

# Hipotermia intraoperatoria no terapéutica: prevención y tratamiento (parte II)

J. M. Zaballos Bustingorri\*, J. M. Campos Suárez\*\*

\*Servicio de Anestesiología y Medicina Perioperatoria. Policlínica Guipúzcoa. \*\*Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital San Pau. Barcelona.

## Resumen

La anestesia general y la regional alteran los mecanismos fisiológicos de termorregulación. La hipotermia intraoperatoria no intencionada se presenta habitualmente en la mayoría de las intervenciones quirúrgicas de más de una hora de duración. La medición de la temperatura central de los pacientes, como una constante vital más, es aconsejable en estas intervenciones con el fin de detectar a tiempo las alteraciones térmicas y comprobar la eficacia de los sistemas de prevención y tratamiento de la hipotermia.

El aislamiento pasivo reduce las pérdidas de calor a través de la piel, pero la mayoría de los pacientes precisan un calentamiento activo para mantener la normotermia. Diferentes sistemas de calentamiento de la superficie corporal permiten evitar la instauración de la hipotermia y consiguen aportar calor eficazmente a través de la piel, entre ellos los más útiles son los que utilizan aire caliente convectivo o circulación de agua caliente.

Cuando es necesario administrar volúmenes elevados de fluidos por vía intravenosa, éstos deben calentarse a temperatura corporal, para evitar pérdidas de calor por este motivo.

### Palabras clave:

Complicaciones: hipotermia.

## Non-therapeutic intraoperative hypothermia: prevention and treatment (part 2)

### Summary

General and regional anesthesia alter the physiological mechanisms of thermoregulation, and unintentional intraoperative hypothermia develops during most surgical procedures that last more than 1 hour. Monitoring of central temperatures among other vital signs is advisable in such interventions in order to detect temperature changes and check the efficacy of measures to prevent or treat hypothermia. Passive insulation reduces heat loss through the skin but most patients require active warming to maintain a normal temperature. Various skin surface warming systems prevent hypothermia from developing and provide effective warming. The most often used are forced-air or warm water circulation devices. When large volumes of fluids must be infused intravenously, they must be warmed to body temperature to avoid heat loss.

### Key words:

Complications: hypothermia.

## Introducción

La temperatura ( $T_a$ ) corporal es una constante vital más y es una obligación del anestesiólogo el mantenerla dentro de sus valores normales durante la anestesia y el período postoperatorio. Permitir que los pacientes se enfríen durante la cirugía es exponerlos a una serie de riesgos bien documentados actualmente<sup>1-7</sup>. La incidencia de la hipotermia inadvertida es frecuente en los pacientes quirúrgicos, por lo tanto la medición de la  $T_a$

y el tratamiento térmico han de convertirse en un estándar dentro de la práctica de la anestesiología.

A continuación se revisan las razones que justifican la medición de la  $T_a$  corporal en los períodos intraoperatorio y postoperatorio inmediato así como los métodos disponibles para prevenir y tratar la hipotermia intraoperatoria no intencionada.

## Medición de la temperatura corporal durante los períodos intraoperatorio y postoperatorio

### Monitorización de la temperatura corporal

La monitorización y el control cuidadoso de las constantes vitales, entre las que se encuentra la  $T_a$  corporal, es fundamental para garantizar la seguridad durante la anestesia y la cirugía. Los trastornos térmi-

### Correspondencia:

Juan M. Zaballos Bustingorri  
Policlínica Guipúzcoa  
Parque Miramón, 174  
20011 San Sebastián (Guipúzcoa)  
E-mail: jzaba@euskalnet.net

Aceptado para su publicación en marzo de 2003.



Fig. 1. Sondas utilizadas para medir la temperatura corporal (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): Sonda cutánea, sonda timpánica, sonda nasofaríngea/esofágica/rectal, sonda vesical.

cos son frecuentes en los pacientes quirúrgicos, debido a alteraciones en la termorregulación, a la exposición a la Ta ambiente del quirófano y a variaciones en la producción de calor metabólico<sup>3</sup>, tal como se explica con detalle en la parte primera de este artículo. La Ta corporal normal es de aproximadamente 37 °C. Se considera que se produce hipotermia intraoperatoria<sup>1,5,8</sup> cuando la Ta corporal central es inferior a 36 °C. También debe medirse la Ta corporal durante la anestesia general para facilitar la detección de la hipertermia maligna y confirmar el diagnóstico de la misma y su evolución. A pesar de la importancia de este parámetro, la Ta corporal no se mide habitualmente en la gran mayoría de las intervenciones quirúrgicas.

La monitorización de la Ta corporal es imprescindible para facilitar el mantenimiento de la normotermia durante la cirugía y para detectar a tiempo la aparición de la hipotermia no intencionada, que es el trastorno de la Ta más frecuente durante el período perioperatorio. La Ta corporal desciende entre 0,5 y 1 °C durante la primera hora de anestesia, como consecuencia de la redistribución interna de calor y otra serie de factores que dependen de cada paciente y de cada intervención quirúrgica<sup>1-7</sup>.

En algunas intervenciones se utiliza la hipotermia inducida (terapéutica) con el objetivo de lograr una protección tisular frente a la isquemia, en estos casos es también obligado conocer con exactitud la Ta corporal.

Por último, es necesario conocer el valor de la Ta corporal para poder cuantificar la hipertermia como consecuencia del excesivo calentamiento cutáneo intraoperatorio del paciente, infección, transfusión sanguínea incompatible o por la presencia de sangre en el cerebro, dentro del IV ventrículo<sup>3,5</sup>.

## Órganos donde hay que medir la temperatura corporal

El organismo humano se puede considerar dividido en dos compartimentos térmicos: el compartimento central o "core", y el compartimento de tejidos periféricos<sup>1-7</sup>.

Cuatro lugares para medir la Ta central: El lugar elegido para la monitorización de la Ta debe reflejar la Ta central<sup>9</sup>, que puede medirse en la membrana timpánica<sup>8</sup> (que refleja la de la carótida), en la nasofaringe, en la arteria pulmonar (catéter de Swan-Ganz) o en la parte distal del esófago (que refleja la de la aorta). Estos sitios de medición permanecen fiables incluso en los momentos en los que se producen cambios térmicos rápidos como con la circulación extracorpórea<sup>3,6,8-12</sup>.

Sitios intermedios: A partir de la Ta medida en otros sitios (boca, axila, recto, vejiga urinaria) puede estimarse la Ta central con una exactitud razonable, excepto en situaciones de alteraciones térmicas extremas. La Ta rectal se considera "intermedia" y de respuesta más lenta ante los cambios térmicos en los pacientes en los que se realiza un enfriamiento intencionado y puede que no sea un sitio fiable para medir la Ta durante episodios de hipertermia maligna<sup>3,6,8,10</sup>.

Durante la cirugía cardíaca, la Ta en la vejiga urinaria es similar a la medida en el recto, y por lo tanto, "intermedia" cuando la producción de orina es baja, pero refleja la Ta central cuando el flujo de orina es elevado. Por esta influencia del flujo de orina en el valor de la Ta vesical, este dato puede ser difícil de interpretar en estos pacientes y puede llevar a error<sup>13</sup>.

Ta cutánea: Se ha comprobado que, durante la anestesia general, la Ta medida en la frente es de 1 a 2 °C inferior a la central, y puede ser usada para estimar esta última<sup>14</sup>. Por este motivo, algunos termómetros cutáneos adhesivos de cristal líquido suman automáticamente 2 °C a la Ta medida y la Ta que muestran es, por tanto, la central, aunque se han descrito mediciones erróneas con este tipo de termómetros, lo que les resta fiabilidad<sup>15</sup>.

