

## Hipotermia Perioperatória: Novos Conceitos \*

Simone Maria D'Angelo Vanni <sup>1</sup>; José Reinaldo Cerqueira Braz, TSA <sup>2</sup>

Vanni SMD, Braz JRC - Hipotermia Perioperatória: Novos Conceitos

Vanni SMD, Braz JRC - Perioperative Hypothermia: New Concepts

**UNITERMOS:** HIPOTERMIA

**KEY WORDS:** HYPOTHERMIA

O sistema termorregulador do homem mantém a temperatura central próxima de 37°C para manutenção das funções metabólicas. Entretanto, durante o ato anestésico-cirúrgico é comum a ocorrência de hipotermia não intencional moderada, com queda de 1 a 3°C na temperatura, em consequência da inibição central da termorregulação e diminuição do metabolismo, induzidas pela anestesia, e a exposição do paciente ao ambiente frio das salas cirúrgicas <sup>1</sup>. A hipotermia per-operatória também pode ser intencional, quando provocada para proteger órgãos vitais nos quais se espera a ocorrência de isquemia.

### TERMORREGULAÇÃO NORMAL

O sistema termorregulador é semelhante a outros sistemas de controle fisiológico. O principal local da regulação da temperatura é o hipotálamo. O processamento da informação termorreguladora é feito em três estágios: percepção térmica aferente, regulação central e resposta eferente <sup>2</sup>. A informação térmica é obtida pelas células sensíveis ao frio e transmitida ao hipotálamo por fibras A- $\delta$ . A informação obtida pelas células sensíveis ao calor é transmitida pelas fibras C desmielinizadas <sup>3,4</sup>. O hipotálamo regula a temperatura do corpo ao integrar os impulsos térmicos provenientes da medula espinal e do sistema nervoso central que, por sua vez, integram os impulsos advindos da superfície cutânea e dos tecidos profundos. Assim, as respostas termorreguladoras baseiam-se na amostragem integrada dos impulsos térmicos provenientes de quase todos os tecidos do organismo, o que tem sido considerado como temperatura corporal média, e não apenas

em relação à temperatura central do organismo. Quando o impulso integrado excede ou fica abaixo do limiar de temperatura, ocorrem respostas termorreguladoras autonômicas, que mantêm a temperatura do corpo em valor adequado <sup>5</sup>, (Figura 1) <sup>6</sup>.

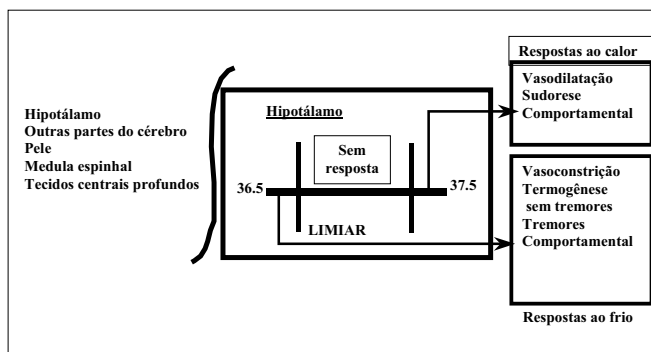


Figura 1 - O modelo de termorregulação. Os impulsos térmicos recebidos dos tecidos periféricos são integrados no hipotálamo, o qual determina a temperatura corporal média. A faixa interlimiar é a temperatura corporal média durante a qual não são deflagradas respostas eferentes. Adaptado de Sessler (1994) <sup>6</sup>

As alterações térmicas, em relação à temperatura limiar, iniciam respostas eferentes. Na hipotermia ocorre diminuição da perda de calor para o ambiente, através de vasoconstrição ativa, aumento da produção de calor pelo metabolismo, através da termogênese sem tremor ou pelo tremor, e alterações comportamentais, como a colocação de agasalho. Na hipertermia há aumento da perda de calor, através da vasodilatação ativa e sudorese, e alterações comportamentais, como o uso de vestimentas leves. A vasoconstrição cutânea é a primeira resposta termorreguladora à hipotermia e a mais importante.

As alterações comportamentais se constituem em respostas termorreguladoras também muito efetivas, que parecem depender mais da temperatura da pele <sup>7</sup>, possibilitando ao homem viver e trabalhar em locais onde ocorrem extremos de temperaturas. A precisão do controle termorregulatório é similar nos homens e mulheres <sup>8</sup>, mas declina nos idosos <sup>9</sup> e nos pacientes gravemente doentes.

A faixa interlimiar em que não ocorrem respostas termorreguladoras altera, aproximadamente, de 0,2 a 0,5 °C no estado de vigília (Figura 2) <sup>10</sup> para cerca de 3,5 °C durante o ato anestésico (Figura 3) <sup>10</sup>, quando comparada à temperatura

\* Trabalho realizado no CET/SBA da Faculdade de Medicina da Botucatu - UNESP, SP

1. Anestesiologista. Bolsa de Mestrado da CAPES no Curso de Pós-Graduação em Anestesiologia da FMB -UNESP

2. Professor Titular do CET/SBA do Departamento de Anestesiologia da FMB-UNESP

Apresentado em 21 de janeiro de 1999

Aceito para publicação em 01 de abril de 1999

Correspondência Dra. Simone Maria D'Angelo Vanni  
Departamento de Anestesiologia  
Faculdade de Medicina de Botucatu-UNESP - Rubião Júnior  
18618-970 Botucatu, SP

