

Revista Española de Anestesiología y Reanimación

www.elsevier.es/redar



FORMACIÓN CONTINUADA

Manejo de la hipotermia perioperatoria[☆]

L.A. Fernández-Meré^{a,*} y M. Álvarez-Blanco^b

^a Servicio de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor, Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, Asturias, España

^b Servicio de Cirugía General, Hospital del Oriente de Asturias, Fundación Pública Francisco Grande Covián, Arriondas, Asturias, España

Recibido el 19 de octubre de 2011; aceptado el 7 de mayo de 2012

Disponible en Internet el 11 de julio de 2012

PALABRAS CLAVE

Temperatura;
Hipotermia;
Complicaciones
perioperatorias

KEYWORDS

Temperature;
Hypothermia;
Perioperative
complications

Resumen La hipotermia (temperatura corporal central menor de 36 °C) es el trastorno de la temperatura más frecuente en pacientes quirúrgicos. En general, debe ser evitada para reducir la morbimortalidad y los costes derivados. La temperatura debe ser considerada como una constante vital más y, todo el personal implicado en el cuidado del paciente quirúrgico debe estar concienciado con el sostenimiento de la misma dentro de la normalidad. El mantenimiento de la temperatura corporal es el resultado del balance entre la producción y la pérdida de calor. La regulación de la temperatura se lleva a cabo mediante un sistema de retroalimentación positiva y negativa en el sistema nervioso central, desarrollándose en 3 fases: aferencia térmica, regulación central y respuesta eferente. El mejor método para asegurar la normotermia es la prevención. Es obligado el calentamiento activo intraoperatorio del paciente. El sistema más eficaz, sencillo y barato para prevenir y tratar la hipotermia es el que emplea aire caliente.

© 2011 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Management of peri-operative hypothermia

Abstract Hypothermia (body temperature under 36 °C) is the thermal disorder most frequently found in surgical patients, but should be avoided as a means of reducing morbidity and costs. Temperature should be considered as a vital sign and all staff involved in the care of surgical patients must be aware that it has to be maintained within normal limits. Maintaining body temperature is the result, as in any other system, of the balance between heat production and heat loss. Temperature regulation takes place through a system of positive and negative feedback in the central nervous system, being developed in three phases: thermal afferent, central regulation and efferent response. Prevention is the best way to ensure a normal temperature.

[☆] Este artículo pertenece al Programa de Formación Médica Continuada en Anestesiología y Reanimación. La evaluación de las preguntas de este artículo se podrá realizar a través de internet accediendo a la siguiente página web: www.elsevierfmc.com

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lafmere@yahoo.com (L.A. Fernández-Meré).

The active warming of the patient during surgery is mandatory. Using warm air is the most effective, simple and cheap way to prevent and treat hypothermia.

© 2011 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La temperatura corporal (TC) es una constante vital más, al igual que la presión arterial o la frecuencia cardíaca, pero sigue siendo infravalorada en el cuidado perioperatorio, incluidos los anestesiólogos y los cirujanos^{1,2}. Según una encuesta de 2004 (*Thermoregulation in Europe, Monitoring and Managing patient Temperature [TEEMP]*) únicamente se monitorizó en el 19,4% de los pacientes (25% de anestesia general y 6% de anestesia regional), aunque el 38,5% fueron activamente calentados (43% de los de anestesia general y 28% de los de regional)³. La falta de monitorización contribuye a la no detección de episodios de hiper- o hipotermia, así como a la no cuantificación de los mismos.

Se ha asumido que la hipotermia es un hecho inevitable del anestésico-quirúrgico⁴. Sin embargo, la ausencia de normotermia se ha relacionado con un marcado aumento de la morbimortalidad perioperatoria y, por consiguiente, de la estancia intrahospitalaria y de los costes^{1,5,6}, por lo que sería un estándar su monitorización y mantenimiento en la normalidad, como recomienda el *National Institute for Clinical Excellence (NICE)*⁷ del Reino Unido.

Para la adecuada interpretación de la TC resulta de importancia tener en cuenta lo siguiente^{8,9}: hay una variación diurna fisiológica de la temperatura, con valores más bajos en la mañana y más altos por la tarde. Asimismo existe un ritmo estacional de la temperatura. Las mujeres tienen una TC ligeramente más elevada que los varones, con una variabilidad durante la menstruación. Las personas de edad avanzada presentan aproximadamente 0,5 °C menos que las jóvenes.

El objetivo de esta revisión es que los implicados en el cuidado de los pacientes quirúrgicos, tomen conciencia de la importancia que tiene el mantenimiento de la temperatura en el rango de la normalidad como medida de calidad en los cuidados perioperatorios.

Los pacientes deberían ser informados de las consecuencias negativas de la hipotermia, y educados para que comuniquen el disconfort térmico.

Para ello se hizo una búsqueda bibliográfica en PubMed seleccionando los textos que más aportaban a la revisión, publicados entre enero 1993-enero 2012, utilizando las palabras clave *hypothermia AND anesthesia, perioperative hypothermia temperature measurement AND anesthesia*.

Termorregulación

Fisiología

La cantidad de calor en el cuerpo humano determina su temperatura y, si el calor cambia, la temperatura debe

cambiar¹⁰. La temperatura representa el estado térmico de un cuerpo medido en una determinada escala, grados Celsius (°C) en nuestro medio.

Los seres humanos son animales de sangre caliente o endotérmicos, en contraposición con los de sangre fría o exotérmicos (p. ej., reptiles, anfibios o peces)⁹. La temperatura central en sujetos sanos oscila entre 36,1 y 37,4 °C. Temperaturas por encima o por debajo de estos valores indican una pérdida en el control de la termorregulación o unas condiciones térmicas que superan dichos mecanismos. Como curiosidad, el establecimiento de la temperatura normal en 37 °C medidos a nivel axilar fue determinado por Carl Reinhold August Wundelich en 1868 tras haberla medido cerca de 1.000.000 de veces a 25.000 pacientes^{8,9}.

El mantenimiento de la TC es el resultado del balance entre la producción y la pérdida de calor¹⁰. La razón por la cual la temperatura debe permanecer constante es el mantenimiento del funcionamiento óptimo de la actividad enzimática corporal, por lo que el cuerpo la regula de manera más exhaustiva incluso que la frecuencia cardíaca o la presión arterial^{8,11,12}.

Según la primera Ley de la Termodinámica, la energía generada por una reacción química está determinada por los sustratos y por los productos de reacción, y parte de esta energía es convertida en calor. En el ser humano, la producción de calor ($1 \text{ kcal} \times \text{kg}^{-1} \times \text{h}^{-1}$) se debe al metabolismo celular sobretodo a nivel del cerebro y de los órganos mayores del tronco, generando calor a partir del 55% de la energía que procede de los nutrientes (sustratos), durante la síntesis de ATP, correspondiendo el mayor efecto termogénico a las proteínas, seguidas de los hidratos de carbono y las grasas, siendo los productos de reacción del metabolismo aeróbico el dióxido de carbono y el agua¹³⁻¹⁶.

