e métodos

Após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Dokuz Eylül University, definimos dois grupos: *S-line* (Barkey, Alemanha) e *Astoflo*<sup>®</sup> (Futuremed America Inc., EUA), marcas de aquecedores de sangue e líquidos, com o uso de 10 conjuntos de soro (Eczacibasi-Baxter, Ayazaga/Istambul, Turquia) para cada grupo (n = 20).

**Grupo *S-line*** (n = 10): Na sala de cirurgia, infusões de 1.000 mL de solução NaCl a 9% (Eczacibasi-Baxter, Ayazaga/Istambul, Turquia), foram feitas com o uso do aquecedor de sangue e líquidos *S-line* a uma velocidade de 350 mL.hora<sup>-1</sup> durante uma hora (fig. 1).

**Grupo *Astoflo*<sup>®</sup>** (n = 10): Na sala de cirurgia, infusões de 1.000 mL de solução NaCl a 9% (Eczacibasi-Baxter, Ayazaga/Istambul, Turquia) foram feitas com o uso do aquecedor de sangue e líquidos *Astoflo* a uma velocidade de 350 mL.hora<sup>-1</sup> durante uma hora (fig. 2).

## Método experimental

Os aquecedores de soro das marcas *S-line* e *Astoflo*<sup>®</sup> foram montados em dois suportes para soro em níveis iguais de altura. Antes do estudo, as temperaturas das partes proximal, intermediária e distal das linhas; a temperatura do ambiente da experiência; a temperatura do líquido usado e a do líquido ao atingir a cânula após o aquecimento foram medidas para determinar o nível de aquecimento do aquecedor de líquidos (Fluke 87 V, EUA). Registramos os tempos para a formação



Figura 1 Aquecedor de sangue/líquidos *S-line*.



Figura 2 Aquecedor de sangue/líquidos *Astoflo*<sup>®</sup>.

de bolhas visualmente observáveis. Preparamos 1.000 mL de solução de NaCl a 9% para infusão com a mesma marca (Mediset) de conjuntos de soro. Depois de encher igualmente os reservatórios para soro com o líquido, enchemos os conjuntos de soro com NaCl a 0,9% cuidadosamente para evitar bolhas. Para reproduzir o cenário clínico e estabilizar as taxas de fluxo, montamos um “conjunto de ajuste do gotejamento” (Lacus, Ankara) e cânula com calibre 18G (Bıçakçılar, Izmir) na extremidade do conjunto de soro. Repetimos esses procedimentos 10 vezes em cada grupo.

## Análise estatística

Todos os dados obtidos foram analisados com o uso do programa estatístico SPSS versão 15.0 para Windows (Chicago, Illinois, EUA). Usamos testes não paramétricos, como o teste-U de Mann-Whitney, para comparação estatística. Os dados são apresentados como média ± desvio padrão (média ± DP) e p < 0,05 foi considerado estatisticamente significativo.

**Tabela 1** Comparação das Medidas de Temperatura entre os Dois Grupos do Estudo

Temperaturas medidas	Grupo <i>S-line</i> (°C) (média ± DP)	Grupo <i>Astoflo</i> ® (°C) (média ± DP)	Valor p
Temperatura do ambiente experimental	22,40 ± 1,37	21,33 ± 0,34	0,271
Temperatura do líquido antes da infusão	21,85 ± 1,47	20,93 ± 0,57	0,123
Temperatura do aquecedor ajustado	39,19 ± 0,25	39,33 ± 0,17	0,143
Temperatura da parte proximal da linha	40,16 ± 1,27	41,06 ± 0,83	0,143
Temperatura da parte intermediária da linha	39,80 ± 1,33	40,16 ± 0,61	0,393
Temperatura da parte distal da linha	39,62 ± 0,49	39,80 ± 0,32	0,280
Temperatura do líquido ao sair da cânula	33,71 ± 1,59	34,04 ± 0,52	0,163

## Resultados

As temperaturas do ambiente da experiência; do líquido antes da infusão; do aquecedor ajustado e as temperaturas proximal, intermediária e distal das linhas de aquecimento do líquido ao sair da cânula foram semelhantes entre os dois grupos de estudo e não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$  para todos) (tabela 1).

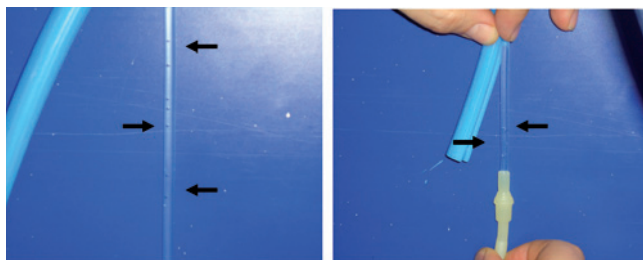
As bolhas visualmente observáveis foram determinadas aos  $9,7 \pm 0,94$  minutos no Grupo *S-line* (fig. 3) e aos  $9,00 \pm 1,05$  minutos no Grupo *Astoflo*® (fig. 4). O tempo para a observação de bolhas foi estatisticamente semelhante entre os dois grupos de estudo ( $p = 0,143$ ).