© 1999, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

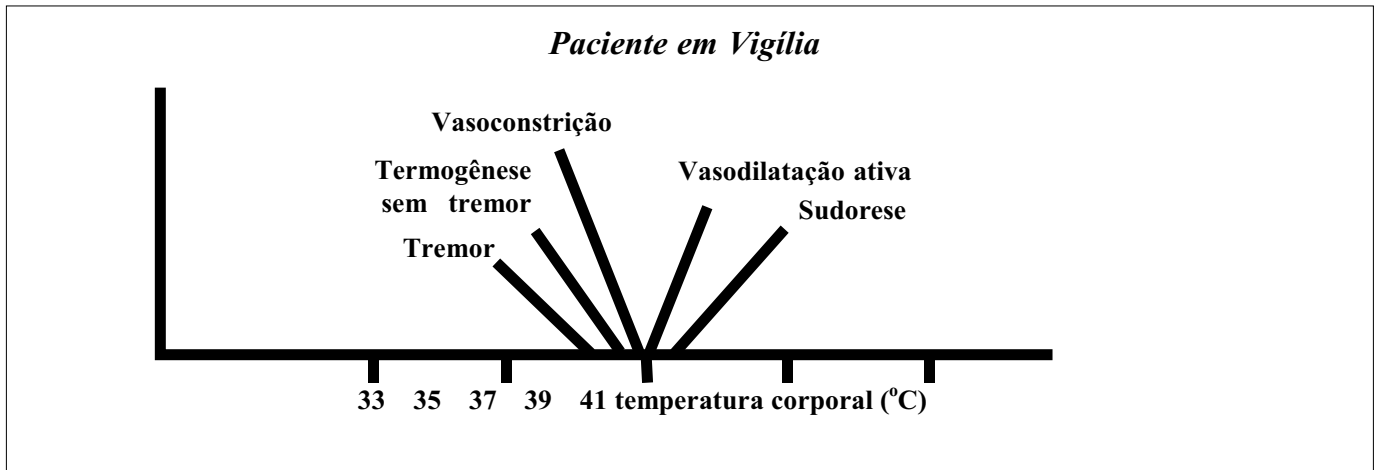


Figura 2 - Esquema mostrando os limiares termorreguladores em lactentes e crianças em estado de vigília. O eixo das ordenadas representa a intensidade máxima das respostas efectoras. Adaptado de Bissonette (1993)<sup>10</sup>

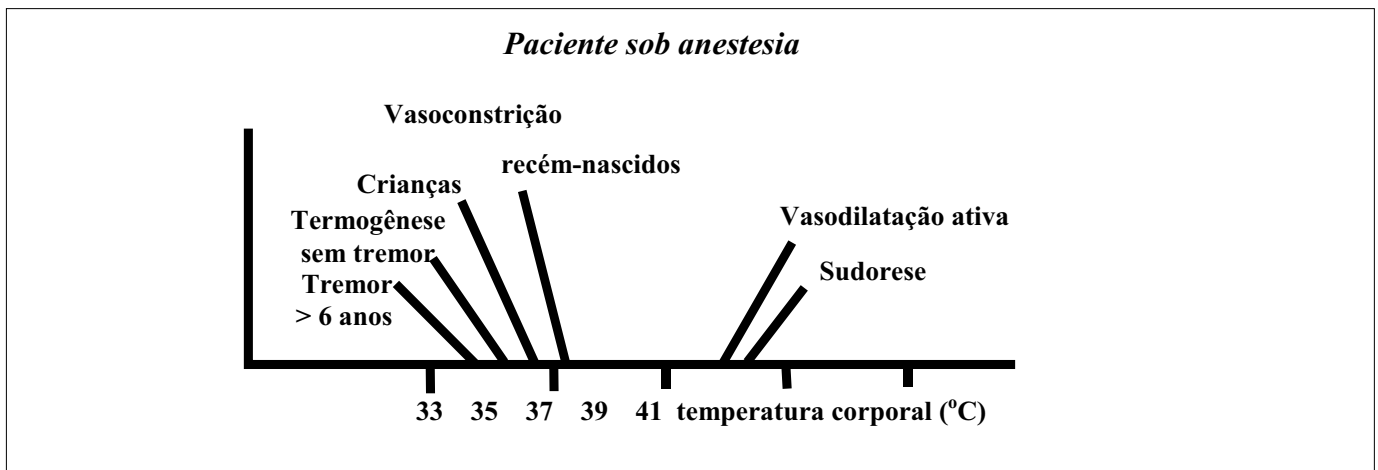


Figura 3 - Esquema mostrando os limiares termorreguladores em lactentes e crianças sob anestesia. O eixo das ordenadas representa a intensidade máxima das respostas efectoras. Adaptado de Bissonette (1993)<sup>10</sup>

normal (37 °C). Esta faixa é mais ampla no estado hipotérmico que no hipertérmico (Figura 3).

A maior defesa autônômica do organismo, em relação ao calor, é a sudorese, mediada por inervação colinérgica pós-ganglionar com terminações glandulares. O suor é um ultrafiltrado do plasma e sua composição depende da intensidade da sudorese, do estado de hidratação e de outros fatores. Em situação máxima, o adulto produz mais de 0,5 L.h<sup>-1</sup> de suor, principalmente no atleta bem treinado.

A sudorese é um processo muito efetivo de perda de calor por causa do elevado calor latente de evaporação da água. Cada grama de suor que se evapora absorve 584 calorias; conseqüentemente, a sudorese pode dissipar facilmente o calor, especialmente se o ambiente estiver seco. A eficiência da sudorese é aumentada pela vasodilatação capilar termorreguladora, que é regulada por fatores como a bradicinina e o óxido nítrico.

O fluxo sanguíneo da pele das extremidades pode ser dividido em dois compartimentos: o nutricional, representado pe-

los capilares, e o termorregulador, através de curtos-circuitos arteriovenosos. Na hipotermia, o fluxo sanguíneo cutâneo pode ser diminuído em até cem vezes por curtos-circuitos arteriovenosos dos dedos, das mãos, dos pés, das orelhas e do nariz<sup>11</sup>. O fluxo dos curtos-circuitos é mediado primariamente pela noradrenalina liberada nas terminações adrenérgicas pré-sinápticas que, ao ligar-se aos receptores  $\alpha_2$ -adrenérgicos, determina vasoconstrição.

Embora ocorra diminuição da perfusão cutânea pela vasoconstrição termorreguladora, a redução da perda de calor pelo organismo é pequena, ao redor de 25%<sup>12</sup>. As perdas pelas mãos e pés diminuem ao redor de 50%, mas somente 17% pelo tronco.