## Termómetros

Los termómetros electrónicos han sustituido a los tradicionales de mercurio y vidrio. Son exactos, cómodos de utilizar en la práctica clínica y lo suficientemente baratos para que puedan ser desechables (Fig. 1). En los pacientes intubados la manera más fácil de medir la Ta corporal central es mediante una sonda de Ta esofágica o incorporada a un estetoscopio esofágico.

Sin embargo, en los pacientes en los que se utiliza anestesia regional o general con ventilación mediante una mascarilla facial, la medición continua de la Ta

timpánica, o la medición intermitente de la axilar, oral, o en la piel de la frente, a intervalos de 10-15 minutos, es habitualmente lo más adecuado<sup>6,10</sup>.

### ***Situaciones en las que hay que medir la temperatura corporal***

**Anestesia general:** No suele ser necesario medir la Ta durante intervenciones quirúrgicas cortas con anestesia general, porque la redistribución interna de calor hace que sean difíciles de interpretar las perturbaciones térmicas que ocurren durante los 20-30 primeros minutos de anestesia y cirugía. Debe medirse la Ta corporal en todos los pacientes sometidos a anestesia general de más de 30 minutos de duración<sup>1,4,6,11,12</sup>.

**Anestesia regional:** La hipotermia puede ser tan marcada y tan grave durante la anestesia intradural y epidural como con la general. Por lo tanto, debe medirse la Ta central en todos los pacientes sometidos a anestesia regional en los que existe un riesgo de que descienda la Ta corporal, sobre todo en procedimientos de larga duración (Ej. cirugía ortopédica, urológica, etc.). Los lugares de medición más apropiados en estos casos son la membrana timpánica, la axila, la boca, el recto y la vejiga urinaria.

Por otro lado, no es necesario medir la Ta en pacientes sanos sometidos a cirugías de corta duración bajo anestesia regional, pues se supone que no se producirán variaciones importantes de la Ta corporal y además los anestésicos locales no desencadenan hipertermia maligna<sup>6,11,12</sup>.

**Otros casos:** Es necesario medir la Ta corporal durante la recuperación post-anestésica en todos los pacientes, pero especialmente, en aquellos que han estado hipotérmicos durante la cirugía, en los que recibían transfusiones sanguíneas y en los que tengan fiebre o estén sépticos<sup>3</sup>.

### **Prevención y tratamiento de la hipotermia intraoperatoria no intencionada**

El objetivo de la preservación del calor corporal en los pacientes durante la anestesia y la cirugía consiste en minimizar las pérdidas de calor reduciendo la radiación y convección desde la piel, la evaporación desde las superficies quirúrgicas expuestas y el enfriamiento inducido tras la administración de fluidos fríos intravenosos<sup>4,6</sup>.

La vasoconstricción termorreguladora intraoperatoria y la termogénesis sin escalofríos<sup>16</sup> (en lactantes) son muy eficaces una vez iniciadas para evitar la hipotermia central. Pero en la mayoría de los pacientes anestesiados, la Ta intraoperatoria no desciende lo suficiente como para desencadenarlas. Por este motivo, la hipoter-

mia intraoperatoria no debe contemplarse como una consecuencia inevitable de la cirugía y de la anestesia pues se puede reducir su incidencia al mínimo mediante cualquier técnica que limite la pérdida de calor cutáneo hacia el entorno o que aporte calor al paciente.

Existen diferentes medidas que ayudan a prevenir la aparición de la hipotermia en el período intraoperatorio.

### ***Prevención de la hipotermia, disminución de las pérdidas por redistribución***

El descenso de la Ta corporal central provocado por la inducción anestésica se debe a la redistribución de calor entre los compartimentos térmicos corporales<sup>17,18</sup>. Los únicos métodos que pueden restringir o prevenir las pérdidas de calor por redistribución son la vasodilatación farmacológica preoperatoria y la disminución del gradiente de Ta central-periférico mediante el calentamiento del compartimento periférico y de esta forma reducir el diferencial con el compartimento central. Estas son las únicas técnicas que han resultado útiles para reducir la hipotermia intraoperatoria en cirugías de menos de una hora de duración.

#### ***Vasodilatación farmacológica preoperatoria***

La administración de fármacos con efecto vasodilatador antes de la inducción anestésica facilita la transferencia de calor desde el compartimento térmico central al periférico, disminuyendo el gradiente de Ta reduciendo el descenso de la Ta central, pues se mantiene la termorregulación fisiológica. Por lo tanto, en el momento de la inducción anestésica, la hipotermia por redistribución es mínima al no existir gradiente de Ta para el flujo térmico central-periférico.

Esta prevención farmacológica de la redistribución ha sido probada clínicamente administrando nifedipina por vía oral en el preoperatorio<sup>19</sup>. Los pacientes a los que se les administró el fármaco tuvieron un menor descenso de la Ta corporal (0,7 °C) durante la primera hora de anestesia al compararlos con el grupo control no tratado (1 °C). Otros autores encontraron resultados similares al usar ketamina en la inducción anestésica<sup>20</sup> o droperidol como premedicación<sup>21</sup>. Pero estas técnicas preventivas resultan poco útiles en la práctica clínica, pues también hay que tener en cuenta los posibles efectos secundarios no deseados de los fármacos vasodilatadores.

#### ***Precaentamiento cutáneo***

El calentamiento de los tejidos periféricos reduce la hipotermia de redistribución mediante dos mecanis-



Fig. 2. Pre calentamiento cutáneo mediante aire caliente convectivo durante la monitorización del paciente previa a la inducción anestésica.

mos: (1) disminuyendo el gradiente de  $T_a$  central-periférico normal, aumentando la  $T_a$  tisular periférica; y (2) induciendo vasodilatación. Por consiguiente, en este caso la inducción anestésica ejerce un escaso efecto vasomotor.

Habitualmente los pacientes hospitalizados están poco abrigados y llegan al quirófano con un considerable gradiente de  $T_a$  central-periférico. El calentarlos activamente antes de la inducción anestésica es una de las maneras de conseguir que este gradiente sea mínimo. La eficacia del pre calentamiento depende del aumento de la  $T_a$  tisular y del contenido calórico del compartimento térmico periférico. Está limitado por el inicio de la producción de sudor, lo que facilita la pérdida de calor, y por la incomodidad provocada por la elevación de la  $T_a$  cutánea, lo que obligará a detener el pre calentamiento.

Se ha demostrado en voluntarios<sup>22</sup> y en pacientes quirúrgicos<sup>23,24</sup> que el pre calentamiento mediante aire caliente convectivo durante treinta minutos a una hora de duración, reduce la hipotermia por redistribución asociada a la inducción anestésica y también ayuda a disminuir la hipotermia asociada al comienzo de la anestesia epidural.

Esta técnica puede incorporarse sin grandes problemas a la práctica clínica. Debe iniciarse en el momento en el que los pacientes llegan a la zona de espera prequirúrgica y mantenerse durante la monitorización hasta la inducción anestésica (Fig. 2). De esta manera, además de evitar las consecuencias de la hipotermia, la vasodilatación facilita las canulaciones venosas y se mantiene a los pacientes cómodos, sin la sensación desagradable de frío que se produce habitualmente al entrar en el quirófano y colocar a los pacientes en la mesa quirúrgica.

