



# REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

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



## ARTÍCULO CIENTÍFICO

# ¿Existen riesgos de émbolos durante la infusión con el uso de Calentadores con líneas de calentamiento de sangre y líquidos?

Yüksel Erkin\*, Aydın Taşdoğan, Edip Gönüllü

Departamento de Anestesiología y Reanimación, Facultad de Medicina, Universidad Dokuz Eylül, Izmir, Turquía

Recibido el 23 de agosto de 2012. Aceptado para su publicación el 2 de octubre de 2012

### DESCRIPTORES

COMPLICACIONES,  
Embolia gaseosa;  
HIDRATACIÓN; Equipos  
Hospitalares  
Soluciones isotónicas

### Resumen

**Justificativa y objetivos:** Los calentadores que poseen un calentamiento en línea de sangre y de líquidos son extensamente usados a causa de su bajo coste, del uso práctico y también porque no dependen de equipos. Nuestro objetivo fue investigar la formación de burbujas en dos calentadores de tipo línea con dos formas de calentamiento diferentes.

**Materiales y métodos:** Dos grupos fueron designados a las marcas de calentadores de sangre y líquidos: *S-line* y *Astoflo*®. Con el uso de 10 conjuntos de suero para cada grupo (n = 20), 1.000 mL de solución NaCl al 9% se infundieron a 350 mL.hora<sup>-1</sup> durante una hora en quirófano. Las siguientes temperaturas fueron mensuradas: de las partes proximal, intermedia y distal de las líneas; del ambiente de ensayo; del líquido usado y del líquido al alcanzar la bránula después del calentamiento. El tiempo para la formación visible de burbujas fue registrado. Los hallazgos fueron estadísticamente comparados con el uso del test-U de Mann-Whitney.

**Resultados:** No hubo diferencias entre los grupos con relación a las temperaturas proximal, intermedia y distal de las partes de las líneas; del ambiente del estudio; del líquido usado y del líquido al alcanzar la bránula (p > 0,05). Burbujas se observaron en los dos calentadores y el tiempo para la formación de burbujas fue similar en los dos grupos de estudio (p = 0,143).

**Conclusiones:** Dentro del escenario experimental, creamos condiciones parecidas a nuestro ambiente clínico. Ambos tipos de calentadores suministraron niveles de calentamiento parecidos y formaron burbujas visibles. Considerando que una pequeña cantidad de émbolos puede ser fatal en bebés y en niños, la formación de burbujas debe ser seriamente considerada en caso de émbolos y estudios adicionales deben ser realizados para determinar la cantidad, las razones y los contenidos de la formación de burbujas.

© 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia. 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)

2255-4963/\$ - see front matter © 2013 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

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

## Introducción

Los calentadores desarrollados para calentar sangre y líquidos para infusión protegen al paciente de los efectos colaterales de la hipotermia. Varios calentadores de sangre y líquidos están siendo usados para evitar la hipotermia, que es una de las causas más importantes de morbilidad y mortalidad en pacientes sometidos a la anestesia general.<sup>1-3</sup>

Sistemas de infusión rápida, de micro-ondas y de reservorios de calentamiento se crearon para calentar sangre y productos derivados de sangre. Y ya que esos sistemas son caros y necesitan equipos, sistemas más convenientes y baratos fueron desarrollados. Los sistemas más usados hoy en día son los dispositivos con líneas de calentamiento porque son de bajo coste, tienen un uso práctico y no dependen de equipos.<sup>1,4</sup> Dos tipos de dispositivos con líneas de calentamiento fabricados por dos empresas son usados en el Hospital de la Dokuz Eylül University. Últimamente, hemos notado burbujas en conjuntos de suero durante la infusión con el uso de esos calentadores. La embolia durante la aplicación de la anestesia es una complicación grave que requiere intervención urgente. La embolia puede conllevar a eventos fatales si no se detecta o se trata.<sup>4,6</sup> Dado que la embolia tiene resultados muy peligrosos, nuestro objetivo fue investigar la formación de burbujas en dos calentadores tipo línea con dos formas de calentamiento diferentes y si esas burbujas causarían émbolos. Hay estudios que relatan émbolos de aire en dispositivos de infusión rápida; sin embargo, no logramos encontrar ninguna información sobre los sistemas de calentamiento en línea de infusión referente a la formación de burbujas parecidas con el aire.

## Materiales y métodos

Después de la aprobación del Comité de Ética en Investigación de la Dokuz Eylül University, definimos dos grupos: *S-line* (Barkey, Alemania) y *Astoflo*® (Futuremed America Inc., USA), marcas de calentadores de sangre y líquidos, con el uso de 10 conjuntos de suero (Eczacibasi-Baxter, Ayazaga/Estambul, Turquía) para cada grupo (n = 20).