A termogênese sem tremor ocorre por aumento da produção metabólica de calor sem que ocorra aumento de trabalho muscular. O músculo esquelético e o tecido adiposo marrom representam as principais fontes de calor por essa via, na qual ocorre aumento de consumo de oxigênio na ausência de atividade física. Essa via é importante mecanismo termorre-

gulador no recém-nascido e nos primeiros anos da criança<sup>13</sup>, mas sua contribuição à termorregulação no adulto é pequena<sup>14-16</sup>.

A produção de calor é realizada primariamente pela estimulação  $\beta$ -adrenérgica, principalmente de receptores  $\beta_3$  da terminação nervosa da gordura marrom<sup>17</sup>. A coloração marrom macroscópica do tecido adiposo é resultante da enorme densidade de mitocôndrias.

O tremor é uma atividade involuntária, que aumenta, em duas ou três vezes, o metabolismo normal. Somente ocorre após o desencadeamento de vasoconstrição máxima, de termogênese sem tremor e de alterações comportamentais, e quando forem insuficientes para manter adequada a temperatura corporal<sup>18,19</sup>.

O tremor, ao aumentar em 200% a 600% o consumo de oxigênio e desencadear descarga simpatoadrenal<sup>20,21</sup>, pode desencadear isquemia miocárdica em pacientes susceptíveis<sup>22</sup> e aumentar as pressões intra-ocular e intracraniana.

A ocorrência de hipotermia excessiva nos idosos se deve à inadequação da ativação da resposta das defesas termorregulatórias. Consistente com essa teoria, vários fatores do controle termorregulatório nos idosos estão diminuídos em relação ao jovem, como a vasoconstrição, que é a primeira resposta autonômica ao frio, e o limiar ao tremor<sup>23</sup>. Os mecanismos eferentes no recém-nascido e na criança são menos efetivos que nos adultos. A termogênese sem tremor no recém-nascido se constitui na principal resposta à hipotermia, enquanto a vasoconstrição apresenta-se limitada e o tremor, na maioria das vezes, não ocorre ou apresenta baixa eficácia<sup>24</sup> (Figura 3).

Os recém-nascidos, especialmente os prematuros, apresentam grande superfície corporal, em comparação com a massa. Em conseqüência, a perda de calor através da pele é, proporcionalmente, maior do que a do adulto<sup>25</sup>. A combinação do aumento da perda de calor e de menor resposta termorreguladora faz com que os recém-nascidos apresentem grande tendência à hipotermia.

Assim, os extremos de idade, a doença grave e o efeito de drogas podem provocar distúrbios térmicos, mesmo em ambiente normal, e determinar resposta aberrante ou inadequada quando ocorrerem alterações da temperatura ambiente.

## HIPOTERMIA PERIOPERATÓRIA

Durante a anestesia e cirurgia, vários fatores se combinam para interferir com a termorregulação normal: abolição das respostas comportamentais, aumento da exposição do paciente ao meio ambiente, diminuição em 30% da produção de calor pela redução do metabolismo<sup>26</sup>, inibição da termorregulação central induzida pelos anestésicos<sup>11,27</sup> e redistribuição interna de calor no organismo<sup>28</sup>. A condução, evaporação, convecção e irradiação contribuem para a perda de calor para o ambiente durante a anestesia e cirurgia (Figura 4)<sup>29</sup>.

A transferência de calor por condução depende da diferença de temperatura entre dois objetos em contato e da condutância entre eles. Deve-se assegurar que a pele do paciente não entre em contato com superfícies metálicas frias.