## **Medidas pasivas para disminuir las pérdidas de calor corporal**

### *Actuación sobre la temperatura ambiente*

La  $T_a$  ambiente es la variable que más influye para mantener la normotermia en el individuo. Las pérdidas por radiación dependen de la diferencia de  $T_a$  entre la del paciente y la del entorno<sup>6,9</sup>. Todos los pacientes anestesiados presentarán hipotermia<sup>25</sup> si la  $T_a$  del quirófano es inferior a 21 °C, un 30% si está entre 21 y 24 °C, y ninguno si es superior a 24 °C. En los quirófanos en los que se realiza cirugía en niños prematuros y recién nacidos<sup>25</sup> la  $T_a$  deberá ser de unos 26 °C. Es esencial que cada quirófano disponga de un termostato independiente para ajustar la  $T_a$  en cada caso y en cada momento, pues también una  $T_a$  ambiente excesiva puede resultar incómoda para el personal que trabaja en el área quirúrgica.

Por otro lado, fuera del área quirúrgica (ej.: radiología) hay que tener en cuenta que suele ser imposible ajustar la temperatura ambiente a las necesidades del paciente que va a ser anestesiado.

### *Aislamiento pasivo: cubrir la superficie corporal expuesta.*

Aproximadamente el 90% del calor metabólico se pierde a través de la superficie cutánea, por lo tanto los sistemas de calentamiento corporal deben proteger al organismo de las pérdidas cutáneas de calor<sup>17</sup>.

El método más sencillo para reducir la pérdida de calor por la piel es aplicar un aislamiento pasivo a la superficie cutánea fuera del campo quirúrgico, utilizando los paños quirúrgicos o mantas, pues así se limitan las pérdidas por radiación y convección. La mayor parte del aislamiento térmico la proporciona la piel y el aire inmóvil que queda bajo la cobertura, sin embargo, el acúmulo de capas no incrementa linealmente la protección, por esta razón el añadir más capas no consigue una gran diferencia<sup>1,4</sup>. Es más importante el área total de superficie cutánea cubierta que la parte del cuerpo que se proteja o el tipo de material utilizado. Los paños quirúrgicos o una sábana de plástico retienen el calor corporal igual que una manta de algodón (caliente o no) o que las coberturas de plástico metalizadas<sup>1,6,26,27</sup>. En los niños, es muy importante cubrir adecuadamente la cabeza y las extremidades, pues en ellos suponen un gran porcentaje de la superficie corporal total<sup>28</sup>.

La utilización de coberturas de plástico metalizado parece tener poca utilidad en la prevención de la pérdida intraoperatoria de calor<sup>27</sup>.

Pero con sólo estas medidas (el mejor aislamiento pasivo raramente reduce la pérdida de calor un 50%), resulta difícil mantener la normotermia durante toda una intervención quirúrgica, pues sólo se consigue reducir las pérdidas cutáneas y no las asociadas a la relativamente baja Ta ambiente del quirófano o las que conlleva la cirugía. Por este motivo, son necesarios los sistemas de calentamiento corporal activo que mantienen la normotermia mejor que el aislamiento pasivo<sup>29-32</sup>.

### **Sistemas para el calentamiento corporal activo**

La eficacia de los sistemas de calentamiento depende de varios factores entre los que están el diseño del aparato, el tipo de transferencia de calor, su colocación sobre el paciente y, lo que es más importante, el área corporal total con la que se realiza el intercambio de calor. El límite, en cada caso, viene impuesto por la potencia eléctrica de cada uno y por la Ta máxima que pueden tolerar los tejidos corporales sin que se produzcan quemaduras. El riesgo de lesión tisular se incrementa cuando además se asocia la presencia de irritantes químicos como las soluciones desinfectantes con yodo, o si la piel es fina y delicada, como en los ancianos<sup>17</sup>.

Por lo tanto, con todos los sistemas de calentamiento cutáneo, para mantener la eficacia y la seguridad se debe calentar tanta superficie cutánea como sea posible, para permitir la máxima transferencia de calor sin que se caliente en exceso ninguna zona.

Para el calentamiento activo se utilizan diversos sistemas que se detallan a continuación:

#### *Lámparas de infrarrojos*

Utilizan bombillas incandescentes que generan radiación infrarroja, el calor es transferido por fotones y calienta sin precisar contacto con el paciente, por lo que toda la superficie corporal permanece a la vista en todo momento<sup>17</sup>. Son útiles en los recién nacidos prematuros (acoplados a las cunas de reanimación neonatal) y durante la canulación venosa y la inducción anestésica en lactantes, evitando así la incomodidad de la Ta ambiente elevada en todo el quirófano. Se usan también durante la valoración inicial de los politraumatizados, pues facilitan la exploración física y los accesos vasculares, al no estar tapado el paciente, en quemados y en el período postoperatorio para acelerar el recalentamiento y disminuir el temblor. El calor que aportan se ha estimado<sup>33</sup> en  $74 \text{ kJ}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $17,7 \text{ cal}\cdot\text{h}^{-1}$ ).

Deben mantenerse como mínimo a 70 cm del paciente para evitar quemaduras, controlando la Ta cutánea<sup>16</sup> para evitar un sobrecalentamiento. Las limitaciones de los infrarrojos radican en que no evitan las pérdidas de calor por convección y en que el paciente ha de estar lo suficientemente cerca de la fuente de energía y alineado con ella<sup>28</sup>.

#### *Colchonetas o mantas por las que circula agua caliente*

Las colchonetas de agua caliente se utilizan en quirófano desde hace muchos años. Sin embargo, su eficacia para el calentamiento se ve limitada por una serie de factores relacionados con su colocación debajo de los pacientes en la mesa quirúrgica. La espalda supone sólo un pequeño porcentaje de la superficie corporal total, además las pérdidas de calor por conducción desde la espalda son escasas, puesto que está en contacto con la espesa colchoneta de espuma, que es un excelente aislante, de la mesa quirúrgica.

Las pérdidas de calor por conducción se reducen por efecto del agua caliente que circula por una tubuladura de plástico, bombeada desde un calentador con un termostato. Pero aunque se produzca una transferencia eficaz de calor desde la colchoneta de agua caliente, a través de la piel de la espalda, ésta no es suficiente para compensar las pérdidas térmicas que tienen lugar desde la superficie anterior del cuerpo en los adultos (el 90% del total).

Por este motivo son útiles sólo en lactantes con una superficie corporal inferior a  $0,5 \text{ m}^2$  y en adultos siempre que se coloquen sobre los pacientes en vez de debajo de ellos<sup>34</sup>. Desafortunadamente, se ha asociado esta técnica de calentamiento a la aparición de necrosis tisular por calor y presión, pues la zona donde se aplica el calor tiene un flujo capilar disminuido puesto que soporta todo el peso del paciente y esto la hace más sensible a las quemaduras. Habitualmente, la Ta del agua se fija entre  $40$  y  $42 \text{ }^\circ\text{C}$  y se ha visto que incluso una Ta de  $38 \text{ }^\circ\text{C}$  puede producir lesiones en pacientes especialmente susceptibles<sup>17</sup>.

También existen otras colchonetas fabricadas con un gel que se calienta mediante una resistencia eléctrica. Su eficacia es similar a la colchoneta de agua caliente.