La regulación de la TC se lleva a cabo mediante un sistema de retroalimentación positiva y negativa en el sistema nervioso central, en 3 fases: aferencia térmica, regulación central y respuesta eferente. Receptores H₂, localizados cerca del tercer ventrículo, han sido involucrados en el proceso de termorregulación^{8,9,12,17}. Fue en 1912 cuando se situó el termostato de los mamíferos en el hipotálamo, comprobando la falta de control térmico en caso de lesiones del mismo¹¹. El hipotálamo anterior (núcleo preóptico) actúa como un termostato sensando los cambios de temperatura que le envían la médula (a través del haz espinotalámico), desde la piel y el resto de órganos (frío a través de fibras A δ y calor a través de fibras amielínicas C) y enviando las respuestas necesarias para aumentar o disminuir la temperatura (vasoconstricción y escalofrío en caso de hipotermia, y vasodilatación y sudoración en caso de hipertermia), que entran en acción a partir de variaciones de la TC próximos a 0,2 °C^{9,11-13,18,19}. No obstante, la primera medida para

regular la temperatura que adopta el cuerpo humano, antes de que se pongan en marcha los mecanismos autónomos, es el cambio en el comportamiento, adaptándolo a disipar el calor (p. ej., ajustar la temperatura ambiental, quitarse la ropa) o a minimizar las pérdidas (p. ej., abrigarse)¹².

La información térmica que proviene de la piel viene dada por los receptores de calor y frío, que la hacen especialmente sensible a cualquier cambio por pequeño que sea (incluso variaciones de $\pm 0,003^\circ\text{C}$). No obstante, toda la superficie cutánea no es igual de sensible, siendo la cara 5 veces más que otras áreas¹¹.

La respuesta eferente consistirá en aumentar la pérdida de calor hacia el ambiente (en caso de aumento de temperatura) o aumentar la producción de calor (en caso de hipotermia). Además, el sistema termorregulador es capaz de iniciar las respuestas en una determinada secuencia con el fin con el fin de ahorrar costes metabólicos (p. ej., en caso de descenso de la temperatura, la vasoconstricción se activará antes que los temblores, por presentar estos últimos mayor gasto energético)¹¹.

La respuesta vasoconstrictora se lleva a cabo en los *shunt* arteriovenosos de la piel, situados en las regiones acras. Son vasos especializados en la termorregulación, bajo control adrenérgico (receptores α_1 y α_2) y activados de la noradrenalina. Son resistentes a los cambios locales de temperatura y responden más a los estímulos desde el hipotálamo^{11,12}.

Una respuesta intermedia entre la vasoconstricción y los temblores, es la termogénesis que se produce a partir de la grasa parda (con gran contenido en mitocondrias) localizada ampliamente en las áreas infraescapular y perineal. Esta tiene la capacidad más alta de todo el organismo de producción de calor, próxima a $0,5\text{W}\times\text{g}^{-1}$. Este tipo de termogénesis está mediada también por el sistema adrenérgico (en este caso receptores β_3). Esta respuesta es de intensidad máxima en niños, estando pobremente desarrollada en adultos, en los cuales contribuye muy poco al mantenimiento de la TC^{11,12}.

En adultos, la mayor producción metabólica de calor se consigue con los temblores, con aumentos del 50 al 100%, y siendo la última respuesta en caso de frío extremo. Este mecanismo no se da en recién nacidos y es inefectiva en niños de pocos años¹¹.

En el otro extremo está la sudoración, respuesta activada en caso de aumento de temperatura. Es el único mecanismo por el que el cuerpo puede perder calor, y es muy eficaz, llegando a perder $0,50\text{kcal/g}$ de sudor, con un ritmo próximo a $0,5\text{L}\times\text{h}^{-1}$. Con la evaporación del sudor se consigue además disminuir la temperatura de la piel, enfriando de este modo la sangre que pasa por ella y que retorna al compartimento central. Está mediada por la actividad de receptores colinérgicos posganglionares, teniendo como principales neurotransmisores al óxido nítrico y al neuropéptido Y. Cuando se produce el aumento de la temperatura central se desencadena una respuesta que consiste en la dilatación de arteriolas precapilares, dando lugar a un aumento enorme del flujo sanguíneo capilar y al incremento de la pérdida de calor por convección^{11,12}. Este incremento en el flujo requiere el aumento en el gasto cardíaco y la redistribución de sangre desde otros territorios, como el esplácnico, en los que se producen vasoconstricción¹⁹.

Tanto la vasoconstricción como la vasodilatación reflejan la función termorreguladora del flujo sanguíneo cutáneo.

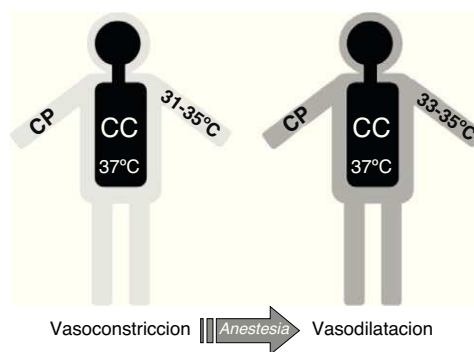


Figura 1 Compartimentos central (CC) y periférico (CP), con las variaciones térmicas inducidas por la anestesia.

La piel tiene un flujo sanguíneo muy importante (10 veces por encima de sus necesidades nutricionales) y muy variable, regulado por el sistema nervioso simpático, para poder ejercer su papel termorregulador frente a los cambios de temperatura interna o los cambios de las condiciones ambientales. En un adulto normal el flujo sanguíneo cutáneo es de $400\text{ml}\times\text{min}^{-1}$, pudiendo variar entre los 50 y los $2.800\text{ml}\times\text{min}^{-1}$, en casos de frío o calor extremos, respectivamente. Cualquier alteración de estos procesos se traduciría en la incapacidad para la homeostasis de la TC y de la presión sanguínea, ambos regulados por el sistema nervioso simpático. Las zonas cutáneas en las que hay folículos pilosos están innervadas por nervios vasoconstrictores y vasodilatadores, mientras que las zonas sin pelo únicamente tienen actividad vasoconstrictora, pero tienen mayor número de *shunt* arteriovenosos¹⁹.

Con respecto a la TC, el cuerpo se divide en 2 compartimentos (fig. 1): el central (CC) y el periférico (CP)^{9,10,13,15,20}. Ambientes calientes y la vasodilatación termorreguladora (que permite el paso de calor del CC al CP) son los encargados de mantener entre ambos el gradiente de temperatura de 2 a 4°C . Según la primera Ley de la Termodinámica, el calor se transfiere de regiones de alta energía a aquellas de baja energía¹⁰. La transferencia de calor (q) depende de 3 factores: el gradiente de temperatura (ΔT), el área de transferencia (A_{HT}), y el coeficiente de transferencia (h), según la siguiente fórmula:

$$q = \Delta T \times A_{HT} \times h$$

Aunque la unidad básica de transferencia de calor es el vatio (W), que equivale a 1 julio/s, normalmente se expresa por área (vatios/ m^2).

$$q/A_{HT} = \Delta T \times h$$

El CC corresponde al 66% de la masa corporal e incluye a la cabeza y el tronco (con todos sus órganos). La temperatura de este compartimento es homogénea y con una variabilidad muy estrecha (aproximadamente $0,2^\circ\text{C}$).

El CP está formado por la piel y las extremidades y su temperatura no es homogénea, además de tener una gran variabilidad (aproximadamente 4°C). La temperatura cutánea es normalmente entre 2 y 4°C menor que la del CC y

Tabla 1 Mecanismos de intercambio de calor y relevancia en pacientes anestesiados

Mecanismo	Importancia, cuantitativa (%)
Radiación	65
Convección	25
Conducción	10
Evaporación	10

depende de la TC, del estado vasomotor y de la temperatura ambiental^{9,11,21}.

De las temperaturas de ambos compartimentos, se puede calcular la temperatura media corporal (TMC) mediante la siguiente fórmula: $TMC = (0,67 \times TCC) + (0,33 \times TCP)$ ²².