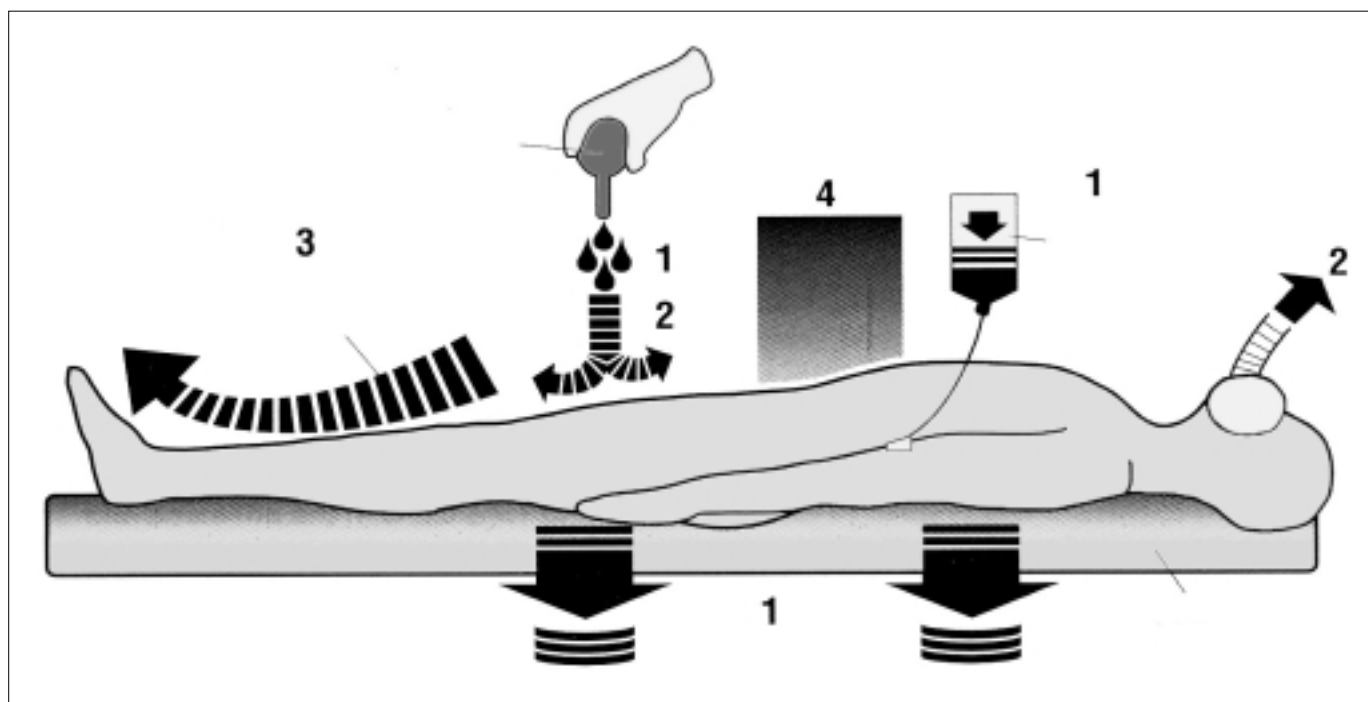


Figura 4 - Principais mecanismos físicos implicados na dispersão térmica do paciente na sala de cirurgia. Adaptado de Bissonette (1998)<sup>29</sup>.  
1: condução, 2: evaporação, 3: convecção, 4: irradiação

As perdas por evaporação têm vários componentes: sudorese, perda insensível de água pela pele, vias respiratórias e feridas cirúrgicas, e evaporação de líquidos aplicados à pele, como as soluções antibacterianas. No adulto, as perdas respiratórias respondem por apenas 5% a 10% da perda total de calor durante a anestesia. A condução e a evaporação respondem por cerca de 15% do calor total perdido durante o procedimento cirúrgico.

Ganha-se ou perde-se calor por convecção quando um fluido, líquido ou gás, à determinada temperatura, passa sobre uma superfície que apresenta uma temperatura diferente. As perdas por convecção ocorrem mais intensamente em grandes ambientes, quando existe deslocamento do ar, principalmente se este for frio.

A troca de calor por irradiação depende da diferença da temperatura absoluta entre duas superfícies, elevada à quarta potência. Assim, o paciente na sala de cirurgia poderá perder calor para as paredes e objetos sólidos, mediante troca de energia radiante. Setenta por cento da perda total de calor se faz por irradiação, à temperatura de 22 °C<sup>30</sup>. Juntas, a convecção e a irradiação contribuem com 85% da perda de calor pelo organismo.

Em relação ao conteúdo de calor, o organismo pode ser dividido em três compartimentos: o central, relacionado às principais vísceras do organismo e o sistema nervoso central, o periférico, que é o maior de todos, constituído pela musculatura dos membros superiores e inferiores, e a pele, que poderia ser chamada de compartimento cutâneo, e que representa a barreira entre os dois compartimentos e o meio ambiente. Entre o compartimento central e o periférico existe um gradiente de temperatura de 3 a 4 °C, tendo o compartimento central a temperatura um pouco mais alta (Figura 5)<sup>6</sup>. Esse gradiente é mantido através da termorregulação vasoconstritora, que cria uma barreira térmica entre os tecidos centrais e periféricos<sup>1</sup>.

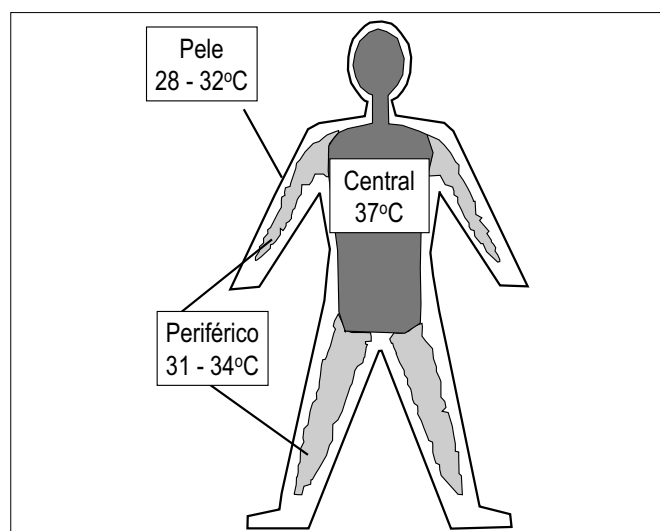


Figura 5 - Ilustração mostrando a temperatura em cada um dos compartimentos do corpo antes da indução da anestesia. Adaptado de Sessler (1994)<sup>6</sup>

O aparente paradoxo da diminuição da temperatura central de 0,5 a 1,5 °C, durante a anestesia, não ser decorrente apenas do aumento da perda de calor para o ambiente ou da diminuição da produção de calor pelo metabolismo, pode ser explicado pela redistribuição interna de calor no organismo que se segue à indução anestésica.

A maioria dos anestésicos é vasodilatadora e todos alteram o controle central da temperatura, através do hipotálamo, inibindo a vasoconstrição termorreguladora tônica normal do organismo e os tremores<sup>31-33</sup>. Os opióides<sup>34</sup> e o propofol<sup>35</sup> diminuem, de maneira linear, o limiar de vasoconstrição e dos tremores. Já os anestésicos halogenados, como o isoflurano<sup>36</sup> e o desflurano<sup>37</sup>, diminuem o limiar de resposta ao frio, de maneira não linear.

Entretanto, a vasodilatação induzida pelos anestésicos aumenta muito pouco a perda cutânea de calor<sup>38</sup>, sugerindo que o aumento de perda de calor não é a maior causa de hipotermia que se segue à indução da anestesia.

Por outro lado, a indução anestésica é responsável por 20% de redução da produção metabólica de calor<sup>38</sup>, o que é insuficiente para explicar a hipotermia central.

Entre os compartimentos central e periférico, normalmente ocorre troca de calor por condução ou convecção circulatória, sendo esta última considerada mais importante do que a primeira, especialmente quando o paciente é colocado nas modernas e frias salas de cirurgia, quando a maioria tem hipotermia, caso não sejam tomadas medidas preventivas<sup>39</sup>. Conseqüentemente, o estado vasomotor é um fator potencialmente importante na transferência de calor.