Recientemente se ha comercializado un nuevo sistema de termorregulación denominado "ThermoWrapping Allon System®" (MTRE Advanced technologies, Or-Akiva, Israel) (Fig. 3). Todo el sistema está controlado por un microprocesador, que mide la Ta central del paciente y utiliza la circulación de agua, calentada a la Ta deseada, por el interior de un "traje" que viste toda la superficie corporal del paciente que esté por fuera del

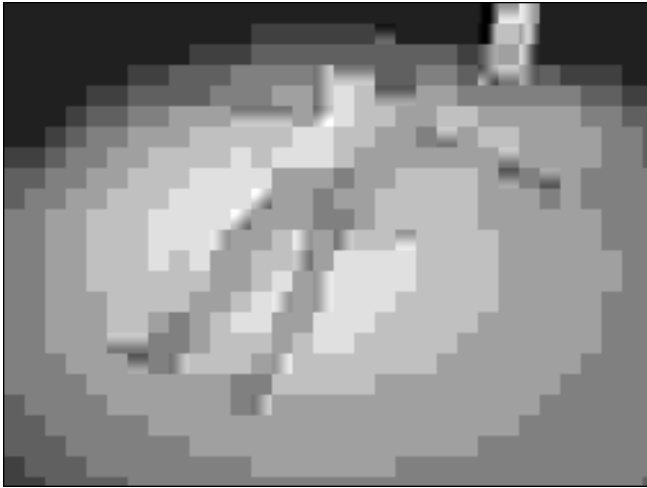


Fig. 3. Sistema de calentamiento de la superficie corporal mediante circulación de agua caliente. "ThermoWrapping Allon System" (MTRE Advanced technologies, Or-Akiva, Israel).



Fig. 4. Sistema de calentamiento cutáneo mediante aire caliente convectivo. (Bair Hugger®, Augustine Medical, Eden Prairie, Minesotta, EEUU). Este modelo se coloca cubriendo el tórax y las extremidades superiores.

campo estéril. Ha sido utilizado en cirugía abdominal<sup>35</sup> y en el trasplante hepático<sup>36</sup>, obteniéndose una Ta corporal superior que con el aire caliente convectivo. Esto es debido a que el nuevo y eficaz sistema de calentamiento, por su diseño modular (contacta con la espalda y las extremidades superiores e inferiores), es capaz de transferir calor a un mayor porcentaje de superficie corporal. Además, en este grupo de estudio, se inició el calentamiento antes de la inducción anestésica, a diferencia del grupo tratado con aire caliente convectivo. Asimismo, se ha mostrado su eficacia en el mantenimiento de la normotermia y de la estabilidad hemodinámica en pacientes de cirugía cardíaca<sup>37</sup>.

Se están investigando nuevos sistemas de calentamiento/enfriamiento, basados también en la transferencia de calor mediante la recirculación de agua, como el "Rapr-Round® hyper/hypothermia temperature control" (Gaymar Industries, Orchard Park, Nueva York, EE.UU.) y el "Medivance Arctic Sun®" (Medivance, Louisville, Colorado, EE.UU.). Este último utiliza un hidrogel con una alta conductividad térmica, que se adhiere a la piel y puede utilizarse tanto para calentamiento como para el enfriamiento terapéutico del paciente. En un trabajo recientemente publicado, Grocott et al<sup>38</sup> demuestran la eficacia de "Medivance Arctic Sun®" para disminuir la incidencia de hipotermia intraoperatoria en cirugía cardíaca sin circulación extracorpórea.

#### Aire caliente convectivo

Los sistemas de aire caliente convectivo están formados por un dispositivo que calienta el aire y una manta o cobertura, que se coloca sobre el paciente y que se

conecta a la unidad mediante una tobera. Existen varios fabricantes y cada uno posee diferentes modelos de coberturas que se adaptan a cada intervención quirúrgica (Fig. 4). Hay algunos modelos específicos para cirugía cardíaca que se suministran estériles ("Bair Hugger®", Augustine Medical, Eden Prairie, Minesotta, EE.UU.). Las coberturas están fabricadas de papel o de plástico y la mayoría de ellas son desechables, por lo que no deben reutilizarse por el riesgo potencial de contaminación cutánea asociada a esta práctica<sup>39</sup>. En ninguna circunstancia debe utilizarse el chorro de aire caliente directamente sobre la piel del paciente (sin cobertura) pues esto puede dar lugar a graves quemaduras al concentrarse un gran flujo de aire a alta Ta de forma constante sobre una pequeña zona de la piel<sup>40</sup>.

Con estos sistemas, se consigue el calentamiento porque se reducen las pérdidas por radiación al sustituir las superficies frías del quirófano por una capa caliente. Además, proporcionan un flujo de aire caliente sobre la piel, lo que favorece la transferencia de calor al ser la Ta del aire superior a la de la piel<sup>17</sup>.

Esta transferencia de calor<sup>17</sup> es de 30 a 50 vatios, siendo por ello mucho más eficaz que el aislamiento pasivo y aporta considerablemente más calor que la circulación de agua caliente mediante las colchonetas de agua<sup>41</sup>.

Permite que el calor sea dirigido directamente a la superficie cutánea en cantidades suficientes para mantener la normotermia, y disminuir la respuesta adrenérgica, la incidencia de los temblores e incrementar el bienestar térmico, por ello son los sistemas más eficaces para prevenir y tratar la hipotermia intraoperatoria<sup>41,42</sup>.

En varios estudios se ha comprobado sus buenos



Fig. 5. Sistema de calentamiento corporal con mantas de fibra de carbono reutilizables (Thermamed-Smarcare®, GmbH, Bad Oeynhausen, Alemania).

resultados en el mantenimiento de la Ta y en el calentamiento activo en cirugía abdominal<sup>43</sup>, trasplante hepático<sup>44</sup>, cirugía vascular mayor<sup>45</sup>, postoperatorio de cirugía cardíaca<sup>46,47</sup>, artroplastia de cadera<sup>48</sup>, cirugía de la escoliosis<sup>49</sup>, cirugía neonatal<sup>50</sup> y cesáreas<sup>51</sup>. Se estima que pueden incrementar la Ta corporal media hasta 1,5°C por hora, aproximadamente<sup>4,42</sup>.

Todos los sistemas incluyen filtros para el aire, que deben cambiarse periódicamente, y se ha demostrado que la utilización de tratamiento mediante aire caliente en el quirófano no aumenta el riesgo de contaminación de la herida quirúrgica<sup>52</sup>. Por si fuera poco, la utilización de estos sistemas reduce considerablemente la incidencia de infección de la herida quirúrgica, pues la normotermia mejora las respuestas de defensa del organismo frente a la infección<sup>17</sup>.

El calentamiento de la superficie cutánea es más eficaz en presencia de vasodilatación, es por esto por lo que es más fácil mantener la normotermia intraoperatoria (cuando los pacientes están vasodilatados) que recalentarlos en el postoperatorio (cuando prácticamente todos los pacientes hipotérmicos presentan vasoconstricción), pues se evitan las complicaciones de la hipotermia disminuyendo así los costes de hospitalización<sup>53,54</sup>. En condiciones ideales, la prevención de la hipotermia intraoperatoria debería empezar con el precalentamiento en el antequirófano al menos 30-60 minutos antes de la cirugía<sup>22</sup>.

Diferentes autores en varios estudios han demostrado la mayor eficacia relativa del aire caliente convectivo cuando se compara con otras modalidades de calentamiento corporal perioperatorio<sup>4,29,41,55,56</sup>.

### *Mantas eléctricas*

Algunos estudios clínicos sugieren que la eficacia de calentamiento de algún modelo de mantas eléctricas es similar al del aire caliente convectivo<sup>57,58</sup>. El calentamiento corporal mediante mantas de fibra de carbono reutilizables ("Thermamed-Smarcare®", GmbH, Bad Oeynhausen, Alemania) (Fig. 5) puede ser de especial ayuda en el tratamiento de la hipotermia extrahospitalaria en accidentados, dado que es un sistema muy eficiente y que una gran cantidad del calor generado puede ser transferido al paciente durante el recalentamiento, sobre todo teniendo en cuenta que ha de funcionar conectado a una batería de 12 voltios (Ej. en la ambulancia)<sup>59,60</sup>. Este sistema cuenta con varios segmentos que se adaptan a cada parte del cuerpo y pueden ser calentados de forma independiente, lo que permite cubrir un gran porcentaje de la superficie corporal. Además, el tejido exterior es fácilmente lavable, haciendo posible la reutilización. El sistema "Thermamed®" ha sido probado también en cirugía abdominal y se ha comunicado una eficacia similar a la del aire caliente convectivo en el mantenimiento de la Ta corporal<sup>61</sup>.