**Grupo *S-line*** (n = 10): En el quirófano, las infusiones de 1.000 mL de solución NaCl al 9% (Eczacibasi-Baxter, Ayazaga/Estambul, Turquía), se hicieron con el calentador de sangre y líquidos *S-line* a una velocidad de 350 mL.hora<sup>-1</sup> durante una hora (fig. 1).

**Grupo *Astoflo*®** (n = 10): En el quirófano, las infusiones de 1.000 mL de solución NaCl al 9% (Eczacibasi-Baxter, Ayazaga/Estambul, Turquía), se hicieron con el calentador de sangre y líquidos *Astoflo*® y una velocidad de 350 mL.hora<sup>-1</sup> durante una hora (fig. 2).

## Método experimental

Los calentadores de suero de las marcas *S-line* y *Astoflo*® se montaron en dos soportes para suero en niveles iguales de altura. Antes del estudio, las temperaturas de las partes proximal, intermedia y distal de las líneas; la temperatura del ambiente de la experiencia; la temperatura del líquido usado y la del líquido al alcanzar la bránula después del calentamiento, fueron medidas para determinar el nivel



Figura 1 Calentador de sangre/líquidos *S-line*®.



Figura 2 Calentador de sangre/líquidos *Astoflo*®.

de calentamiento del calentador de líquidos (Fluke 87 V, USA). Registramos los tiempos para la formación de burbujas visualmente observables. Preparamos 1.000 mL de solución de NaCl al 9% para la infusión con la misma marca (Mediset) de conjuntos de suero. Después de llenar igualmente los reservorios para suero con el líquido, llenamos los conjuntos de suero con NaCl al 0,9% cuidadosamente para evitar burbujas. Para reproducir el escenario clínico y estabilizar las tasas de flujo, montamos un “conjunto de ajuste del goteo” (Lacus, Ankara) y bránula de calibre 18G (Bıçakçılar, Izmir) en la extremidad del conjunto de suero. Repetimos esos procedimientos 10 veces en cada grupo.

## Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos fueron analizados con el uso del programa estadístico SPSS versión 15.0 para Windows (Chicago, Illinois, USA). Usamos test no paramétricos, como el test-U de Mann-Whitney para la comparación estadística. Los datos se presentan como promedio ± desviación estándar (promedio ± DE) y p < 0,05 se consideró estadísticamente significativo.

**Tabla 1** Comparación de las Medidas de Temperatura entre los dos Grupos del Estudio.

Temperaturas medidas	Grupo <i>S-line</i> (°C) (promedio ± DE)	Grupo <i>Astoflo</i> ® (°C) (promedio ± DE)	Valor p
Temperatura del ambiente experimental	22,40 ± 1,37	21,33 ± 0,34	0,271
Temperatura del líquido antes de la infusión	21,85 ± 1,47	20,93 ± 0,57	0,123
Temperatura del calentador ajustado	39,19 ± 0,25	39,33 ± 0,17	0,143
Temperatura de la parte proximal de la línea	40,16 ± 1,27	41,06 ± 0,83	0,143
Temperatura de la parte proximal de la línea	39,80 ± 1,33	40,16 ± 0,61	0,393
Temperatura de la parte distal de la línea	39,62 ± 0,49	39,80 ± 0,32	0,280
Temperatura del líquido al salir de la bránula	33,71 ± 1,59	34,04 ± 0,52	0,163

## Resultados

Las temperaturas del ambiente de la experiencia, del líquido antes de la infusión, del calentador ajustado y las temperaturas proximal, intermedia y distal de las líneas de calentamiento del líquido al salir de la bránula, fueron similares entre los dos grupos de estudio y no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0,05$  para todos) (tabla 1).

Las burbujas visualmente observables fueron determinadas a los  $9,7 \pm 0,94$  minutos en el Grupo *S-line* (fig. 3) y a los  $9,00 \pm 1,05$  minutos en el Grupo *Astoflo*® (fig. 4). El tiempo para la observación de las burbujas fue estadísticamente similar entre los dos grupos de estudio ( $p = 0,143$ ).

## Discusión

El calentamiento de líquidos durante los procedimientos quirúrgicos contribuyó mucho para el mantenimiento de la normotermia de los pacientes. Para mantener la normovolemia y la normotermia, sistemas presurizados para infusión son ampliamente usados en pacientes con previsión de grande