De todo el calor generado por el metabolismo corporal, el 95% se pierde a través de la piel y el resto por la respiración¹⁵. En ausencia de sudoración, solo el 10% del calor cutáneo es evaporado. Sin embargo, la sudoración permite multiplicar por 10 esta pérdida de calor, estando esta condicionada por 3 variables: el gradiente de temperatura con el medio exterior, la cantidad de superficie expuesta y el coeficiente de transferencia de calor.

Principios físicos de la transferencia de calor

El intercambio de energía en forma de calor entre distintos cuerpos se puede realizar por 4 mecanismos distintos (tabla 1)^{9,10,13-15}: a) Por radiación, que es el principal mecanismo en pacientes anestesiados. Depende de la capacidad de emisión de radiaciones electromagnéticas (fotones) y de la superficie expuesta. Dependiendo de la materia, la radiación puede ser absorbida, caso de la piel (produciendo aumento de temperatura), transmitida (aire o vacío) o bien, reflejada (metal). La radiación ocurre en el espectro infrarrojo de longitud de onda (0,1-100 μm); b) Por convección, el calor pasa de una molécula a otra, aumentando la energía y, por tanto, la temperatura, además de producir desplazamiento molecular. Este mecanismo ocurre exclusivamente entre fluidos. Está relacionado con el paso de calor del CC al CP y es el responsable de los cambios rápidos de temperatura. Es considerado como conducción facilitada; c) Por conducción, el calor pasa de una molécula a otra, aumentando la energía y por tanto la temperatura, pero sin desplazamiento molecular. Este mecanismo se da en sólidos y en líquidos (bajo determinadas condiciones). Está involucrado en el paso del calor de una superficie a otra, en este caso, del cuerpo del paciente a la mesa de quirófano. El paso de calor es directamente proporcional a la diferencia de temperaturas e inversamente proporcional al aislamiento existente entre las 2 superficies. Este mecanismo origina una transferencia de calor muy lenta. Sería también el mecanismo responsable de la pérdida de calor originada por la administración de fluidos a temperatura ambiente (los líquidos son calentados por el paso de calor desde la sangre y los tejidos), y d) Por evaporación, la pérdida de calor se debe a la evaporación del agua (0,58 kcal \times g⁻¹). A nivel del aparato respiratorio y de la piel tiene muy poca importancia (10 y 5% del metabolismo basal, respectivamente), pero aumenta con la exposición ambiental de cavidades y órganos corporales (sobre todo en cirugía de larga duración). Es también

responsable del descenso de la TC con la aplicación sobre la piel de soluciones desinfectantes. El descenso está cifrado entre 0,2 y 0,7 °C \times m⁻². Se puede minimizar usando soluciones compuestas a base de agua (las basadas en alcoholes producen mayor pérdida de calor) y calentándolas (con el riesgo de producir irritación cutánea)⁹.

Radiación y convección son los únicos mecanismos de pérdida de calor en una superficie expuesta y seca, a los que habrá que sumar la evaporación si la superficie está húmeda.

El coeficiente de transferencia de calor (h) mide la eficiencia de un material en el proceso de transferencia, pero todo cuerpo también se puede oponer a la pérdida de calor. Esta capacidad es la conocida como insulación¹⁰ y es la inversa de la anterior (h⁻¹), siendo sus unidades de medida m² °C⁻¹ \times W⁻¹.

Medición de la temperatura

La monitorización de la TC es obligatoria en todo paciente sometido a una intervención quirúrgica que sobrepase de los 30 min, tanto con anestesia general como locorregional, para mantener la normotermia y detectar los episodios de hiper o hipotermia^{8,11}. La medición ideal es la continua, pero en la mayoría de los pacientes son suficientes las tomas cada 15 min²³. El mejor sitio para medir la temperatura es aquel que mejor refleje cualquier cambio producido en la temperatura sanguínea, que es la considerada como la verdadera temperatura central²².

La medición de la TC central se puede hacer de manera directa o indirecta, mediante estimación²⁰. De manera directa se pueden tomar los valores en la membrana timpánica (refleja la temperatura de la arteria carótida), en la nasofaringe, en la arteria pulmonar (mediante catéter de arteria pulmonar y considerada como el patrón) o en la parte distal del esófago (refleja la temperatura de la aorta)^{8,9,11,12,23}. De manera indirecta se puede tomar la TC en sitios como la boca, el recto, la axila o la vejiga e incluso en la superficie cutánea, pero es 1-2 °C inferior a la TC central, y cambios extremos pueden no verse reflejados y tardan en equilibrarse con la temperatura central unos 10-15 min. No deben ser medidas de referencia en la práctica clínica habitual.

El mejor sitio para realizar la medición de la temperatura se elegirá en función de las características y la localización de la cirugía que se va a llevar a cabo³. Las mediciones más prácticas son las realizadas en el esófago, en la boca y en el tímpano, mientras que durante el postoperatorio lo más práctico es la temperatura axilar²⁴. La medición de la temperatura a nivel de la superficie cutánea es la menos deseable debido a los cambios que ocurren en la temperatura ambiental y a los cambios producidos en el flujo cutáneo²⁵. Las temperaturas más sensibles son las de la arteria pulmonar, en el esófago (el tercio distal), en la membrana timpánica, en la nasofaringe o en la orofaringe^{22,25}. La temperatura en los 2 tercios proximales del esófago puede estar influida por los gases anestésicos²².

En cuanto a los termómetros empleados, los que emplean sensores infrarrojos se caracterizan por su exactitud y por no ser caros. Funcionan midiendo la energía infrarroja que es emitida por una superficie sin necesidad de entrar en contacto con ella¹¹.

Hipotermia

Definición

El límite de la hipotermia es arbitrario. Se considera hipotermia cuando la TC central desciende de 36 °C^{6,17,20}, aunque otros cifran el límite en 35 °C, clasificándola en 3 niveles: leve (de 32 a 35 °C), moderada (de 28 a 32 °C) y severa (por debajo de 28 °C)¹⁴.

Se trata de la alteración de la temperatura más frecuente durante el período perioperatorio (50-70% de los pacientes) y se caracteriza por acompañarse del aumento de la morbimortalidad y alteraciones a múltiples niveles^{1,3,4,6,8,9,11,12,17,18,20,24-29} (incomodidad, alteraciones cardíacas, depresión respiratoria, mayor estancia hospitalaria, infecciones, despertar anestésico prolongado, aumento del sangrado, balance negativo de nitrógeno, aumento del catabolismo). Alrededor del 50% de los pacientes llegan al quirófano con TC por debajo de 36 °C y hasta el 33% de 35 °C¹. Al contrario, no hay evidencia de beneficio asociado al mantenimiento perioperatorio de temperaturas por encima de lo normal (38-39 °C)¹².

La TMC decrece cuando la pérdida de calor excede la producción metabólica, la cual durante la anestesia está reducida en un 30-50% (aproximadamente de 0,8 kcal×kg⁻¹×h⁻¹).

Aspectos generales

Entre los factores predictivos relacionados con la aparición de hipotermia se encuentran la edad, el peso, la duración de la cirugía y las temperaturas corporal y ambiental^{1,6,28-30}. El riesgo de desarrollar hipotermia aumenta con la edad y disminuye con el aumento de peso, por lo que los ancianos y los niños son los más propensos a desarrollarla. La temperatura del quirófano tiene gran influencia ya que determina la velocidad a la que se pierde calor por radiación y convección desde la piel, y por evaporación desde el campo quirúrgico²³.