### *Calentamiento de los fluidos administrados por vía intravenosa*

La administración por vía intravenosa (IV) de una unidad de sangre refrigerada o de un litro de solución cristaloides a Ta ambiente provoca una disminución de la Ta corporal, por conducción, de aproximadamente 0,25 °C<sup>4,17</sup>. La pérdida de calor causada por la administración de fluidos fríos se hace significativa cuando se perfunden rápidamente cantidades elevadas de cristaloides o de productos sanguíneos. Los calentadores de fluidos intravenosos consiguen evitar estas pérdidas de calor, y deben usarse siempre en estas situaciones para complementar a los demás sistemas de calentamiento. Pero como no es recomendable ni seguro calentar los sueros y la sangre a una Ta muy por encima de la Ta corporal, el elevar la Ta de los fluidos no sirve para transferir calor a los pacientes. No es posible recalentar a un paciente hipotérmico utilizando solo el calentamiento de los líquidos que se administran por vía IV. Esta técnica no sustituye al aislamiento y/o calentamiento cutáneo, y no mantendrá la normotermia si es el único método que se emplea<sup>4,17</sup>.

Cuando la velocidad de administración de los fluidos IV no es elevada, su calentamiento no aporta ninguna ventaja clínica si ya se está usando un sistema de calentamiento del paciente mediante aire caliente convectivo<sup>56</sup>.



Fig. 6. Calentador "seco" de fluidos intravenosos (Ranger®, Augustine Medical Inc., Eden Prairie, Minnesota, EEUU).



Fig. 7. Calentador "seco" de fluidos intravenosos en forma de "cassette" (Medi Temp II®, Gaymar Industries, Orchard Park, Nueva York, EEUU).

El calentamiento durante la transfusión es la forma más usada<sup>62</sup>. La Ta que se logra en la sangre transfundida está relacionada inversamente con la velocidad del flujo y la distancia entre la máquina y el paciente y directamente con la Ta del calentador y con la Ta previa de la sangre<sup>62-64</sup>. Hay comercializadas una gran variedad de máquinas calentadoras de fluidos y se dividen en dos grupos principales, según el tipo de tecnología que utilizan para el calentamiento, por un lado, los calentadores secos, y, por otro, los que utilizan la circulación contracorriente de agua precalentada. La capacidad para administrar los fluidos a Ta corporal depende de la eficacia y la conductividad del intercambiador de calor a los diferentes flujos de administración y de la pérdida de calor del fluido calentado en el recorrido desde la máquina hasta el paciente<sup>63,64</sup>.

Calentadores secos: En éstos, el sistema de perfusión está alojado dentro de un elemento metálico que transfiere el calor generado por una resistencia eléctrica ("Hemocare®", Palex Medical, Barcelona). En algunos modelos, el montaje, purgado y utilización es muy sencillo, pues el sistema viene dispuesto en forma de "cassette" que se introduce fácilmente en el calentador ("Ranger®", Augustine Medical Inc., Eden Prairie, Minnesota, EE.UU.) (Fig. 6); ("Medi Temp II®", Gaymar Industries, Orchard Park, Nueva York, EE.UU.) (Fig. 7). El calentamiento del fluido administrado es muy eficaz si el ritmo de perfusión es rápido. Sin embargo, cuando el ritmo de administración es lento, el fluido calentado pierde Ta en su recorrido hasta la vía venosa del paciente. No todos los modelos tienen la misma capacidad de calentamiento<sup>65-67</sup>.

Calentadores por circulación contracorriente de agua: Se basan en la técnica utilizada en los intercam-

biadores de calor de los circuitos de circulación extracorpórea. Consisten en un flujo a contracorriente de agua caliente (hasta 40 °C) que circula alrededor del sistema de perfusión intravenosa desde el calentador hasta la conexión con la vía venosa del paciente<sup>56,65-68</sup>. ("Hotline®", Sims Level 1, Rockland, Massachusetts, EEUU; "Termiflo®", Calor Hospitalario, Ajalvir, Madrid). La transferencia de calor se realiza desde el agua caliente al líquido que se perfunde por el interior del sistema de plástico. Como el fluido calentado no pierde Ta en su recorrido hasta la vía venosa del paciente, son eficaces a ritmos de perfusión lentos y moderados (5-40 ml·min<sup>-1</sup>), que son los que habitualmente se utilizan en la mayoría de las intervenciones quirúrgicas<sup>66-68</sup>. Otros sistemas, con la misma tecnología pero más potentes, permiten un calentamiento eficaz y la administración a ritmos más elevados por la baja resistencia al flujo que presentan los equipos, y son los indicados para la resucitación de los pacientes politraumatizados y para las transfusiones masivas, porque disponen de medidas adicionales de seguridad, tales como filtros y detectores de burbujas y además permiten la administración rápida mediante cámaras presurizadas o una bomba de rodillo ("Level-1®", Rockland, MA, EE.UU.; "RIS®", Hemonetics, Braintree, MA, EE.UU.).

#### Calentamiento y humidificación de los gases anestésicos

La ventilación mecánica con gases anestésicos secos durante la anestesia general provoca una pérdida de calor corporal de unos 6,45 kJ h<sup>-1</sup> de volumen minuto de ventilación<sup>33</sup>, que puede prevenirse si se humidifican los gases inspirados<sup>69</sup>.



Pero como menos del 10% del calor metabólico se pierde a través de las vías respiratorias, no es de extrañar que el calentamiento y humidificación activos de los gases contribuyan poco al mantenimiento de la normotermia en adultos sometidos a cirugías de larga duración, tal como se refleja en varios estudios<sup>4,69,70</sup>.

Cuando se utiliza un circuito de anestesia cerrado o semicerrado a bajos flujos<sup>1,4,6</sup>, al reinspirarse los gases que han sido calentados y humidificados en los pulmones, se disminuyen las pérdidas por evaporación desde las vías aéreas, pues en los circuitos circulares, los gases inspirados están a unos 25 °C y 40% de humedad relativa y pueden reducir la pérdida de calor<sup>33</sup> en 1,26 kJ·h<sup>-1</sup>·l<sup>-1</sup> de volumen minuto de ventilación (0,3 cal·h<sup>-1</sup>·l<sup>-1</sup>).

Los humidificadores activos, mediante nebulización ultrasónica, se colocan en el circuito de anestesia y calientan y humidifican el gas inspirado. Minimizan las pérdidas por evaporación desde las vías respiratorias, y evitan el enfriamiento de la sangre aórtica provocada por los gases fríos y secos que pasan por la tráquea<sup>1,4,6,17</sup>. Debe medirse la Ta del gas inspirado y mantenerse por debajo de 40,5 °C, para evitar quemaduras en las vías aéreas. Estos sistemas son eficaces sobre todo en los niños, pues debido al mayor volumen minuto por kilo de peso que se utiliza en ellos para la ventilación mecánica, pierden más calor metabólico desde las vías aéreas que los adultos. Consiguen evitar las pérdidas de calor desde el aparato respiratorio pero son insuficientes, por si solos, para recalentar a un paciente hipotérmico<sup>17</sup>.