Assim, ao provocarem vasodilatação, os anestésicos redistribuem o calor do compartimento central para os tecidos periféricos<sup>40</sup>. Em conseqüência, diminuem a temperatura do compartimento central, mas aumentam a temperatura do compartimento periférico e da pele (Figura 6)<sup>6</sup>, mantendo inalterados a temperatura corporal média e o conteúdo de

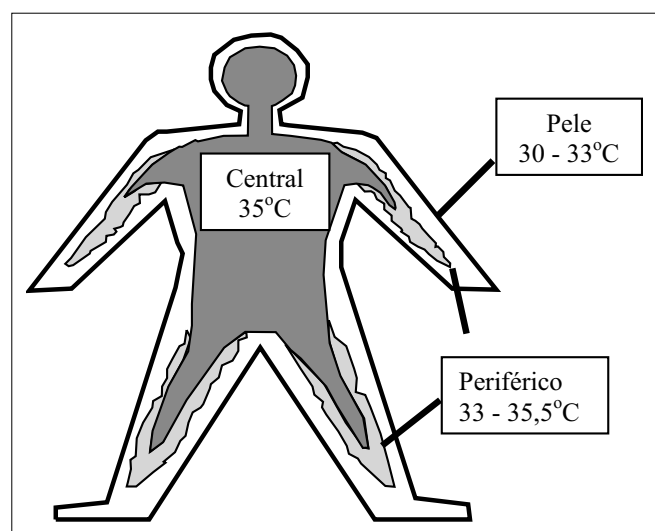


Figura 6 - Ilustração mostrando a temperatura em cada um dos três compartimentos do corpo após a indução anestésica. Adaptado de Sessler (1994)<sup>6</sup>

calor do organismo. O mesmo efeito foi demonstrado durante anestesia regional<sup>41</sup>.

Após a primeira hora de anestesia pode ocorrer um desequilíbrio térmico, resultante da diminuição da produção de calor e aumento da perda por convecção, irradiação, evaporação ou condução para o ambiente. Nessa segunda fase, que dura de duas a três horas, a perda de calor para o ambiente leva à diminuição, quase linear, da temperatura central, que vai de 0,5 °C a 1 °C.h<sup>-1</sup>. A anestesia também contribui para a redução da perda de calor, por limitar a atividade muscular e diminuir o metabolismo e o trabalho da respiração<sup>31</sup>.

Após a segunda fase atinge-se condição térmica estável, na qual a produção metabólica é igual a perda de calor pelo corpo. Esse estado de equilíbrio térmico sugere que as respostas termorreguladoras estão presentes, reduzindo-se a perda mas não a produção de calor. Nessa fase, a vasoconstrição reduz o tamanho do compartimento central, ocasionando menor distribuição de calor, mantendo a temperatura central constante<sup>42</sup>. Deve ser ressaltado que a perda de calor para o ambiente ocorre em função da diferença de temperatura existente entre a superfície do corpo e o meio ambiente. Assim, a perda de calor diminui à medida que os pacientes tornam-se hipotérmicos.

Nos recém-nascidos e nas crianças, nessa terceira fase, não ocorre manutenção da temperatura central, mas o seu aumento, por causa da aumentada produção de calor pela termogênese não dependente do tremor, associada à redução do compartimento central.

#### CONSEQÜÊNCIAS DA HIPOTERMIA

É freqüente a ocorrência de hipotermia no perioperatório, especialmente em recém-nascidos, crianças e idosos. A hipotermia tanto pode produzir alguns benefícios como importantes complicações.

Entre os benefícios tem-se a proteção contra a isquemia cerebral e mesmo a hipoxemia, em animais de experimentação<sup>43</sup>. Assim, pacientes com lesão cerebral traumática e escala de Glasgow de 5 a 7 apresentaram melhor evolução quando a temperatura central foi mantida ao redor de 32 °C<sup>44</sup>. Em cirurgias que podem cursar com isquemia cerebral, como neurocirurgia e endarterectomia carotídea, acredita-se que haja indicação de hipotermia leve a moderada.

Hipotermia de apenas 2 a 3 °C confere proteção contra a isquemia da medula espinhal<sup>45</sup>. Também é mais difícil a deflagração de hipertermia maligna em porcos com hipotermia do que nos mantidos em normotermia<sup>46</sup>. Hipotermia central de 34 °C também parece facilitar a recuperação e reduzir a mortalidade em pacientes com síndrome de angústia respiratória do adulto<sup>47</sup>.

A hipotermia moderada, por outro lado, provoca alterações fisiológicas significativas, que afetam quase todos os órgãos. Há diminuição do metabolismo e da concentração alveolar mínima (CAM) dos anestésicos halogenados de aproximadamente 8% para cada grau centígrado de diminuição da temperatura do organismo<sup>48</sup>. Os efeitos dos bloqueadores neuromusculares acentuam-se na hipotermia, como

ocorre com o atracúrio<sup>49</sup> e vecurônio<sup>50</sup>. Esse fato, juntamente com a redução na CAM, pode retardar, de maneira considerável, a recuperação e o despertar da anestesia geral.

A afinidade da hemoglobina pelo oxigênio aumenta durante a hipotermia, o que pode resultar em menor fornecimento de oxigênio aos tecidos periféricos. Ocorre aumento da diurese, como resultado da menor reabsorção tubular de sódio pelo rim. Em pacientes, que tornaram-se hipotérmicos durante cirurgia eletiva de ressecção de cólon, existem evidências que sugerem haver deficiência do sistema imunológico, com aumento da incidência de infecções no período perioperatório e aumento, em 20%, da duração da hospitalização<sup>51</sup>. Hipotermia moderada também reduz a função plaquetária<sup>52</sup> e diminui a ativação da cascata da coagulação<sup>53</sup>. Coincidentemente com esses estudos realizados *in vitro*, a hipotermia aumenta significativamente as perdas sangüíneas e a necessidade de transfusão alogênica durante a cirurgia de artroplastia de quadril<sup>54</sup>.

A hipotermia central de 1,5 °C triplica a incidência de taquicardia ventricular e de outras disritmias cardíacas importantes<sup>22</sup>.