## Discussão

O aquecimento de líquidos durante os procedimentos cirúrgicos contribui muito para a manutenção da normotermia dos pacientes. Para manter a normovolemia e a normotermia, sistemas pressurizados para infusão são amplamente usados em pacientes com previsão de grande perda de volume,



**Figura 3** Bolhas formadas no dispositivo da marca *S-line*.



**Figura 4** Bolhas formadas no dispositivo da marca *Astoflo*®.

serem submetidos à cirurgia por mais de duas horas e necessitarem de grandes volumes de líquido para reposição intravascular.<sup>1</sup> Os aquecedores de líquidos diferentes estão disponíveis desde meados da década de 1980 e são usados para a infusão de líquidos em pacientes a 37°C. O sistema de aquecimento de líquidos da maioria dos dispositivos disponíveis atualmente é por meio de banhos de água aquecida ou placas de aquecimento.<sup>2,3</sup>

O desenvolvimento de aquecedores de sangue teve como objetivo auxiliar o anestesiologista a evitar a morbidade e a mortalidade relacionadas à hipovolemia e à hipotermia em pacientes de alto risco. No entanto, o uso desses dispositivos não está totalmente isento de riscos.<sup>1,5,6</sup>

As bolsas de líquidos e outras bolsas usadas para aumentar os volumes intravenosos contêm volumes de ar suficientes para causar embolia grave. Os aquecedores de sangue e líquidos usados para a prevenção de hipotermia também têm riscos de provocar embolia gasosa, independentemente da marca e da taxa de infusão. Há relatos de êmbolos de ar provenientes de frascos de soro usados com dispositivos capazes de infusão por pressão e aquecimento.<sup>4,6</sup> Porém, não há relatos sobre a ocorrência de embolia gasosa com o uso de dispositivos de aquecimento em linha usados apenas para aquecer.

Êmbolos que ocorrem durante a anestesia são complicações graves que requerem uma intervenção urgente. Os êmbolos podem surgir em forma de gás, gordura ou líquido amniótico. Embolia gasosa é descrita como um problema iatrogênico causado pela entrada de gases (ar, óxido nítrico e dióxido de carbono) no sistema vascular. O tipo mais frequente é a embolia gasosa venosa (EGV). Na embolia gasosa arterial (EGA), também denominada embolia gasosa paradoxal (EGP), o ar passa pela circulação sistêmica através de defeitos cardíacos ou derivações transpulmonares. EGV e EGA têm quadros clínicos e efeitos diferentes; se não forem percebidas ou tratadas, podem levar a eventos fatais.<sup>7,8</sup>

Porque êmbolos subclínicos nem sempre são percebidos e grandes êmbolos são raros, não devemos supor de imediato que a “embolia é uma condição rara”. A incidência não é tão baixa como se supõe. A incidência exata de embolia gasosa associada a tratamento intravenoso é desconhecida. Embora se acredite que a ocorrência de êmbolos gasosos sintomáticos seja inferior a 2%, a mortalidade é observada em até 30% dos casos. Para que o ar entre no sistema venoso, é preciso que haja uma conexão entre o gás e a veia e um gradiente de pressão para o gás se mover. O resultado depende da quantidade de ar que entra no sistema, da taxa de entrada e da posição do paciente nesse momento. A

espécie e a estrutura do corpo também são importantes. O ar administrado a uma taxa de  $7,5 \text{ mL.kg}^{-1}$  pode provocar a morte em cães, enquanto uma taxa a  $0,55 \text{ mL.kg}^{-1}$  é suficiente para provocar a morte em coelhos. Em crianças, o mesmo volume pode causar efeitos mais sérios em comparação com adultos, por causa do menor volume do ventrículo. Em cães, por exemplo, a tolerabilidade de entrada de ar é de 1.400 mL durante poucas horas, pois o ar que entra no sistema através de infusão lenta é simultaneamente absorvido.<sup>9,10</sup> Não é fácil estimar a quantidade de êmbolos gasosos que os humanos podem tolerar. Na EGP, pequenas quantidades de ar causam sintomas cardiovasculares e/ou neurológicos. A quantidade de ar considerada suficiente para desfechos venosos fatais varia de 10 a 480 mL; no entanto, essa ainda é uma questão discutida. Considerando que, para o lado direito do coração, a taxa de enchimento é de aproximadamente 100 mL, esse volume pode levar à embolia fatal. Embora os livros didáticos clássicos declarem que um volume de ar superior a  $5 \text{ mL.kg}^{-1}$  seja suficiente para provocar choque cardiogênico e parada cardíaca, mesmo pequenas quantidades de ar (como o volume da câmara vazia de 20 mL no lume de conjuntos intravenosos) também podem causar complicações.<sup>10,11</sup> Quando êmbolos venosos ocorrem em pacientes sob anestesia geral, o uso de óxido nítrico pode aumentar o tamanho da bolha e agravar os efeitos embólicos. Por essa razão, quando há suspeita de embolia gasosa, o óxido nítrico deve ser imediatamente descontinuado.<sup>12</sup>

A marca de aquecedores *S-line* que usamos neste estudo tem placas de aquecimento e a marca *Astoflo*<sup>®</sup> banhos de água para aquecer os líquidos. Como não usamos pressão e infusão rápida em nosso modelo, a quantidade de êmbolos gasosos das bolsas de líquidos pode ser ignorada. O cenário experimental criado com condições semelhantes ao nosso ambiente clínico e os dois tipos de aquecedores com formas de aquecimento diferentes forneceram níveis semelhantes de aquecimento ( $33,71 \pm 1,59^\circ \text{C}$  para o Grupo *S-line* e  $34,4 \pm 0,52^\circ \text{C}$  para o Grupo *Astoflo*<sup>®</sup>). Determinamos a formação de bolhas visíveis aos  $9,7 \pm 0,94$  minutos no Grupo *S-line* e aos  $9,00 \pm 1,05$  minutos no Grupo *Astoflo*<sup>®</sup>. Os sistemas de infusão por pressão são geralmente responsabilizados pela entrada de ar no dispositivo.<sup>1,4,11</sup> No entanto, os sistemas que usamos não têm mecanismo de infusão por pressão. Nesse cenário, a formação de bolhas pode ter sido causada pelo aquecimento do dispositivo e/ou da solução de NaCl a 0,9%. Por causa das insuficiências técnicas, não foi possível calcular o volume total de formação de bolhas, a quantidade de bolhas que saía do dispositivo durante a passagem do líquido aquecido, a quantidade de bolhas durante a infusão de 350 mL em uma hora e durante a infusão do total de 1.000 mL de soro. Portanto, não sabemos a quantidade de ar que teríamos administrado a um paciente em ambiente clínico. Não podemos relatar se essa quantidade chegaria a níveis que provocassem embolia fatal. Porém, estudos relatam que um menino saudável de 11 semanas de vida submetido à cirurgia

eletiva para reparo de hérnia precisou de revisão cirúrgica no quinto dia pós-operatório e sofreu parada cardíaca por causa da embolia iatrogênica. A necropsia *post-mortem* revelou que a criança não tinha nenhum defeito cardíaco, mas teve embolia gasosa fatal nos sistemas arterial e venoso.<sup>13</sup> Logo, quantidades muito pequenas de êmbolos podem ser fatais.

Em lactentes e crianças, a formação de bolhas deve ser seriamente considerada por causa do risco de embolia. Acreditamos que estudos adicionais que avaliem diferentes dispositivos para o aquecimento de sangue e seus derivados são necessários para determinar as razões, a quantidade, os conteúdos e as consequências da formação de bolhas.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Eaton MP, Dhillon AK - Relative performance of the Level 1 and ranger pressure infusion devices. *Anesth Analg.* 2003;97:1074-1077.
2. Muth CM, Mainzer B, Peters J - The use of countercurrent heat exchangers diminishes accidental hypothermia during abdominal aortic aneurysm surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1996;40:1197-1202.
3. Smith CE, for the ITACCS Seminar Panel - Principles of fluid warming and trauma. In: Smith CE, Rosenberg AD, Grande CM (Ed.). *Massive transfusion and control of hemorrhage in the trauma patient.* Baltimore: International Trauma Anesthesia and Critical Care Society, 1999, p. 30-34.
4. Woon S, Talke P - Amount of air infused to patient increases as fluid flow rates decrease when using the Hotline HL-90 fluid warmer. *J Clin Monit.* 1999;15:149-152.
5. Hartmannsgruber MW, Gravenstein N - Very limited air elimination capability of the level 1 fluid warmer. *J Clin Anesth.* 1997;9:233-235.
6. Linden JV, Kaplan HS, Murphy MT - Fatal air embolism due to perioperative blood recovery. *Anesth Analg.* 1997;84:422-426.
7. Van Hulst RA, Klein J, Lanchmann B - Gas embolism: pathophysiology and treatment. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2003;23:237-246.
8. Moon RE - Bubbles in the brain: what to do for arterial gas embolism? *Crit Care Med.* 2005;33:909-910.
9. Gabriel J - Infusion therapy part two: prevention and management of complications. *Nurs Stand.* 2008;22:41-48.
10. Mirski MA, Lele AV, Fitzsimmons L, Toung TJ - Diagnosis and treatment of vascular air embolism. *Anesthesiology.* 2007;106:164-177.
11. Agarwal SS, Kumar L, Chavali KH, Mestri SC - Fatal venous air embolism following intravenous infusion. *J Forensic Sci.* 2009;54:682-684.
12. Munson ES - Effect of nitrous oxide on the pulmonary circulation during venous air embolism. *Anesth Analg.* 1971;50:785-793.
13. Sowell MW, Lovelady CL, Brogdon BG, Wecht CH - Infant death due to air embolism from peripheral venous infusion. *J Forensic Sci.* 2007;52:183-188.