Los filtros humidificadores pasivos ("narices artificiales") permiten retener calor y humedad en las vías respiratorias y son la mitad de eficaces que los activos, en lo que respecta al mantenimiento de la Ta corporal, pero son considerablemente más baratos. La eficacia es similar cuando se comparan entre si todos los que están comercializados<sup>69</sup>.

#### *Calentamiento de los líquidos de irrigación de cavidades corporales*

En cirugía urológica se utilizan elevados volúmenes de líquido de irrigación, habitualmente a Ta ambiente. Existen calentadores específicos (con tecnología similar a la de los calentadores de los fluidos intravenosos) para administrar estos líquidos a Ta corporal y a los flujos habitualmente utilizados en este tipo de cirugías.

Los pacientes en los que se realiza una resección transuretral de próstata tienen un riesgo elevado de complicaciones perioperatorias en relación con el sitio de la cirugía y con los líquidos utilizados para

la irrigación durante la cirugía, tales como alteraciones hemodinámicas, hemorragia, sepsis, hipervolemia, síndrome de absorción, e hipotermia. Evans et al.<sup>71</sup>, en un estudio con 52 pacientes, comprobaron cómo la utilización del líquido de irrigación a Ta ambiente durante la resección transuretral de próstata provocó hipotermia central con complicaciones hemodinámicas asociadas y que las alteraciones hemodinámicas postoperatorias disminuyeron en el grupo de pacientes en el que se calentó el líquido de irrigación a 38 °C y se mantuvo la normotermia intraoperatoria. Monga et al.<sup>72</sup> observaron que el calentamiento de los líquidos de irrigación en resecciones transuretrales, con un sistema de calentamiento específico, disminuyó significativamente la incidencia de hipotermia intraoperatoria. Winter<sup>73</sup> comprobó además, que en los pacientes de urología en los que se calentó el líquido de irrigación, el tiempo de recuperación postanestésica fue más corto pues se mantuvieron normotérmicos.

#### *Calentadores de CO<sub>2</sub> para cirugía laparoscópica*

La cirugía laparoscópica se caracteriza por ser un procedimiento cerrado que no expone las vísceras abdominales a la Ta ambiente como ocurre en la laparotomía, por lo que se podría suponer que la pérdida de calor fuera menor que en la cirugía abierta. Pero estudios experimentales y clínicos demuestran lo contrario. Se ha demostrado que las pérdidas de calor corporal durante la cirugía laparoscópica son iguales<sup>74,75</sup> o superiores<sup>76</sup> que las que se producen en cirugía abdominal abierta y se incrementan a medida que aumenta la duración de la cirugía. La insuflación peritoneal con gas CO<sub>2</sub> seco y a baja Ta y la gran capacidad de absorción de la superficie peritoneal son dos variables de gran importancia en la producción de hipotermia. La mayoría de la pérdida de calor durante la insuflación se debe a la evaporación de agua.

La utilización de gas calentado y humidificado<sup>77</sup> previene la hipotermia provocada por la insuflación peritoneal<sup>77,78</sup> durante la laparoscopia experimental<sup>79</sup> y disminuye el dolor postoperatorio y el tiempo de recuperación postanestésica<sup>80</sup>.

De igual manera, los pacientes sometidos a cirugía laparoscópica<sup>81</sup>, colorectal<sup>74</sup>, ginecológica<sup>81</sup> o cirugía de la obesidad<sup>82</sup>, se benefician de los sistemas de prevención de la hipotermia intraoperatoria como el aire caliente convectivo, consiguiendo que la pérdida de calor sea mínima.

**Otras medidas: administración intravenosa de soluciones de aminoácidos**

La administración de aminoácidos por vía intravenosa estimula el gasto energético y la producción y acumulación de calor<sup>17,83</sup>. Se ha demostrado que durante la anestesia general se incrementa hasta cinco veces el efecto térmico de los aminoácidos, observándose una disminución del temblor postoperatorio<sup>83</sup>. La perfusión peroperatoria de soluciones intravenosas con aminoácidos previene la hipotermia intraoperatoria que se produce habitualmente durante la anestesia general<sup>83-85</sup>, al aumentar la acumulación de calor y retrasar la estimulación de la producción de calor<sup>84</sup>, sin asociarse a un incremento de la actividad simpática (aumento de la liberación de catecolaminas)<sup>86</sup>. A pesar de todo, esta técnica no consigue disminuir la pérdida de calor asociada a la inducción anestésica<sup>84</sup>.

Sahin et al.<sup>85</sup> han comprobado además que la técnica anestésica puede influir en el efecto térmico de los aminoácidos, pues observaron un mayor efecto termogénico cuando se administraron soluciones con aminoácidos y se utilizó propofol que cuando el anestésico utilizado fue isoflurano. Recientemente, Widman et al.<sup>87</sup> han comprobado que el efecto termogénico de los aminoácidos ocurre también durante la anestesia intradural, aunque en menor medida que con la general, asociándose además un menor descenso de la temperatura corporal e inferiores pérdidas sanguíneas durante la cirugía.

Podemos concluir que el calentamiento de la superficie corporal del paciente antes de la inducción anestésica es útil para minimizar el descenso de la temperatura corporal que ocurre tras la inducción, y que el aislamiento pasivo reduce la pérdida de calor corporal. Sin embargo, la mayoría de los pacientes quirúrgicos precisarán de medidas de calentamiento activo para mantenerlos normotérmicos durante el transcurso de la cirugía. Los sistemas más eficaces utilizan aire caliente convectivo o circulación de agua caliente, en diferentes dispositivos pensados para calentar la superficie corporal. El calentamiento de los líquidos que se administran por vía intravenosa debe utilizarse cuando se prevea que es necesario perfundir rápidamente cantidades elevadas de los mismos, y debe considerarse sólo como un sistema complementario al calentamiento corporal para mantener la normotermia intraoperatoria.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Sessler DI. Mild perioperative hypothermia. *New Eng J Med* 1997; 336: 1730-1737.
2. Merino C. Regulación de la temperatura corporal. En: Fundación Europea para la Enseñanza de la Anestesiología, editora. *Fisiología aplicada a la Anestesiología*. Madrid: Ergon; 1997, p. 307-316.