O conforto térmico no pós-operatório é acentuadamente prejudicado pela hipotermia. Os pacientes geralmente se lembram da sensação de frio e dos tremores, no período pós-operatório imediato, relatando-os como desagradáveis e, muitas vezes, determinando sensações piores que a dor cirúrgica.

#### TRATAMENTO DA HIPOTERMIA

Um método fácil e efetivo de diminuir a perda de calor consiste em se aplicar isolamento passivo na superfície da pele. O recobrimento do corpo do paciente com mantas, lençóis, campos cirúrgicos, algodão ortopédico ou faixa de crepe reduz a perda de calor em aproximadamente 30%.

Parece não existir diferença clinicamente importante entre os vários tipos de isolamento térmico<sup>55</sup>, sendo a extensão do recobrimento mais importante do que a escolha do tipo de isolamento. Entretanto, em pacientes submetidos a cirurgia de grande porte, raramente o isolamento passivo, isoladamente, é suficiente para manter a normotermia.

A temperatura ambiente da sala de cirurgia também é fator crítico na perda de calor por irradiação, convecção e evaporação através da pele ferida cirúrgica. Conseqüentemente, o aumento da temperatura ambiente geralmente é eficiente em minimizar a perda calórica<sup>56</sup>. Entretanto, a temperatura ambiente ao redor de 25 °C, temperatura ideal para se evitar a perda de calor, geralmente é desconfortável para os cirurgiões.

Cálculos termodinâmicos indicam que apenas 10% da perda de calor ocorre pelo trato respiratório, como resultado do aquecimento e umidificação do ar inspirado, mesmo quando gás seco e frio é utilizado na ventilação do paciente. Em conseqüência, o aquecimento e a umidificação, passivos ou ativos do gás inspirado, influenciam muito pouco o balanço térmico do paciente<sup>57,58</sup>, sendo mais eficientes em recém-nascidos e crianças do que em adultos<sup>25</sup>.

A perda de calor através da respiração também depende do metabolismo, que, geralmente, diminui durante a anestesia. Como conseqüência, a fração de calor total perdida pelas vias respiratórias diminui drasticamente durante cirurgias de grande porte, embora haja perda considerável de calor por evaporação, através da incisão cirúrgica.

Por outro lado, o permutador de calor e umidade (*nariz artificial*), embora não seja tão efetivo na prevenção de hipotermia perioperatória<sup>58</sup>, condiciona as vias aéreas com suficiente calor e umidade, que são importantes na manutenção da função mucociliar<sup>58</sup>.

O aquecimento de líquidos utilizados na hidratação durante a cirurgia, isoladamente, pode não manter o paciente em normotermia<sup>6</sup>, embora diminua a queda da temperatura central, quando empregado em associação com outros métodos preventivos<sup>59</sup>.

Uma unidade de sangue infundida a 4 °C ou um litro de solução cristalóide infundido à temperatura ambiente decresce a temperatura corporal média em 0,25 °C. No paciente adulto, os líquidos a serem infundidos somente necessitam ser aquecidos em administrações de mais de 2 L.h<sup>-1</sup><sup>59</sup>. Nas hidratações menores, o benefício parece não exceder o custo, na maioria dos pacientes.

Como 90% do calor metabólico são perdidos pela superfície da pele, somente o aquecimento cutâneo transferirá calor suficiente para impedir a hipotermia. Os dois principais sistemas de aquecimento disponíveis para uso perioperatório são a circulação de água e de ar forçado aquecidos.

Os colchões de circulação de água aquecida são menos eficazes na prevenção de hipotermia, visto que pouca quantidade de calor pode ser transferida para uma área restrita, como o dorso do paciente<sup>60</sup>, e existe sempre a possibilidade de ocorrerem queimaduras, devido a combinação de calor com a diminuição da perfusão sangüínea local, em situação de hipovolemia, aumentando a propensão para a ocorrência de necrose (queimadura) associada à pressão e calor<sup>61</sup>. Essas lesões podem ocorrer mesmo quando a temperatura da água circulante não ultrapassa 40 °C<sup>19</sup>.

O sistema de aquecimento per-anestésico mais efetivo é o sistema de circulação de ar forçado aquecido. Os melhores sistemas transferem mais de 50 W através da superfície da pele, aumentando rapidamente a temperatura corporal média<sup>33</sup>.

Após a indução anestésica, a hipotermia provocada pela redistribuição sangüínea pode ser de difícil tratamento, considerando-se que a distribuição interna de calor do compartimento central para o periférico é muito grande. Por isso, o calor aplicado na superfície corporal pode levar muito tempo para atingir o compartimento central, especialmente se o paciente apresentar vasoconstrição periférica<sup>62</sup>.

Embora seja difícil de ser tratada, é possível evitar a hipotermia de redistribuição<sup>63</sup>. Um dos melhores métodos para sua prevenção parece ser o aquecimento por insuflação de ar aquecido diretamente na superfície do paciente, através de aparelhos especiais, no período imediatamente anterior à indução anestésica<sup>64</sup>.

O aquecimento da superfície cutânea antes da indução da anestesia não altera muito a temperatura central porque ela continua sob regulação através do hipotálamo, visto que o paciente está acordado, mas eleva a quantidade de calor dos tecidos corporais. O aumento é maior nos membros inferiores, componentes, sob o aspecto termal, mais importantes do compartimento periférico. Quando os tecidos periféricos estão aquecidos, a subsequente inibição da vasoconstrição termorreguladora tônica normal determina pequena hipotermia de redistribuição, pois o calor só pode fluir ao longo de um gradiente de temperatura<sup>15</sup>.

A eficiência do pré-aquecimento em diminuir a hipotermia de redistribuição foi demonstrada em dois ensaios clínicos, que não envolveram a realização de cirurgia, sendo um em voluntários sob anestesia geral<sup>64</sup> e um em voluntários sob anestesia peridural<sup>65</sup>, e em dois estudos clínico-cirúrgicos<sup>66,67</sup>, nos quais se utilizaram, respectivamente, cobertor elétrico e insuflação de ar aquecido nos pacientes.