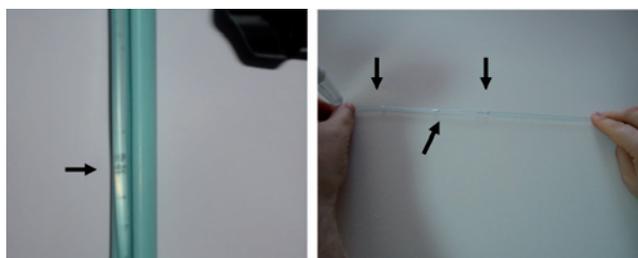
pérdida de volumen, que serán sometidos a la cirugía por más de dos horas y que necesiten grandes volúmenes de líquido para reposición intravascular.<sup>1</sup> Los calentadores de líquidos diferentes están a disposición desde mediados de la década de 1980 y se usan para la infusión de líquidos en pacientes a 37°C. El sistema de calentamiento de líquidos de la mayoría de los dispositivos disponibles actualmente es por medio de baños de agua caliente o placas de calentamiento.<sup>2,3</sup>

El desarrollo de calentadores de sangre tuvo como objetivo auxiliar al anestesiista a evitar la morbilidad y la mortalidad relacionadas con la hipovolemia y con la hipotermia en pacientes de alto riesgo. Sin embargo, el uso de esos dispositivos no está totalmente exento de riesgos.<sup>1,5,6</sup>

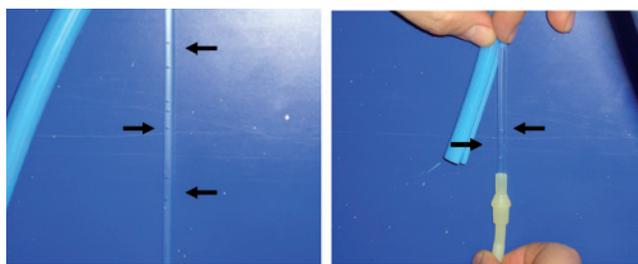
Las bolsas de líquidos y otras bolsas usadas para aumentar los volúmenes intravenosos, contienen volúmenes de aire suficientes para causar embolia grave. Los calentadores de sangre y líquidos usados para la prevención de hipotermia también tienen riesgos de provocar embolia gaseosa, independientemente de la marca y de la tasa de infusión. Hay relatos de émbolos de aire provenientes de frascos de suero usados con dispositivos capaces de infusión por presión y calentamiento.<sup>4,6</sup> Sin embargo, no hay relatos sobre el apareamiento de embolia gaseosa con el uso de dispositivos de calentamiento en línea usados solamente para calentar.

Émbolos que ocurren durante la anestesia son complicaciones graves que requieren una intervención urgente. Los émbolos pueden surgir en forma de gas, grasa o líquido amniótico. La embolia gaseosa se le describe como un problema iatrogénico causado por la entrada de gases (aire, óxido nitroso y dióxido de carbono), en el sistema vascular. El tipo más común es la embolia gaseosa venosa (EGV). En la embolia gaseosa arterial (EGA), también denominada embolia gaseosa paradójica (EGP), el aire pasa por la circulación sistémica por medio de defectos cardíacos o derivaciones transpulmonares. EGV y EGA tienen cuadros clínicos y efectos diferentes y si no se detectan o se tratan, pueden conllevar a eventos fatales.<sup>7,8</sup>

Como los émbolos subclínicos no siempre se notan y los grandes émbolos son raros, no debemos presuponer de inmediato que la “embolia es una condición rara”. La incidencia no es tan baja como se supone. La incidencia exacta de embolia gaseosa asociada con el tratamiento intravenoso no se conoce. Aunque se crea que la incidencia de émbolos gaseosos sintomáticos sea inferior al 2%, la mortalidad se observa en hasta un 30% de los casos. Para que el aire entre en el sistema venoso, es necesario que exista una conexión entre el gas y la vena y un gradiente de presión para que el gas se mueva. El resultado depende de la cantidad de aire



**Figura 3** Burbujas formadas en el dispositivo de la marca *S-line*.



**Figura 4** Burbujas formadas en el dispositivo de la marca *Astoflo*®.

que entra en el sistema, de la tasa de entrada y de la posición del paciente en ese momento. La especie y la estructura del cuerpo también son importantes. El aire administrado a una tasa del  $7,5 \text{ mL.kg}^{-1}$  puede provocar la muerte en perros, mientras que a una tasa del  $0,55 \text{ mL.kg}^{-1}$  es suficiente para provocar la muerte en conejos. En los niños, el mismo volumen puede causar efectos más serios en comparación con los adultos, a causa del menor volumen del ventrículo. En perros por ejemplo, la tolerabilidad de entrada de aire es de 1.400 mL durante pocas horas, porque el aire que entra en el sistema a través de infusión lenta es simultáneamente absorbido.<sup>9,10</sup> No es fácil estimar la cantidad de émbolos gaseosos que los humanos pueden tolerar. En la EGP, pequeñas cantidades de aire causan síntomas cardiovasculares y/o neurológicos. La cantidad de aire considerada suficiente para resultados venosos fatales varía de 10 a 480 mL; sin embargo, esa todavía es una cuestión en discusión. Considerando que, hacia el lado derecho del corazón, la tasa de llenado es de aproximadamente 100 mL, y ese volumen puede conllevar a la embolia fatal. Aunque los libros didácticos clásicos declaren que un volumen de aire superior a  $5 \text{ mL.kg}^{-1}$  sea suficiente para provocar el choque cardiogénico y la parada cardíaca, incluso en pequeñas cantidades de aire (como el volumen de la cámara vacía de 20 mL en el lumen de conjuntos intravenosos), también pueden causar complicaciones.<sup>10,11</sup> Cuando los émbolos venosos ocurren en los pacientes bajo anestesia general, el uso de óxido nítrico puede aumentar el tamaño de la burbuja y agravar los efectos embólicos. Por esa razón, cuando se sospecha de embolia gaseosa, el óxido nítrico debe ser inmediatamente suspendido.<sup>12</sup>

La marca de calentadores *S-line* que usamos en este estudio tiene placas de calentamiento y la marca *Astoflo*® baños de agua para calentar los líquidos. Como no usamos presión e infusión rápida en nuestro modelo, la cantidad de émbolos gaseosos de las bolsas de líquidos puede ser ignorada. El escenario experimental creado con condiciones similares a nuestro ambiente clínico, y los dos tipos de calentadores con formas de calentamiento diferentes, suministraron niveles similares de calentamiento ( $33,71 \pm 1,59^\circ\text{C}$  para el Grupo *S-line* y  $34,4 \pm 0,52^\circ\text{C}$  para el Grupo *Astoflo*®). Determinamos la formación de burbujas visibles a los  $9,7 \pm 0,94$  minutos en el Grupo *S-line* y a los  $9,00 \pm 1,05$  minutos en el Grupo *Astoflo*®. Los sistemas de infusión por presión son generalmente los responsables de la entrada de aire en el dispositivo.<sup>1,4,11</sup> Sin embargo, los sistemas que usamos no tienen un mecanismo de infusión por presión. En ese contexto, la formación de burbujas puede haber sido causada por el calentamiento del dispositivo y/o de la solución de NaCl al 0,9%. A causa de las insuficiencias técnicas, no se pudo calcular el volumen total de formación de burbujas, la cantidad de burbujas que salía del dispositivo durante el paso del líquido caliente, la cantidad de burbujas durante la infusión de 350 mL en una hora y durante la infusión del total de 1.000 mL de suero. Por tanto, no sabemos la cantidad de aire que tendríamos que haberle administrado a un paciente en ambiente clínico. No podemos relatar si esa cantidad llegaría a niveles que provocasen embolia fatal. Sin

embargo, estudios relatan que un niño sano de 11 semanas de vida sometido a la cirugía electiva para reparo de hernia, necesitó una revisión quirúrgica al quinto día postoperatorio y sufrió una parada cardíaca a causa de la embolia iatrogénica. La necropsia *post-mortem* reveló que el niño no tenía ningún defecto cardíaco, sino que tuvo embolia gaseosa fatal en los sistemas arterial y venoso.<sup>13</sup> Por tanto, las cantidades muy pequeñas de émbolos pueden ser fatales.

En lactantes y niños, la formación de burbujas debe ser seriamente considerada a causa del riesgo de embolia. Creemos que estudios adicionales evaluando los diferentes dispositivos para el calentamiento de sangre y sus derivados, son necesarios para determinar las razones, la cantidad, los contenidos y las consecuencias de la formación de burbujas.

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## Referencias

- Eaton MP, Dhillon AK - Relative performance of the Level 1 and ranger pressure infusion devices. *Anesth Analg.* 2003;97:1074-1077.
- 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.
- 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.
- 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.
- Hartmannsgruber MW, Gravenstein N - Very limited air elimination capability of the level 1 fluid warmer. *J Clin Anesth.* 1997;9:233-235.
- Linden JV, Kaplan HS, Murphy MT - Fatal air embolism due to perioperative blood recovery. *Anesth Analg.* 1997;84:422-426.
- Van Hulst RA, Klein J, Lanchmann B - Gas embolism: pathophysiology and treatment. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2003;23:237-246.
- Moon RE - Bubbles in the brain: what to do for arterial gas embolism? *Crit Care Med.* 2005;33:909-910.
- Gabriel J - Infusion therapy part two: prevention and management of complications. *Nurs Stand.* 2008;22:41-48.
- Mirski MA, Lele AV, Fitzsimmons L, Toung TJ - Diagnosis and treatment of vascular air embolism. *Anesthesiology.* 2007;106:164-177.
- Agarwal SS, Kumar L, Chavali KH, Mestri SC - Fatal venous air embolism following intravenous infusion. *J Forensic Sci.* 2009;54:682-684.
- Munson ES - Effect of nitrous oxide on the pulmonary circulation during venous air embolism. *Anesth Analg.* 1971;50:785-793.
- 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.