3. Sessler DI. Hypothermia and hyperthermia. En: Murray MJ, Coursin DB, Prough DS, editores. *Critical Care Medicine: Perioperative Management*. Filadelfia: Lippincott; 1997, p.135-150.
4. Sessler DI. Consequences and treatment of perioperative hypothermia. En: Levitt RC editores. *Anesthesiology Clinics of North America*. Filadelfia: Saunders; 1994, p. 425-456.
5. Sessler DI. Monitorización de la temperatura. En: Miller RD, editor. *Anestesia*, Madrid: Harcourt Brace; 1997, p. 1331-1350.
6. Forstot RM. The etiology and management of inadvertent perioperative hypothermia. *J Clin Anesth* 1995; 7: 657-674.
7. Sessler DI. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Ann N Y Acad Sci* 1997; 813: 757-777.
8. Fraden J, Lackey RP. Estimation of body sites temperatures from tympanic measurements. *Clin Pediatr* 1991; Supl:65-70.
9. Sessler DI. Perioperative heat balance. *Anesthesiology* 2000; 92: 578-596.
10. Young CC, Sladen RN. Temperature monitoring. *Int Anesthesiol Clin* 1996;34:149-174.
11. Jeran L. Clinical Guideline for the prevention of unplanned perioperative hypothermia. *J Peri Anesth Nurs* 2001; 16: 305-314.
12. Sessler DI. A proposal for new temperature monitoring and thermal management guidelines. *Anesthesiology* 1998; 89: 1289-1300.
13. Horrow JC, Rosenberg H. Does urinary catheter temperature reflect core temperature during cardiac surgery? *Anesthesiology* 1988; 69: 986-989.
14. Ikeda T, Sessler DI, Marder D, Xiong J. Influence of thermoregulatory vasomotion and ambient temperature variation on the accuracy of core temperature estimates by cutaneous liquid-crystal thermometers. *Anesthesiology* 1997; 86: 603-612.
15. Lou Marsh M, Sessler DI. Failure of intraoperative liquid crystal temperature monitoring. *Anesth Analg* 1996; 82: 1102-1104.
16. Zaballos JM. Termorregulación en anestesia pediátrica. En: A. Pérez Gallardo, editor. *Avances en anestesia pediátrica*. Barcelona: Edika Med; 2000, p.15-29.
17. Sessler DI. Complications and treatment of mild hypothermia. *Anesthesiology* 2001; 95: 531-543.
18. Matsukawa T, Sessler DI, Sessler AM, Schroeder M, Ozaki M, Kurz A, et al. Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 1995; 82: 662-673.
19. Vassilief N, Rosencher N, Sessler DI, Conseiller C, Lienhart A. Nifedipine and intraoperative core body temperature in humans. *Anesthesiology* 1994; 80: 123-128.
20. Ikeda T, Kazama T, Sessler DI, Toriyama S, Niwa K, Shimada C, et al. Induction of anesthesia with ketamine reduces the magnitude of redistribution hypothermia. *Anesth Analg* 2001; 93: 934-938.
21. Toyota K, Sakura S, Saito Y, Shido A, Matsukawa T. IM Droperidol as premedication attenuates intraoperative hypothermia. *Can J Anaesth* 2001; 48: 854-858.
22. Sessler DI, Schroeder M, Merrifield B, Matsukawa T, Cheng C. Optimal duration and temperature of prewarming. *Anesthesiology* 1995; 82: 674-681.
23. Just B, Trevien V, Delva E, Lienhart A. Prevention of intraoperative hypothermia by preoperative skin-surface warming. *Anesthesiology* 1993; 79: 214-218.
24. Camus Y, Delva E, Sessler DI. Preinduction skin-surface warming minimizes intraoperative core hypothermia. *J Clin Anesth* 1995; 7: 384-388.
25. Frank SM, Beattie C, Christopherson R, Norris EJ, Rock P, Parker S, et al. Epidural versus general anesthesia, ambient room temperature and patient age as predictors of inadvertent hypothermia. *Anesthesiology* 1992; 77: 252-257.
26. Sessler DI, Schroeder M. Heat loss in humans with cotton hospital blankets. *Anesth Analg* 1993; 77: 73-77.
27. Deacock S, Holdcroft A. Heat retention using passive systems during

- anesthesia: comparison of two plastic wraps, one with reflective properties. *Br J Anaesth* 1997; 79: 766-769.
28. Bissonnette B, Davis PJ. Thermal regulation-Physiology and perioperative management in infants and children. En: Motoyama EK, Davis PJ, editores. *Smith's Anesthesia for infants and children*. San Luis: Mosby; 1996, p.139-158.
  29. Borms SF, Engelen SLE, Ilimpe DGA, Suy MR, Theunissen WJII. Bair Hugger forced-air warming maintains normothermia more effectively than Thermo-lite insulation. *J Clin Anesth* 1994; 6: 303-307.
  30. Krenzischek DA, Frank SM, Kelly S. Forced-air warming versus routine thermal care and core temperature measurement sites. *J Post Anesth Nurs* 1995; 10: 69-78.
  31. Bennett J, Ramachandra V, Webster J, Carli F. Prevention of hypothermia during hip surgery: effect of passive compared with active skin surface warming. *Br J Anaesth* 1994; 73: 180-183.
  32. Berti M, Casati A, Torri G, Aldegheri G, Lugani D, Fanelli G. Active warming, not passive heat retention maintains normothermia during combined epidural-general anesthesia for hip and knee arthroplasty. *J Clin Anesth* 1997; 9: 482-486.
  33. Imrie MM, Hall GM. Body temperature and anesthesia. *Br J Anesth* 1990; 64: 346-354.
  34. Sessler DI, Moayeri A. Heat flux and central temperature. *Anesthesiology* 1990; 73: 218-224.
  35. Janicki P, Higgins M, Walker G, Janssen J, Johnson RF, Beattie C. Comparison of two different temperature maintenance strategies during open abdominal surgery: Upper body forced-air warming versus whole body water garment. *Anesthesiology* 2001; 95: 868-874.
  36. Janicki P, Higgins M, Stoica C, Pai R, Walia A. Comparison of water warming garment and air warming system in prevention of hypothermia during liver transplantation. *Anesthesiology* 2000; 93:A385.
  37. Nesher N, Pizov R, Kushnir I, Zisman E, Uretzky G. Utilization of a unique thermoregulation system improves hemodynamic function perioperatively in patients undergoing CABG surgery. *Anesthesiology* 2000; 93: A308.
  38. Levin S. Medivance: climate control for the body. *In vivo*. The business and medicine report. *Windhover.com* 2001; 19(7): 1-11.
  39. Sig DC, Houlton AJ, Iaizzo PA. The potential for increased risk of infection due to the reuse of convective air-warming/cooling coverlets. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999; 43: 173-176.
  40. ECRI. Hazard Report. Misusing forced-air hyperthermia units can burn patients. *Health Devices* 1999; 28: 229-230.
  41. Kurz A, Kurz M, Poeschl G. Forced-air warming maintains intraoperative normothermia better than circulating- water mattresses. *Anesth Analg* 1993; 77: 89-95.
  42. Giesbrecht GG, Ducharme MB, Mc Guire JP. Comparison of forced-air patient warming systems for perioperative use. *Anesthesiology* 1994; 80: 671-679.
  43. Campos JM, Casas JI, Litvan-Suquieni H, Villar-Landeira JM. Calentador por convección de aire en cirugía abdominal. Estudio de la relación tiempo quirúrgico-eficacia del mantenimiento de la temperatura corporal. *Rev Esp Anestesiología Reanimación* 1997; 44: 47-51.
  44. Muller CM, Langenecker S, Andel H, Nantschev I, Holzebein TJ, Zimpfer M. Forced-air maintains normothermia during orthotopic liver transplantation. *Anaesthesia* 1995; 50: 229-232.
  45. Muñoz G, Asensio F, Asuero MS, Fraga G. Sistema convectivo de aire caliente y pérdida de calor durante la cirugía vascular. *Rev Esp Anestesiología Reanimación* 1996; 43: 197-200.
  46. Rajek A, Lenhardt R, Sessler DI, Brunner G, Haisjackl M, Kastner J, et al. Efficacy of two methods for reducing postbypass afterdrop. *Anesthesiology* 2000; 92: 447-456.
  47. Moors AH, Pickett PS, Woolman PS, Bethune DW, Duthe DJR. Convective warming after hypothermic cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth* 1994; 73: 782-785.
  48. Winkler M, Akka O, Birkenberg B, Hetz H, Scheck T, Arkilic CF, et al. Aggressive warming reduces blood loss during hip arthroplasty. *Anesth Analg* 2000; 91: 978-984.
  49. Murat I, Berniere J, Constant I. Evaluation of the efficacy of a forced-air warmer (Bair hugger) during spinal surgery in children. *J Clin Anesth* 1994; 6: 425-429.
  50. Komatsu H, Chujo K, Ogli K. Forced-air warming system for perioperative use in neonates. *Paediatric Anaesthesia* 1996; 6: 427-428.
  51. Horn EP, Schroeder F, Gottschalk A, Sessler DI, Hiltmeyer N, Standl T, et al. Active warming during cesarean delivery. *Anesth Analg* 2002; 94: 409-414.
  52. Zink RS, Iaizzo P. Convective warming therapy does not increase the risk of wound contamination in the operating room. *Anesth Analg* 1993; 76: 54-62.
  53. Fleisher LA, Metzger SC, Lam J, Harris A. Perioperative cost-finding analysis of the routine use of intraoperative forced-air warming during general anesthesia. *Anesthesiology* 1998; 88: 1357-1364.
  54. Mahoney CB, Odom J. Maintaining intraoperative normothermia: a meta-analysis of outcomes with costs. *AANA J* 1999; 67: 155-164.
  55. Hynson JM, Sessler DI. Intraoperative warming therapies: a comparison of three devices. *J Clin Anesth* 1992; 4: 194-199.
  56. Smith CE, Holbrook C, Radesic B, Raghupaty A, Sweda S, Botero CA, et al. Comparison of perioperative heating modalities in anesthetized adult patients: a prospective randomized study. *Am J Anesthesiol* 1998; 25: 62-68.
  57. Camus Y, Delva E, Bossard E, Chandon M, Lienhart A. Prevention of hypothermia by cutaneous warming with new electric blankets during abdominal surgery. *Br J Anaesth* 1997; 79: 796-797.
  58. Camus Y, Delva E, Just B, Lienhart A. Leg warming minimizes core hypothermia during abdominal surgery. *Anesth Analg* 1993; 77: 995-999.
  59. Greif R, Rajek A, Laciny S, Bastanmehr I, Sessler DI. Resistive heating is a more effective than metallic-foil insulation in an experimental model of accidental hypothermia: A randomized controlled trial. *Ann Emerg Med* 2000; 35: 337-345.
  60. Kober A, Scheck T, Fulesdi B, Lieba F, Vlach W, Friedman A, Sessler DI. Effectiveness of resistive heating compared with passive warming in treating hypothermia associated with minor trauma: a randomized trial. *Mayo Clin Proc* 2001; 76: 369-375.
  61. Negishi Ch, Hasegawa K, Mukai S, Ozaki M, Sessler DI. The effect of carbon-fiber resistive heating on perioperative management of core hypothermia. *Anesthesiology* 2001; 95:A584.
  62. Iserson KV, Huestis DW. Blood warming: current applications and techniques. *Transfusion* 1991; 6: 558-569.
  63. Lee JH, Mintz PD. A method for estimating the delivery temperature of intravenous fluids. *Anesth Analg* 1994; 79: 155-159.
  64. Faries G, Johnston C, Pruitt KM, et al. Temperature relationship to distance and flow rate of warmed IV fluids. *Ann Emerg Med* 1991; 20: 1198-1200.
  65. Patel N, Smith CE, Pinchack AC. Comparison of fluid warmer performance during simulated clinical conditions. *Can J Anaesth* 1995; 42: 636-642.
  66. Patel N, Smith CE, Pinchack AC, Hagen JF. Prospective, randomized comparison of the Flotem IIe and Hotline fluid warmers in anesthetized adults. *J Clin Anesth* 1996; 8: 307-316.
  67. Patel N, Knapke DM, Smith CE, Napora TE, Pinchack AC, Hagen JF. Simulated clinical evaluation of conventional and newer fluid-warming devices. *Anesth Analg* 1996; 82: 517-524.
  68. Presson RG, Bezruczko AP, Hillier SC, Mc Niece WL. Evaluation of a new fluid warmer effective at low to moderate fluid rates. *Anesthesiology* 1993; 78: 974-980.
  69. Deriaz H, Fiez N, Lienhart A. Influence d'un filtre hydrophobe ou d'un humidificateur-rechauffeur sur la hypothermie peropératoire. *Ann Fr Anesth Réanim* 1992; 11: 145-149.
  70. Hynson J, Sessler DI. Intraoperative warming therapies: A comparison