Para que haja a transferência de quantidades consideráveis de calor através da superfície da pele, há a necessidade de, pelo menos, meia hora de aquecimento prévio<sup>63</sup>.

Em resumo, além das medidas habituais na prevenção de hipotermia no perioperatório, respectivamente pela manutenção da temperatura ambiente acima de 24 °C, cobertura isolante dos membros, aquecimento das soluções infundidas e uso de permutador de calor e umidade é importante o fornecimento de calor ao organismo, através de mantas e cobertores aquecidos para a prevenção e tratamento da hipotermia de redistribuição.

## REFERÊNCIAS

1. Sessler DI - Consequences and treatment of perioperative hypothermia. *Anesthesiol Clin North Am*, 1994;12:425-456.
2. Bissonnette B - Body temperature and anesthesia. *Anesthesiol Clin North Am*, 1991; 9:849-864.
3. Pierau FR, Weirster RD - Primary afferent input from cutaneous thermoreceptors. *Fed Proc*, 1981;40:2819.
4. Poulos DA - Central processing of cutaneous temperature information. *Fed Proc*, 1981; 40:2825.
5. Jessen C, Feistkorn G - Some characteristics of core temperature signals in the conscious goat. *Am J Physiol*, 1984;247: 456-464.
6. Sessler DI - Temperature monitoring, em: Miller RD *Anesthesia*. 4<sup>th</sup> Ed, New York, Churchill Livingstone, 1994;363-382.
7. Marks LE, Gonzales RR - Skin temperature modifies the pleasantness of thermal stimuli. *Nature*, 1974;247:473-475.
8. Lopez M, Sessler DI, Walter K et al - Rate and gender dependence of the sweating vasoconstriction, and shivering thresholds in humans. *Anesthesiology*, 1994;80:780-788.
9. Vassilief N, Rosencher N, Sessler DI et al - Thermoregulatory responses to desert heat: Age, race and sex. *J Gerontol*, 1984; 39:406-414.
10. Bissonnette B - Thermoregulation and pediatric anaesthesia. *Current Opinion in Anesthesiology*, 1993;6:537-542.
11. Sessler DI, Pont J - Shivering during epidural anesthesia. *Anesthesiology*, 1990; 72:816-821.
12. Gorman RB, Frank SM, Kelly S et al - Inadvertent hypothermia and convective warming: Effects on early postoperative hemodynamic and metabolic demands. *Anesthesiology*, 1993; 79:A135.

13. Dawkins MJR, Scopes JW - Nonshivering thermogenesis and brown adipose tissue in the human newborn infant. *Nature*, 1963;206:201-202.
14. Bruck K, Baum E, Schwennicke HP - Cold adaptative modifications in man induced by repeated short-term cold exposures and during a 10-day an-night cold exposure. *Pflugers Arch*, 1976; 363:125-133.
15. Hynson JM, Sessler DI, Moayeri A et al - Absence of nonshivering thermogenesis in anesthetized adult humans. *Anesthesiology*, 1993;79:695-703.
16. Plathner O, Semsoth M, Sessler DI et al - Lack of nonshivering thermogenesis in infants anesthetized with fentanyl and propofol. *Anesthesiology*, 1997;86:772-777.
17. Takahashi H, Nakamura S, Shirarase H et al - Heterogeneous activity on BRL35135, a  $\alpha_3$  adrenoceptor agonist, in thermogenesis and increase blood flow in brown adipose tissue in anesthetized rats. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 1994;21: 539-543.
18. Cohen M - An investigation into shivering following anaesthesia. *Proc Royal Soc Med*, 1967;60:752-753.
19. Sessler DI, Sladen RN - Mild perioperative hypothermia. *N Engl J Med*, 1997; 336:1730-1737.
20. Frank SM, Higgins MS, Breslow MJ et al - The catecholamine, cortisol and hemodynamic responses to mild perioperative hypothermia. *Anesthesiology*, 1995;82:83-93.
21. Motamed S, Kubien K, Edwards M et al - Metabolic changes during recovery in normothermic patients undergoing surgery and receiving general anesthesia and epidural local anesthetic agents. *Anesthesiology*, 1998;88:1211-1218.
22. Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ et al - Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events: a randomized clinical trial. *JAMA*, 1997; 277:1127-1134.
23. Kurz A, Plattner O, Sessler DI et al - The threshold for thermoregulatory vasoconstriction during nitrous oxide/isoflurane anesthesia is lower in elderly than in young patients. *Anesthesiology*, 1993;79:465-469.
24. Bissonnette B, Sessler DI - Mild hypothermia does not impair postanesthetic recovery in infants and children. *Anesth Analg*, 1993;76:168-172.
25. Bissonnette B, Sessler DI - Passive or active inspired gas humidification increases thermal steady-state temperatures in anesthetized infants. *Anesth Analg*, 1989;69:783-787.
26. Stevens WC, Cromwell TH, Halsey MJ et al - The cardiovascular effects of a new inhalation anesthetic, forane, in human volunteers at constant arterial carbon dioxide tension. *Anesthesiology*, 1971;35: 8-16.
27. Sessler DI, Moayeri A, Stoen R et al - Thermoregulatory vasoconstriction decreases cutaneous heat loss. *Anesthesiology*, 1990;73:656-660.
28. Glosten B, Hynson J, Sessler DI et al - Preanesthetic skin-surface warming reduces redistribution hypothermia caused by epidural block. *Anesth Analg*, 1993;77:488-493.
29. Bissonnette B - Approche physiologique des mécanismes de thermoregulation du nourrisson et de l'enfant. *Cah Anesthesiol*, 1998;46:183-193.
30. Hardly JD, Milhorat AT, Du Bois EF - Basal metabolism and heat loss of young women at temperatures from 22 degrees C to 35 degrees. *C J Nutr*, 1941;21:38.
31. Stoen R, Sessler DI - The thermoregulatory threshold is inversely proportional to isoflurane concentration. *Anesthesiology*, 1990; 72:822-827.
32. Hynson J Sessler DI - Intraoperative warming therapies. A comparison of three devices. *J Clin Anesth*, 1992;4:194-199.
33. Young CC, Sladen RN - Temperature monitoring. *Int Anesthesiol Clin*, 1996;34:149-174.
34. Kurz A, Go JC, Sessler DI et al - Alfentanil slightly increases the sweating thresholds and markedly reduces of vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*, 1995;83:293-299.
35. Matsukawa T, Kurz A, Sessler DI et al - Propofol linearly reduces the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*, 1995;82:1169-1180.
36. Xiong J, Kurz A, Sessler DI et al - Isoflurane produces marked and nonlinear decreases in the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*, 1996;85:240-245.
37. Annadata RS, Sessler DI, Jayefeh E et al - Desflurane slightly increases the sweating threshold but produces marked, nonlinear decreases in the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*, 1995;83:1205-1211.
38. Sessler DI - Sweating threshold during isoflurane anesthesia in humans. *Anesth Analg*, 1991;73:300-303.
39. Clark R, Orkin L, Rovestine E - Body temperature studies in anesthetized man: effect of environmental temperature, humidity and anesthesia system. *JAMA*, 1954;154:311-319.
40. Bissonnette B, Nebbia SP - Hypothermia during anesthesia: Physiology and effects of anesthetics on thermoregulation. *Anesth Clin North America*, 1994;12:409-455.
41. Hynson JM, Sessler DI, Glosteen B et al - Thermal balance and tremor patterns during epidural anesthesia. *Anesthesiology*, 1991;74:680-690.
42. Bligh J - The temperatures of the body and their thermoregulatory significance, em: Neuberger A, Tatum EL - Temperature regulation in mammals and other vertebrates. New York, Elsevier, 1973.
43. Wass CT, Lannier WL, Hofer RE et al - Temperature changes of  $>$  or  $1^{\circ}\text{C}$  alter functional neurologic outcome and histopathology in a canine model of complete cerebral ischemia. *Anesthesiology*, 1995;83: 325-335.
44. Marion DW, Penrod LE, Kelsey SF et al - Treatment of traumatic brain injury with moderate hypothermia. *N Engl J Med*, 1997; 336:540-546.
45. Minamisawa H, Smith M, Siesjo BK - The effect of mild hyperthermia and on brain damage following 5, 10 and 15 minutes forebrain ischemia. *Ann Neurol*, 1990;20:26-33.
46. Laizzo PA, Kehler CH, Carr RT et al - Prior hypothermia attenuates malignant hyperthermia in susceptible swine. *Anesth Analg*, 1996;82:803-809.
47. Villar J, Slutsky AS - Effects of induced hypothermia in patients with septic adult respiratory distress syndrome. *Resuscitation*, 1993;26:183-192.
48. Vitez TS - Effects of hypothermia on halotane MAC and isoflurane MAC in the rat. *Anesthesiology*, 1974;41:80-81.
49. Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR et al - Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg*, 1995; 80:1007-1014.
50. Heier T, Caldwell JE, Sessler DI et al - Mild intraoperative hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide-isoflurane anesthesia in humans. *Anesthesiology*, 1991;74:815-819.
51. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R - Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. *N Engl J Med*, 1996;334:1209-1215.
52. Michelson AD, Mac Gregor H, Barnard MR et al - Reversible inhibition of human platelet activation by hypothermia in vivo and in vitro. *Thromb Haemost*, 1994;71:633-640.
53. Read RL, Johnston FD, Hudson JD et al - The disparity between hypothermia coagulopathy and clotting studies. *J Trauma*, 1992;33:465-470.