La alteración de la termorregulación, producida por la inducción anestésica, contribuye más al desarrollo de la hipotermia que la baja temperatura ambiental del quirófano^{12,15}. El límite de los umbrales a los que se activan las respuestas (tanto por calor como por frío) está aumentado, con respecto a un paciente sin anestesiarse, casi 10 veces (2-4 °C). La sudoración es la respuesta mejor conservada, aumentando poco el umbral que la activa y manteniendo su intensidad. Sin embargo, el umbral que activa la vasoconstricción y los temblores está marcadamente reducido y la efectividad de ambas respuestas es menor^{11,12}.

Los mecanismos de vasoconstricción y escalofrío están deprimidos en el paciente que está sometido a una intervención quirúrgica (se activan con descensos de la TC de 2-2,5 °C), por lo que la autorregulación de la TC está alterada^{12,18,31}. La anestesia general inhibe la actividad del sistema nervioso simpático, disminuyendo el umbral de la vasoconstricción por debajo de la temperatura del CC, además de producir una vasodilatación directa de los *shunt* arterio-venosos. El resultado final es una vasodilatación generalizada, con el resultante paso de calor del CC al CP por redistribución y la consiguiente bajada de la TC, pero conservando inalterada la TMC y el contenido total

de calor^{15,23,31}. Durante la primera hora de la intervención la TC cae 1-1,6 °C por la redistribución (81%) del calor del CC al CP, lo que origina un calentamiento del CP a expensas del CC, reflejado en el aumento de 0,5 °C de media en la temperatura cutánea sobretodo a nivel de pies y manos^{4,5,9,11,12,15,23,30,32}. A partir de este momento el enfriamiento se produce principalmente por pérdida (43%) de calor desde la piel al exterior, perdiendo, de manera lenta y progresiva, 1,1 °C durante las 2 h siguientes. La causa es la pérdida de calor mayor que la producción metabólica (reducida del 15 al 40%)¹⁸. Este es el período durante el cual es más efectivo el calentamiento del paciente. A partir de ese momento se alcanza una meseta hipotérmica, en la que la temperatura se mantiene constante incluso en intervenciones muy prolongadas. Este período meseta es resultado del calentamiento activo de los pacientes, pero en pacientes que no son calentados, en un primer momento la fase de meseta térmica es reflejo de un proceso pasivo, cuando la producción metabólica de calor es igual a la pérdida, pero puede llegar el momento en el que se active la respuesta termorreguladora de vasoconstricción, la cual minimiza la pérdida cutánea de calor, aislando el CC del CP y mantiene la producción metabólica en el CC^{9,12,15,18}.

Para que se activen las respuestas de termorregulación la temperatura central debe alcanzar los 34-35 °C. La vasoconstricción periférica (*shunt* arteriovenosos de los dedos) disminuye poco la pérdida de calor, pero tiene gran repercusión en la distribución del calor, disminuyendo el paso del CC al CP, consiguiendo una caída muy lenta o incluso un aumento, de la TC.

Aspectos del paciente

Los obesos tienen un comportamiento peculiar, sufriendo menos redistribución que los pacientes delgados^{15,31}. En este tipo de pacientes el mayor problema es la disipación del calor metabólico. Presentan una mayor vasodilatación periférica que el resto de pacientes, que suelen presentar vasoconstricción (sobretodo en un ambiente hospitalario frío). El resultado final es una temperatura del CP más alta de lo habitual, con lo que se reduce la redistribución desde el CC después de la inducción anestésica, controlándose mejor la bajada de temperatura.

En el caso de los niños, el enfriamiento es mucho más rápido dada su mayor superficie corporal en relación con su nivel metabólico, lo que, a la inversa, permite un calentamiento más rápido²¹. En estos pacientes, la redistribución del calor que se produce tras la inducción anestésica es menor dado que la relación CP/CC es menor que en adultos, produciéndose la mayor pérdida de calor por la cabeza¹⁵. En los niños, la fase de meseta se alcanza más rápido que en los adultos, pero tienen el mismo umbral para iniciar la respuesta vasoconstrictora.

En los pacientes de edad avanzada, la hipotermia es más marcada que en los de menor edad, además de tardar más tiempo en recalentar. No pueden aumentar su metabolismo basal en la misma medida que los jóvenes. El mecanismo de vasoconstricción se activa con un umbral más bajo (aproximadamente 1,2 °C, siendo normal un umbral de 0,2 °C) y es de menor intensidad⁹.

La magnitud de la caída de temperatura tras la inducción anestésica depende sobretodo del calor corporal total

del paciente¹⁵. Al calentar el paciente antes de la inducción anestésica, aumenta el calor del CP, por lo que se disminuye el gradiente entre los CC y CP, disminuyendo la redistribución y aumentando el calor corporal total.

La redistribución inicial es difícil de tratar por 2 razones: la primera, el territorio donde ocurre el paso del calor del compartimento central al periférico es extenso; y la segunda, el calor aplicado en la superficie cutánea tarda tiempo en llegar al compartimento central^{23,30}. Esta transferencia de calor es especialmente lenta en aquellos pacientes que tengan vasoconstricción, consecuentemente, incluso los mejores sistemas de calentamiento no previenen la pérdida de calor durante la primera hora de la anestesia.

La hipotermia se ve potenciada por una serie de factores propios de toda intervención quirúrgica como son la baja temperatura del quirófano, la desprotección de la superficie cutánea, la desinfección de la piel por líquidos a temperatura ambiente, la exposición de cavidades corporales y la administración de líquidos endovenosos¹⁷.

Influencia del tipo de anestesia

La alteración de la termorregulación también se ve influida por otra serie de condicionantes relacionados con el tipo de técnica anestésica y tipo de procedimiento quirúrgico¹³.

Las anestias neuroaxiales producen tanta, si no más, alteración sobre la temperatura que la anestesia general, agravada por el empleo de sedantes^{11,12,15,18,31}. Se produce una disminución de la TC entre 0,15° y 0,06 °C por cada metámera bloqueada y en 0,3 °C por cada fracción de 10 años de edad del paciente². Tanto la anestesia epidural como subaracnoidea descienden el umbral de temperatura que activa la vasoconstricción y los temblores en 0,6 °C, así como la intensidad de las mismas (50% de la normal)¹¹. El descenso es independiente del hábito corporal y la temperatura ambiente². Las técnicas regionales sobre el neuroeje (más el bloqueo subaracnoideo que el bloqueo epidural) alteran la termorregulación en el CC (por redistribución máxima a nivel de las extremidades inferiores), pero sobretodo en el CP por el extenso bloqueo del sistema nervioso simpático, anulando la vasoconstricción y los escalofríos^{2,9,12,15,18}. El sistema regulador malinterpreta una temperatura anormalmente elevada en los miembros inferiores bloqueados, permitiendo que la temperatura central caiga más de lo debido antes de activar los mecanismos de defensa. Típicamente, los umbrales de vasoconstricción y temblor están reducidos en 0,5 °C, mientras que el umbral para activar la sudoración está elevado en 0,3 °C. La inhibición de la información térmica, en este caso el frío, es la explicación de que pacientes que están en un ambiente frío y tiemblan, dejan de hacerlo una vez que se ha instaurado el bloqueo del neuroeje, y de que se sientan confortables incluso cuando su temperatura central está en el punto más bajo.

En este tipo de anestesia, la pérdida de temperatura del compartimento central es la mitad que en el caso de una anestesia general dado que el metabolismo basal está mantenido y no está inhibida la vasoconstricción a nivel de las extremidades superiores².

En la primera hora, la caída de TC es de 0,8 ± 0,3 °C, siendo, al igual que en el caso de anestesia general, la redistribución del calor el principal mecanismo (95%). Durante

las 2 h siguientes, la TC cae 0,4 ± 0,3 °C (redistribución 62%) y durante las siguientes 3 h, cae 1,2 ± 0,3 °C (redistribución 80%). En los pacientes sometidos a este tipo de bloqueos, no se desarrolla una fase de meseta debido a la imposibilidad de vasoconstricción periférica (en las zonas bloqueadas), por lo que la caída de temperatura se mantiene constante^{12,18,31}.

Con frecuencia, la temperatura durante procedimientos con anestesia regional no se monitoriza, por lo que la hipotermia no es detectada ni desde luego tratada con el agravante de que los pacientes incluso refieren tener calor, por la aparente sensación en los miembros inferiores debida a la vasodilatación provocada. Es en el área de recuperación, donde los pacientes notan el frío cuando comienza a revertir el efecto de bloqueo y empiezan a temblar^{2,12,15,18}. Sin embargo, este mecanismo, aparte de ser muy molesto, no produce el suficiente calor debido a que solo se desarrolla en la parte del cuerpo no bloqueada, por lo que debe ser tratado mediante, una vez más, calentamiento activo o con la administración de clonidina (75 µg iv) o meperidina (25 mg iv).

En el caso de anestesia general más bloqueo epidural (técnica combinada), la pérdida de calor es más importante que en la anestesia general única, dado que no se llega a la meseta hipotérmica y el enfriamiento es continuo a razón de 0,4 °C × h⁻¹, por el bloqueo simpático mantenido^{3,9,15,30,31}.

Influencia de la intervención quirúrgica

Con respecto a los condicionantes relacionados con el tipo de intervención mención especial requieren la cirugía laparoscópica y la resección transuretral prostática (RTUP).

En el caso de la primera, la insuflación intrabdominal con CO₂ seco y frío (normalmente a 21 °C) y la gran absorción a nivel peritoneal inducen hipotermia, (igual o más que una laparotomía), por lo que hay que usar sistema de calentamiento activo^{20,33}. Otros autores discrepan¹⁷ (laparoscopia no causa la hipotermia), defendiendo que es debida a la técnica anestésica. Según estos, la pérdida de calor es independiente de la cantidad de gas insuflado y del calentamiento o no de dicho gas.

En la resección transuretral prostática la disminución de la TC está producida por la irrigación continua de la vejiga con grandes cantidades de suero a temperatura ambiente.

Consecuencias fisiopatológicas-clínicas (tabla 2)

Escalofríos y temblores

En el postoperatorio inmediato, son debidos a actividad muscular involuntaria con único fin de aumentar el calor metabólico. Para los pacientes son una de las experiencias más desagradables de todo el proceso, incluso peor que el dolor, por lo que debe de ser tratada^{12,31,34}. Aumentan el consumo de oxígeno (40-100%) y, la respuesta simpática (vasoconstricción e hipertensión), lo que puede agravar a pacientes con enfermedad cardiopulmonar, aunque algunos señalan que el aumento en el consumo de oxígeno no tiene la suficiente magnitud como para provocar un aumento de la morbilidad^{22,34}. A la par del aumento de consumo de oxígeno, aumenta la producción de CO₂ y lactato. Consecuentemente la ventilación minuto aumenta para compensar la acidosis respiratoria aguda. El aumento en los requerimientos metabólicos aumenta la frecuencia

Tabla 2 Consecuencias fisiopatológicas de la hipotermia

- Disminución de la sensibilidad del centro respiratorio al aumento del PaCO₂
- Desplazamiento hacia la izquierda en la curva de saturación de la hemoglobina
- Cambios en la coagulación: reducción de la función plaquetaria, disminución de la actividad de factores de la coagulación y aumento de la fibrinólisis
- Retraso en el proceso de cicatrización y aumento de la tasa de infecciones de las heridas quirúrgicas
- Aumento del riesgo de trombosis venosa profunda
- Modificaciones en la farmacocinética y en la farmacodinámica debidas a la disminución del metabolismo basal
- Escalofríos y temblores → aumento del consumo de oxígeno y de la respuesta simpática → aumento requerimientos metabólicos → aumento de la frecuencia cardíaca y la presión arterial media (factor predictivo independiente de la aparición de complicaciones cardiológicas)

cardíaca y la presión arterial media y, por tanto, los requerimientos de oxígeno por parte del miocardio. En pacientes con una reserva cardiopulmonar limitada, el aporte de oxígeno puede verse comprometido y la saturación venosa mixta caerá a la vez que aumentará la extracción periférica de oxígeno⁹. El tratamiento es el calentamiento activo del paciente o el control farmacológico, siendo el más efectivo la meperidina (90% de efectividad en 5 min), debido al aumento de la actividad en los receptores μ y κ ^{9,22,31}. Aunque los opioides son la primera línea de tratamiento, hay otros fármacos útiles en el tratamiento de los temblores, tales como clonidina (75 μ g iv), ketanserina (10 mg iv), sulfato de magnesio (30 mg \times kg⁻¹) y fisostigmina¹¹. Si se emplea aire caliente para atenuar los escalofríos, es necesario conseguir el aumento de 4 °C de temperatura periférica (medida en la piel) por cada grado de temperatura central por debajo de los 36 °C.

Alteraciones cardiovasculares^{3,9,12,31,35}

Son consecuencia del aumento de la actividad adrenérgica (mediada por la noradrenalina y de mayor magnitud en jóvenes), y factor predictivo independiente de la aparición de complicaciones cardiológicas, mediadas por un aumento en las resistencias periféricas, en el trabajo cardíaco y en el consumo de oxígeno. La morbilidad cardiológica es típica del período postoperatorio, ya que durante la anestesia general, esta respuesta está atenuada. En pacientes de alto riesgo, una temperatura central por debajo de 35 °C triplica la incidencia de isquemia miocárdica en el postoperatorio inmediato. El calentamiento de los pacientes puede lograr una reducción del 55% en el riesgo relativo de aparición de complicaciones cardíacas durante este período. La incidencia de taquicardia ventricular y otros eventos cardiológicos es menor en los pacientes normotérmicos, pero solo durante el período postoperatorio y no durante el intraoperatorio. Esto se explica debido a que en los pacientes anestesiados la respuesta adrenérgica está bloqueada y se activa durante la fase de recuperación²².

Alteraciones respiratorias

La hipotermia produce una disminución de la sensibilidad del centro respiratorio al aumento del PaCO₂²² y desplazamiento hacia la izquierda en la curva de saturación de hemoglobina. La relación entre la producción de CO₂ y el consumo de O₂ se mantiene constante, de este modo la utilización de oxígeno disminuye a la par que el CO₂ aumenta (aproximadamente un 5% por cada °C).

Alteraciones de la coagulación

Debidos a alteración de la función plaquetaria (no del número), de la cascada de la coagulación y de la fibrinólisis. La función de las plaquetas está alterada por la reducción de la liberación de tromboxanos A₂ y B₂, disminuyendo a su vez la actividad de los factores de coagulación (termodependientes). Por su parte, la fibrinólisis está aumentada, permitiendo la destrucción del coágulo y facilitando el sangrado^{3,9,12,22}. Tal es la magnitud de la alteración que se produce, que descensos de 0,5 °C en la temperatura central están relacionados con un aumento de las pérdidas sanguíneas y, por tanto, de la morbimortalidad³¹.

Cicatrización e infección

La vasoconstricción retrasa la cicatrización y aumenta la tasa de infecciones de las heridas quirúrgicas (que suponen entre el 14 y el 16% de las infecciones hospitalarias —3° en magnitud— y directamente relacionadas con la predisposición a la formación de las hernias, estancia hospitalaria, tasa de mortalidad y aumento de costes)^{24,25,36,37}. Las primeras horas tras una contaminación bacteriana son decisivas para el establecimiento de una infección, por lo que los pacientes en los que persista la hipotermia tienen mayor riesgo. Esta complicación también se ve favorecida por la disminución en el depósito de colágeno en las heridas y por la presencia de alteraciones inmunológicas, derivadas de la disminución del aporte de oxígeno por la vasoconstricción cutánea, lo que favorece la alteración de la movilización de leucocitos y de la actividad fagocítica de los neutrófilos, así como la producción de anticuerpos mediada por linfocitos T^{3,9,12,22,27,36}. Se ha comprobado en pacientes hipotérmicos, además del aumento de la tasa de infecciones, un retraso en la retirada de las suturas de las heridas, ambos hechos relacionados con un aumento de la estancia hospitalaria próximo al 20%^{31,36}.

Otras alteraciones

Trombosis venosa profunda, facilitada por la vasoconstricción y, consecuentemente por el estasis venoso y la hipoxia manenidos^{3,31}.

Las modificaciones en la farmacocinética y en la farmacodinámica (prevenibles) son originadas por la disminución del metabolismo basal y pueden dar lugar a la prolongación del efecto. El metabolismo de los fármacos es termo-dependiente y los enzimas involucrados son termosensibles³⁴. Cabe destacar el efecto sobre los bloqueantes neuromusculares. Con descensos de la TC central de tan solo 2 °C se prolonga su efecto (p. ej., en el caso del vecuronio se dobla la duración por mecanismos farmacocinéticos)^{9,31,34}. Se ha demostrado que la amplitud del primer *twitch* y el TOF-ratio disminuyen un 20% por cada °C que cae la temperatura en el aductor del pulgar. En el caso de los agentes volátiles, la hipotermia aumenta su

solubilidad, sin alterar su potencia, ya que esta depende más de la presión parcial que de la concentración³⁴. La CAM se reduce en 5% por cada °C de hipotermia. Ambas son causas del lento despertar de un paciente hipotérmico de la anestesia general y, por consiguiente, responsables del aumento de los costes^{3,12,22,31}. Sin embargo, a pesar de ser mayor el tiempo desde que se termina la intervención hasta que se logra la extubación del paciente en caso de hipotermia, la estancia en la URPA es similar en pacientes hipotérmicos y normotérmicos. Con propofol se observa un aumento del 30% en la concentración cuando la temperatura desciende aproximadamente 3 °C, resultado de la reducción del aclaramiento entre los compartimentos central y periférico. Con fentanilo también se observa un aumento de la concentración, de aproximadamente 5% por °C descendido³⁴.

Efectos adicionales de la hipotermia son moderada hipopotasemia, aumento de la cardiotoxicidad de la bupivacaína o alteración de los potenciales evocados, pero sin repercusión en el manejo clínico³⁴.

La recuperación de la termorregulación es lenta y gradual en los pacientes que han sido anestesiados, pudiendo necesitar entre 4 y 5 h para llegar a la normotermia, dependiendo del grado de hipotermia y la edad del paciente. La vuelta a la normalidad puede verse retrasada por el efecto residual de los agentes halogenados usados como hipnóticos o por el efecto de los opioides usados como analgésicos¹⁵.

Cabe señalar que las respuestas fisiológicas a los cambios de temperatura están influenciadas más por la temperatura central que por la periférica (ratio 4:1), mientras que en la sensación térmica subjetiva la ratio es 1:1. Esto justifica que, incluso pacientes con una temperatura central adecuada, pueden experimentar disconfort y referir sentir frío, en caso de tener una temperatura periférica baja²².

Prevención y tratamiento

El mejor método para asegurar la normotermia es la prevención. El propósito de las medidas de prevención es minimizar las pérdidas de calor por redistribución en la inducción anestésica, por radiación y convección desde la superficie cutánea y por evaporación desde las superficies quirúrgicas en exposición, y mermar el enfriamiento provocado por la infusión de fluidos endovenosos²⁰.

Redistribución

Para evitarla durante la inducción anestésica por el paso de calor desde el compartimento central al periférico, la medida más útil y menos costosa es el calentamiento de los tejidos periféricos mediante convección (con aire forzado caliente) para lograr disminuir el gradiente de temperatura entre ambos compartimentos^{3,5,9,31,38,39}. El precalentamiento activo también logra inducir una vasodilatación periférica, aumentando la temperatura de este compartimento y disminuyendo de este modo el paso de calor desde el central. Esta medida se debería realizar entre 30 a 60 min antes de la inducción, en el antequirófano y durante la monitorización, dado que resulta más eficiente mantener la normotermia que calentar a un paciente hipotérmico. Aplicada de forma aislada y puntual, mantendría su efecto beneficioso durante 40-80 min después de la

inducción⁵, y debería de ser incluida como rutina diaria sin excesivas dificultades³⁴. El calentamiento antes de la inducción no altera la temperatura central, pero incrementa el calor corporal total. Con el calentamiento del paciente no se consigue un paso constante y lineal de calor desde el dispositivo hasta el paciente, debido al aumento de temperatura de la piel y al menor gradiente entre el dispositivo y la superficie cutánea. Aproximadamente el 45% del calor transferido se logra en 30 min y el 75% en la primera hora⁹. Incluso el dispositivo de calentamiento más efectivo no puede competir con la redistribución que se produce tras la inducción anestésica.

Como alternativa al precalentamiento está la vasodilatación farmacológica^{3,23,31,34,39}, con fármacos que provoquen vasodilatación periférica (p. ej., nifedipino 20 mg vía oral 12 h antes y 10 mg sublinguales una hora antes de la inducción anestésica³¹), revirtiendo la vasoconstricción periférica desencadenada por la hipotermia (a niveles inferiores a los fisiológicos), y de esta forma aumentando la eficacia de la transferencia de calor desde el exterior al compartimento central. Como se produce antes de la inducción anestésica, la regulación de la temperatura está inalterada y la temperatura central no disminuye. Al proceder con la inducción, no hay redistribución de calor de CC a CP porque el gradiente es mínimo. Al ser fármacos con importantes efectos secundarios, es necesario sopesar su uso en pacientes con reserva cardiovascular justa.

Radiación

Evitar una gran diferencia entre la TC del paciente y la temperatura ambiente del quirófano (aumentarla) ya que aumenta la temperatura periférica de los pacientes a la vez que les provoca cierto grado de vasodilatación^{3,12,34}. La temperatura en los quirófanos suele oscilar entre los 18 y los 23 °C, para que el equipo quirúrgico se sienta cómodo con la ropa y para evitar la proliferación de microorganismos. En el área quirúrgica infantil la temperatura del quirófano debe estar próxima a los 26 °C^{8,23}.

También se logra disminuir la pérdida de calor por radiación mediante el aislamiento térmico pasivo de la piel (supone el 90% de las pérdidas)^{23,34}. Se debe cubrir la mayor parte posible de superficie cutánea con cualquier tipo de material para crear una capa de aire inmóvil entre la piel y la cobertura, que reduce la pérdida de calor un 30%^{3,8,9,12,22,31,38}. En los niños cubrir la cabeza y extremidades, pero en adultos la pérdida de calor por la cabeza es mínima²³.

Es obligado el calentamiento activo intraoperatorio del paciente, medida limitada por la producción de sudor que conduce nuevamente a la pérdida de calor. Deben utilizarse sistemas adecuados para calentar la máxima superficie posible y no provocar el sobrecalentamiento excesivo de ninguna parte corporal. El sistema más eficaz, sencillo y barato (estimado en 7,04 € por paciente⁴) para prevenir y tratar la hipotermia es el que emplea aire caliente en el interior de una manta^{9,12,28,32,40}. El mejor de estos sistemas es capaz de transmitir más de 50 W a través de la superficie cutánea, incrementando la TMC (aproximadamente 0,75 °C). Su eficacia depende de la temperatura y del flujo del aire administrado (mejor flujos altos próximos a $19 \text{ L} \times \text{s}^{-1}$), que

es lo que determina el gradiente de temperatura entre la piel del paciente y el dispositivo⁴⁰. De la misma manera, cuanto mayor sea la superficie cutánea calentada, mayor será la eficacia del dispositivo (mejor resultado con mantas que calientan al paciente por debajo y por los lados que con las que solo lo hacen por la parte superior del tronco y las extremidades)^{39,41,42}. Sus limitaciones son la baja conductividad del aire (aproximadamente $0,025 \text{ W} \times \text{m}^{-1} \times \text{°C}^{-1}$)³² y que no son capaces de limitar la pérdida de calor por convección³. Los sistemas de aire forzado reducen la pérdida de calor mediante: a) sustitución del aire frío del quirófano que recubre al paciente por una capa de aire caliente, reduciendo de esta manera la pérdida por radiación; y b) al crear esa capa de aire más caliente que la piel, aumenta la ganancia de calor por convección. Considerar material de uso único, para evitar el contagio de enfermedades, y que no puede usarse el chorro de aire caliente directamente sobre el paciente para evitar quemaduras. También debe tenerse precaución con la temperatura del aire que no debe superar los 44 °C (no aporta mayor paso de calor y aumenta el riesgo de quemadura)⁴⁰.

Los sistemas colocados debajo del paciente no son útiles debido a que la espalda supone una pequeña parte de la superficie corporal total y las pérdidas por conducción son mínimas (el 90% del calor se pierde por la cara anterior del cuerpo)^{3,29,34}.

El flujo de calor aplicado sobre la superficie corporal se divide en 2 categorías: conducción radial y convección longitudinal³⁴. En primer lugar, el calor es conducido a los tejidos que están inmediatamente por debajo de la piel. Posteriormente, se produce una transferencia longitudinal de calor entre el CC y el CP por convección, gracias a la acción del flujo sanguíneo.

El calentamiento intraoperatorio, con paso de calor desde el CP al CC, es un proceso relativamente rápido debido a 2 factores³⁴: el primero es la vasodilatación inducida por la inhibición central de la termorregulación y, el segundo, es la vasodilatación inducida por la propia anestesia general. En el postoperatorio en caso de pacientes hipotérmicos el calentamiento es mucho más lento debido a la vasoconstricción establecida ($1,2 \pm 0,1 \text{ °C} \times \text{h}^{-1}$ en caso de anestesia subaracnoidea residual y $0,7 \pm 0,2 \text{ °C} \times \text{h}^{-1}$ en caso de anestesia general). Por esto es mejor calentar a los pacientes en el intraoperatorio, que tener que calentarlos en la sala de recuperación cuando ya están hipotérmicos y con vasoconstricción.

El precalentamiento se relacionó con menor tasa de infecciones, por vasodilatación cutánea por aumento de la circulación periférica, con aumento de la presión parcial de oxígeno tisular^{5,6,27}. Algunas series han demostrado una reducción de infecciones en cirugía colónica del 27 al 13%, acompañada de una disminución de complicaciones del 54 al 23%⁶. Además, los sistemas de calentamiento activo incluyen filtros que eliminan las bacterias en el aire calentado, gran preocupación de los cirujanos^{9,34}.

Conducción

Implicada en la pérdida de calor por la administración de cualquier fluido a temperatura ambiente. Por cada litro

de cristaloides o cada unidad de sangre que se infunde, se requieren unas 16 kcal para calentarlos a TC y la TC desciende unos $0,25 \text{ °C}$ ^{3,9,12,31}. Hay que utilizar sistemas de calentamiento de fluidos cuando se vayan a administrar elevados volúmenes de fluidos, pero nunca sustituirán al calentamiento activo del paciente mediante aire caliente y no aportarán nada si el ritmo de infusión es lento y ya se está usando el sistema de aire forzado^{3,22,23,34}. Entre los sistemas de calentamiento están los de calor seco (utilizan un sistema metálico con una resistencia para calentar los fluidos y solo son útiles a ritmos de infusión muy altos) y los de calor por circulación contracorriente de agua (se calienta el sistema de agua a unos 40 °C y son útiles a ritmos lentos y moderados). En cualquier caso los líquidos deben de ser calentados aproximadamente a 41 °C, sin sobrepasar los 43 °C en caso de sangre para evitar dañar los hematíes⁴³. Con menos de 2 l de fluidos no es necesario el calentamiento de los mismos, si no para administrarlos a gran velocidad o en gran cantidad^{12,22,31}. Considerar el ritmo de infusión y la longitud del sistema. A ritmos bajos, el fluido pierde la temperatura y se iguala con la del ambiente, mientras que a altos flujos, los líquidos no tienen tiempo de calentarse lo suficiente²².

Otras medidas

La pérdida de calor a través de la respiración es mínima (menos del 5-10%) y es debida al calentamiento y a la humidificación del aire respirado, por lo que actuar sobre los gases inspirados en caso de pacientes en ventilación mecánica carece de sentido, salvo en los niños, en los que la pérdida de calor por la respiración es mayor debido a la alta frecuencia de respiraciones por minuto. El calentamiento y la humidificación del aire inspirado sí resulta de utilidad para prevenir la aparición de broncospasmo y para conservar la función ciliar^{3,8,9,12,22,23,31,34}.

En la RTUP es necesario calentar los líquidos de irrigación vesical a unos 38 °C mediante calentadores específicos. En la laparoscopia es necesario el calentamiento y la humidificación del gas.

El frío es bien tolerado por el cuerpo humano, siendo necesarias temperaturas muy bajas para provocar lesiones. Sin embargo, la tolerancia al calor es más baja, con el consiguiente riesgo de quemadura^{9,34}, más importante cuando se añaden a estados en los que disminuye la presión de perfusión de los tejidos o al uso de sustancias que produzcan irritación cutánea, como las que contienen yodo, usadas en la desinfección quirúrgica. Los pacientes de edad avanzada suelen tener la piel más delgada y delicada, haciéndola más susceptible al daño por calor. Utilizar los dispositivos de calentamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante, no usándolos sin las mantas apropiadas para evitar las quemaduras accidentales ni reutilizando las mantas de un solo uso⁸. Con los sistemas de calentamiento mediante aire forzado se han descrito pocos casos de quemaduras³⁸, y son más seguros frente a otras formas de calentamiento más artesanales (responsables de quemaduras, por ejemplo en el trabajo de Cheney et al.⁴⁴ bolsas con agua caliente fueron causa del 64% de las quemaduras registradas).

Conclusiones y recomendaciones

La hipotermia es el trastorno de la temperatura más frecuente en pacientes quirúrgicos y, aunque aceptada durante años como algo ineludible, debe ser evitada, como medida de reducción de la morbimortalidad operatoria y de los costes derivados, así como de incremento de la satisfacción percibida por el paciente.

Para ello, la temperatura debe ser considerada como una constante vital más y todo el personal implicado en el cuidado del paciente quirúrgico debe estar concienciado con el mantenimiento de la misma dentro de la normalidad.

Se puede recomendar:

- Precaentamiento de todos los pacientes mediante aire forzado para minimizar la caída de temperatura producida por la inducción anestésica.
- Monitorización de la temperatura en todas las intervenciones con duración superior a 30 min (con anestesia general o locorregional).
- Calentamiento de fluidos en caso de administración de volúmenes elevados, así como en caso de necesitar transfusiones.
- Calentamiento activo intraoperatorio con aire forzado.
- Cubrimiento en la medida de lo posible de la superficie del paciente para evitar la pérdida de calor por radiación y convección.
- Tratamiento activo farmacológico, y mediante calentamiento si hay temblor en el postoperatorio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Rincón DA, Valero JF, Eslava-Schmalbach J. Construcción y validación de un modelo predictivo de hipotermia intraoperatoria. *Rev Esp Anestesiología Reanimación*. 2008;55:401-6.
2. Frank SM, El-Rahmany HK, Cattaneo CG, Barnes RA. Predictors of hypothermia during spinal anesthesia. *Anesthesiology*. 2000;92:1330-4.
3. Putzu M, Casati A, Berti M, Pagliarini G, Fanelli G. Clinical complications, monitoring and management of perioperative mild hypothermia: anesthesiological features. *Acta Biomed*. 2007;78:163-9.
4. Sessler DI. New surgical thermal management guidelines. *Lancet*. 2009;374:1049-50.
5. Andrzejowski J, Hoyle J, Eapen G, Turnbull D. Effect of prewarming on post-induction core temperature. *Br J Anaesth*. 2008;101:627-31.
6. Sajid MS, Shakir AJ, Khatri K, Baig Mk. The role of perioperative warming in surgery: a systematic review. *Sao Paulo Med J*. 2009;127:231-7.
7. Clinical practice guideline. The management of inadvertent perioperative hypothermia in adults. National Collaborating Centre for Nursing and Supportive Care commissioned by National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE): Abril 2008. Disponible en <http://www.nice.org.uk/nicemedia/pdf/CG65Guidance.pdf>
8. Torossian A. Thermal management during anaesthesia and thermoregulation standards for the prevention of inadvertent perioperative hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2008;22:659-68.
9. Forstot RM. The etiology and management of inadvertent perioperative hypothermia. *J Clin Anesth*. 1995;7:657-74.
10. English MJM. Physical principles of heat transfer. *Curr Anaesth Crit Care*. 2001;12:66-71.
11. Sessler DI. Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anesthesiology*. 2008;109:318-38.
12. Sessler DI. Mild perioperative hypothermia. *N Engl J Med*. 1997;336:1730-7.
13. Campos Suárez JM, Zaballos Bustingorri JM. Hipotermia intraoperatoria no terapéutica: causas, complicaciones, prevención y tratamiento (I parte). *Rev Esp Anestesiología Reanimación*. 2003;50:135-44.
14. Mechem CC, Danzl DF. Accidental hypothermia in adults UpToDate. 2009. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
15. Sessler DI. Perioperative heat balance. *Anesthesiology*. 2000;92:578-96.
16. Sellden E. Nutritional substrate and perioperative hypothermia. *Curr Anaesth Crit Care*. 2001;12:103-8.
17. Berber E, String A, Garland A, Engle KL, Kim KM, Ituarte P, et al. Intraoperative thermal regulation in patients undergoing laparoscopic vs open surgical procedures. *Surg Endosc*. 2001;15:281-5.
18. Kurz A. Effects of anaesthesia on thermoregulation. *Curr Anaesth Crit Care*. 2001;12:72-8.
19. Charkoudian N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. *Mayo Clin Proc*. 2003;78:603-12.
20. Zaballos Bustingorri JM, Campos Suárez JM. Hipotermia intraoperatoria no terapéutica: prevención y tratamiento (II parte). *Rev Esp Anestesiología Reanimación*. 2003;50:197-208.
21. Szmuk P, Rabb MF, Baumgartner JE, Berry JM, Sessler AM, Sessler DI. Body morphology and the speed of cutaneous rewarming. *Anesthesiology*. 2001;95:18-21.
22. Frank SM. Consequences of hypothermia. *Curr Anaesth Crit Care*. 2001;12:79-86.
23. Kurz A. Prevention and treatment of perioperative hypothermia. *Curr Anaesth Crit Care*. 2001;12:96-102.
24. Forbes SS, Eskicioglu C, Nathens AB, Fenech DS, Laflamme C, McLean RF, et al. Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia. *J Am Coll Surg*. 2009;209:492-503.
25. Sohn VY, Steele SR. Temperature control and the role of supplemental oxygen. *Clin Colon Rectal Surg*. 2009;22:21-7.
26. Carli F. Perioperative hypothermia. *Curr Anaesth Crit Care*. 2001;12:65.
27. Qadam M, Gardner SA, Vitale DS, Lominadze D, Joshua IG, Polk HC. Hypothermia and surgery. *Ann Surg*. 2009;250:134-40.
28. Ng SF, Oo CS, Loh KH, Lim PY, Chan YH, Ong BC. A comparative study of three warming interventions to determine the most effective in maintaining perioperative normothermia. *Anesth Analg*. 2003;96:171-6.
29. Kurz A, Kurz M, Poeschl G, Faryniak B, Redl G, Hackl W. Forced-air warming maintains intraoperative normothermia better than circulating-water mattresses. *Anesth Analg*. 1993;77:89-95.
30. Negishi C, Hasegawa K, Mukai S, Nakagawa F, Ozaki M, Sessler DI. Resistive-heating and forced-air warming are comparably effective. *Anesth Analg*. 2003;96:1683-7.
31. Leslie K, Sessler DI. Perioperative hypothermia in the high-risk surgical patient. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2003;17:485-98.
32. Rein EB, Filtvedt M, Walloe L, Ræder JC. Hypothermia during laparotomy can prevent by locally applied warm water and pulsating negative pressure. *Br J Anaesth*. 2007;98:331-6.
33. Nguyen NT, Fleming NW, Singh A, Lee SJ, Goldman CD, Wolfe BM. Evaluation of core temperature during laparoscopic and open bypass. *Obes Surg*. 2001;11:570-5.

34. Sessler DI. Complications and treatment of mild hypothermia. *Anesthesiology*. 2001;95:531-43.
35. Roth JV. Hypothermia should also have been considered to be a predictor of adverse perioperative cardiac events. *Anesthesiology*. 2009;111:453.
36. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. *N Engl J Med*. 1996;334:1209-15.
37. Barie PS. Surgical site infections: epidemiology and prevention. *Surg Infect*. 2002;3 Suppl:59-21.
38. Glesbrecht GG, Ducharme MB, McGuire JP. Comparison of forced-air patient warming systems for perioperative use. *Anesthesiology*. 1994;80:671-9.
39. Matsuzaki Y, Matsukawa T, Ohki K, Nakamura M, Oshibuchi T. Warming by resistive heating maintains perioperative normothermia as well as forced air heating. *Br J Anaesth*. 2003;90:689-91.
40. Bräuer A, Bovenschulte H, Perl T, Zink W, English MJM, Quintel M. What determines the efficacy for forced-air warming systems? A manikin evaluation with upper body blankets. *Anesthesiology*. 2009;108:192-8.
41. Tominaga A, Koitabashi T, Ouchi T, Ban R, Takano E. Efficacy of an underbody forced-air warming blanket for the prevention of intraoperative hypothermia. *Anesthesiology*. 2007;107:A91.
42. Fanelli A, Danelli G, Ghisi D, Ortu A, Moschini E, Fanelli G. The efficacy of a resistive heating under-patient blanket versus a forced-air warming system: a randomized controlled trial. *Anesth Analg*. 2009;108:199-201.
43. Bieberich MT, Van Duren AP. Thermal control and design considerations for a high-performance warmer. *Biomed Instrum Technol*. 2003;37:103-12.
44. Cheney FW, Posner KL, Caplan RA, Gild WM. Burns from warming devices in anesthesia. *Anesthesiology*. 1994;80:806-10.