- of three devices. *J Clin Anesth* 1992; 4: 194-199.
71. Evans JWH, Singer M, Coppinger SWV, Macartney N, Walker JM, Milroy EJJ. Cardiovascular performance and core temperature during transurethral prostatectomy. *J Urol* 1994; 152: 2025-2029.
  72. Monga M, Comeaux B, Roberts JA. Effect of irrigating fluid on perioperative temperature regulation during transurethral prostatectomy. *Eur Urol* 1996; 29: 26-28.
  73. Winter M. Effects of irrigation fluid warming on hypothermia during urologic surgery. *Urol Nurs* 1994; 14: 6-8.
  74. Luck AJ, Moyes D, Maddern GJ, Hewett PJ. Core temperature changes during open and laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc* 1999; 13: 480-483.
  75. Berber E, String A, Garland A, Engle KL, Kim KM, Ituarte P. Intraoperative thermal regulation in patients undergoing laparoscopic vs open surgical procedures. *Surg Endosc* 2001; 15: 281-285.
  76. Castillo V, Gutiérrez-Crespo A, Suárez F, Luis-Navarro JC, Gómez-Arguelles MA. Variaciones de la temperatura corporal en el curso de colecistomías laparoscópicas. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 1996; 43: 201-201.
  77. Mansvelt B, Arnould P, Bertrand CI, de Neve de Roden A. Utilization of gas heater humidifier in the course of coelioscopies. *Acta Chir Belg* 1995; 2: 100-102.
  78. Matsukawa T, Imamura M, Ozaki M, Kumazawa T. Warmed gas prevents hypothermia during laparoscopic surgery. *Anesthesiology* 2001; 95:A1119.
  79. Bessel JR, Ludbrook G, Millard SH, Baxter PS, Ubhi SS, Maddern GJ. Humidified gas prevents hypothermia induced by laparoscopic insufflation. A randomized controlled study in a pig model. *Surg Endosc* 1999; 13: 101-105.
  80. Ott DE, Reich H, Love B, McCorvet R, Toledo A, Liu CY, et al. Reduction of laparoscopic-induced hypothermia, postoperative pain and recovery length of stay by pre-conditioning gas with the insulflow device: A prospective randomized controlled multi-center study. *J Soc Laparoendosc Surg* 1998; 2: 321-329.
  81. Jacobs VR, Morrison JE, Mettler L, Mundhenke C, Jonat W. Measurement of CO<sub>2</sub> hypothermia during laparoscopy and pelviscopy: how cold it gets and how to prevent it. *J Am Assoc Gynecol Laparosc* 1999; 6: 289-295.
  82. Nguyen NT, Fleming NW, Singh A, Lee SJ, Goldman CD, Wolfe BM. Evaluation of core temperature during laparoscopic and open bypass. *Obes Surg* 2001; 11: 570-575.
  83. Selldén E, Brundin T, Wahren J. Augmented thermic effect of amino acids under general anaesthesia: a mechanism useful for prevention of anaesthesia-induced hypothermia. *Clin Sci* 1994; 86: 611-618.
  84. Selldén E, Branstorm R, Brundin T. Preoperative infusion of amino acids prevents postoperative hypothermia. *Br J Anaesth* 1996; 76: 227-234.
  85. Sahin A, Aypar U. Effect of amino acid solutions on intraoperative hypothermia and postoperative shivering. Comparison of two anesthetic regimens. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46: 64-67.
  86. Selldén E, Lindahl SGE. Amino acid-induced thermogenesis to prevent hypothermia during anesthesia is not associated with increased stress response. *Anesth Analg* 1998; 87: 637-640.
  87. Widman J, Hammarqvist F, Selldén E. Amino acid infusion induces thermogenesis and reduces blood loss during hip arthroplasty under spinal anesthesia. *Anesth Analg* 2002; 95: 1757-1762.