54. Schemied H, Kurz A, Sessler DI - Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirement during total hip arthroplasty. *Lancet*, 1996;347:289-292.
55. Sessler DI, Schroeder M - Heat loss in humans covered with cotton blankets. *Anesth Analg*, 1993;77:73-77.
56. Morris RH - Operating room temperature and the anesthetized paralyzed patient. *Arch Surg*, 1971;102:95-97.
57. Deriaz H, Fiez N, Lenhardt A - Influence d'un filtre hydrophobe ou d'un humidificateur réchauffeur sur l'hypothermie peropératoire. *Ann Fr Anesth Réanim*, 1992;11:145-149.
58. Bisinotto FMB - Eficácia do permutador de calor e umidade no condicionamento do gás inalado. Estudo experimental no cão. Botucatu, 1997. 169p. Dissertação (Mestrado em Anestesiologia) – Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista.
59. Camus Y, Delva E, Cohen S et al - The effects of warming intravenous fluids on intraoperative hypothermia and postoperative shivering during prolonged abdominal surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1996;40: 779-782.
60. Morris RH, Kumear A - The effect of warming blankets on maintenance of body temperature of the anesthetized paralyzed adult patient. *Anesthesiology*, 1972;36:408-411.
61. Gendron FG - Burns occurring during lengthy surgical procedures. *J Clin Eng*, 1983;5:20-26.
62. Ereth MH, Lennon R, Sessler DI - Limited heat transfer between thermal compartments during rewarming in vasoconstricted patients. *Aviat Space Environ, Med*, 1992;63:1065-1069.
63. Sessler DI, Schroeder M, Merrifield B et al - Optimal duration and temperature of prewarming. *Anesthesiology*, 1995; 82:674-681.
64. Hynson JM, Sessler DI, Moaiery A et al - The effects of pre-induction warming on temperature and blood pressure during propofol nitrous oxide anesthesia. *Anesthesiology*, 1993;79: 219-228.
65. Glosten B, Sessler DI, Faure EA et al - Central temperature changes are poorly perceived during epidural anesthesia. *Anesthesiology*, 1992;77:10-16.
66. Just B, Trevien V, Delva E et al - Prevention of hypothermia by intraoperative skin-surface warming. *Anesthesiology*, 1993;79: 214-218.
67. Vanni SMD - Efeitos do aquecimento no pré e intra-operatórios na prevenção de hipotermia. Botucatu, 1998;125 p. Dissertação (Mestrado em Anestesiologia) - Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista.