

# 围术期低体温研究进展

李芝燕

延安大学, 陕西 延安

收稿日期: 2023年1月3日; 录用日期: 2023年1月28日; 发布日期: 2023年2月6日

## 摘要

体温是人类的五大生命体征之一, 由于激素作用、细胞新陈代谢和身体活动产生的热量, 正常体温维持在 $36^{\circ}\text{C}$ 至 $37.5^{\circ}\text{C}$ 的低安全范围内, 术中低体温(IH) (核心温度  $< 36^{\circ}\text{C}$ )是接受手术的患者常见的并发症。一些以患者为中心的外部因素, 如药物、合并症、创伤、环境温度、麻醉类型以及手术的程度和持续时间, 都会影响核心温度。围手术期低体温对凝血、失血和输血需求、药物代谢、手术部位感染和麻醉后监护病房的出院有负面影响。因此, 围术期积极的温度管理, 防治IPH已成为加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)的重要环节。

## 关键词

围术期, 低体温, 体温调节, 体温监测, 保温治疗

# Research Progress of Perioperative Hypothermia

Zhiyan Li

Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: Jan. 3<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Jan. 28<sup>th</sup>, 2023; published: Feb. 6<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Body temperature is one of the five vital signs of human beings. Due to hormone action, cell metabolism and heat generated by physical activity, normal body temperature is kept in a low safe range of  $36^{\circ}\text{C}$  to  $37.5^{\circ}\text{C}$ . Intraoperative hypothermia (IH) (core temperature  $< 36^{\circ}\text{C}$ ) is a common complication of patients undergoing surgery. Some patient-centered external factors, such as drugs, complications, trauma, ambient temperature, anesthesia type, and the degree and duration of surgery, will all affect the core temperature. Perioperative hypothermia has negative effects on

blood coagulation, blood loss and blood transfusion requirements, drug metabolism, surgical site infection and discharge from the intensive care unit after anesthesia. Therefore, active perioperative temperature management and prevention of IPH have become an important link of enhanced recovery after surgery (ERAS).

## Keywords

Perioperative Period, Low Body Temperature, Temperature Regulation, Temperature Monitoring, Heat Preservation Therapy

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

意外的围手术期低体温定义为核心温度下降至 $<36^{\circ}\text{C}$ ，并进一步分为轻度( $34^{\circ}\text{C}\sim 36^{\circ}\text{C}$ )、中度( $32^{\circ}\text{C}\sim 34^{\circ}\text{C}$ )和重度( $<32^{\circ}\text{C}$ )可导致多种并发症[1]。即使轻度低温也会增加伤口感染的发生率[2] [3]，术后缺血性心肌事件[4]，以及手术中的失血量[5]，并延长术后恢复时间[6]。研究表明，如果不治疗低温症，它会对患者产生许多不利影响(延长麻醉药物作用、损害凝血和血小板功能、增加失血量和输血量、增加伤口感染、延长住院时间、导致术后不适和颤抖、增加耗氧量以及增加心率、血压和血浆儿茶酚胺水平)[7] [8] [9]，因此，在围手术期提供和维持正常体温对于最佳的手术效果以及患者的安全性和满意度是非常重要的。在过去的二十年中，麻醉师和外科医生对围手术期低体温相关风险的认识有所提高。然而，仍有进一步改进的空间。本文综述了围术期低体温的研究进展，包括体温调节生理学、围术期低体温发生的原因、并发症及体温监测手段、预防措施等，旨在解释围手术期低体温的机制，强调其预防的重要性，并就如何做给出具体建议。

## 2. 体温调节机制

体温在核心部分(头部和躯干)受到严格控制。根据昼夜节律和月经周期，核心温度变化约 $1^{\circ}\text{C}$ 。在生理条件下，核心温度在十分之几度的范围内保持稳定[10]。外周组织，主要是手臂和腿，起着热缓冲的作用，它们的温度波动很大。例如，在暴露于环境温度的住院患者中，外周组织通常比核心组织低 $2^{\circ}\text{C}$ 至 $4^{\circ}\text{C}$ [11] [12]。小儿体温调节中枢发育不健全，体温调节能力较弱，不易维持恒定的体温。老年人基础代谢率低，体温调节功能差，体温下降的发生率也较高。体温调节依赖于三个主要部分，即(I)温度感应，(II)中枢温度调节，和(III)传出反应。人体各处的温度由皮肤、肝脏、骨骼肌、下丘脑和中枢神经系统其他部位的温度感受器感知[13]。来自这些温度传感器的传入信号主要通过前脊髓中的轨迹传递到大脑。中枢温度调节涉及脊髓、大脑，尤其是下丘脑。下丘脑处理来自温度感受器和效应器的信号，以便将核心温度保持在其设定点。传出反应由自主和行为成分组成。对寒冷反应的主要自主防御是手指和脚趾中的小动脉血管收缩[14] (调节皮肤血流，从而向环境散热)和颤抖[15]。通过解偶联蛋白激活棕色脂肪的非颤抖性产热优先用于婴儿的颤抖，但在成人的急性体温调节防御中起次要作用[16] [17]。行为反应，例如，穿着适合环境温度的衣服，在寒冷的环境中轻快地移动，寻找温暖、干燥和避风的环境，帮助自主系统维持核心温度。

### 3. 围术期低体温发生的高危因素

手术时, 患者的体温变化除与疾病本身有关外, 还受很多因素影响。引起术中体温变化的最重要因素为麻醉方式、药物、年龄、环境温度、输血输液、术中体腔开放等。

#### 3.1. 麻醉因素

在麻醉期内的低温症有一个特征性的发展模式, 可以分为三个阶段: 再分布、线性和稳定期[18]。热量的重新分配是麻醉诱导后围手术期低体温的主要原因, 但热量产生的减少有助于进一步降低核心温度。与麻醉类型无关, 麻醉剂损害自主体温调节控制, 因为它们降低血管收缩和颤抖阈值[10]。麻醉诱导后约一小时, 体温下降速度减慢, 变得更加线性。虽然再分配在这一阶段不太重要, 但辐射和对流造成的热损失占主导地位。代谢率比基线降低约三分之一。核心体温下降的线性阶段持续约两小时, 并在自主体温调节阈值达到约 34.5℃时结束。体温调节防御机制阈值的变化程度取决于所用麻醉剂的浓度。血管收缩可随后被(重新)激活, 并将身体的热状态转变为平台期。如果患者主动取暖, 核心温度可能会再次升高[19]。

椎管内麻醉从多方面影响体温调节。椎管内麻醉后自主温度调节功能降低, 血管收缩与寒战阈值降低, 阻滞区域的温度觉传人被阻断, 从而影响体温调节反应。阻滞区域血管扩张、寒战反应消失, 散热增加, 寒冷防御的触发温度低于正常, 即使触发寒冷防御反应, 其防御效率也很低[20] [21]。与全身麻醉相比, 行椎管内麻醉的患者, 手术后恢复正常体温的时间延长。由于非阻滞区仍可出现血管收缩和寒战反应, 因此体温降低的程度与阻滞范围有关。在椎管内麻醉期间, 中心体温降低的同时常有阻滞区域皮肤温度的实际增高。患者的温暖感主要取决于皮肤温度而不是中心温度, 所以患者往往会感觉到持续的温暖感, 伴随自主温度调节反应的改变, 患者意识不到自己正处于低体温状态。由于椎管内麻醉期间很少监测中心温度, 因此, 这些患者常出现未被发觉的低体温。

#### 3.2. 手术间环境温度

环境温度是哺乳动物保持体温的关键, 手术室的温度不应低于 21℃。皮肤热损失与室温呈线性关系。多项研究证实, 当手术室室温低于 21℃时, 大量患者出现体温过低的现象, 而当室温调节到 26℃时, 无论患者年龄大小, 低体温的发生率几乎为零[22]。室温为 23℃, 大多数患者可保持正常体温。

#### 3.3. 术中液体因素

术中输注大量温度较低的液体, 尤其是快速输入冷藏库存血, 可使中心温度下降。据报道输入 1000 ml 室温下的晶体液, 或 200 ml 的 4℃库存血, 体温可下降 0.25℃~0.5℃ [23]。围手术期使用冷消毒液进行广泛的皮肤消毒, 胸腹腔大手术时切口及脏器长时间暴露于环境温度下, 冷液体冲洗胸腹腔, 冲洗液浸湿手术巾, 术野大、暴露时间长, 长时间机械通气吸入干冷气体, 这些都使机体通过传导、对流、蒸发等方式不同程度的丢失体热, 导致体温下降。

#### 3.4. 患者自身低体温风险因素

个体饮食、心理、年龄、BMI、患者麻醉级别(ASA)、疾病等因素也会影响自身体温。术前患者常规禁食禁饮, 机体能量不足, 产热减少, 体温调节能力减弱, 加之患者存在紧张、焦虑等不良情绪, 影响回心血量及微循环, 患者体温容易下降。老年患者由于身体机能退化, 基础代谢率及机体储热量降低, 围术期更易发生低体温。婴幼儿体温调节中枢尚未发育成熟, 产热机制不全, 周围血管调节及恒温能力较差, 其体表面积又相对较大, 呼吸频率快, 散热较多, 发生低体温的概率也较高。低体质量指数(<18.5

kg/m<sup>2</sup>)的消瘦者隔绝热量能力不足, 机体热量容易散失到外界。高体质量指数者, 其外周血管在脂肪中处于持续扩张状态, 皮下脂肪含量高, 此类患者拥有更小核心 - 外周温度梯度和热量散失。目前指南和大量研究指出, ASA 等级>II 级是低体温风险因素, 且等级越高低体温风险就越高。还有大量研究表明, 创伤、大面积烧伤、脑损伤、甲状腺异常、失血、糖尿病、伴有严重感染、低儿茶酚胺水平及术前服用抗精神病、受体阻滞类药物的患者更容易出现围术期低体温[24]。

### 3.5. 其他因素

手术患者术前肠道准备会使机体热量损失, 清洁灌肠的热量丢失大于口服导泻药清洁肠道; 手术间洁净级别表示手术间空气换气频率、气流强度和换气量等, 手术间级别越高患者体表暴露丢失的热量更多; 大面积消毒的准备可能会降低皮肤温度[25]; 手术方式对患者核心体温影响不一[25], 相对于微创手术和浅表及深部组织手术, 开腔手术在手术室环境中定是患者出现低体温的绝对风险因素, 而微创手术对低体温是有保护的, 但形成气腹的气体对低体温形成了风险因素; 止血带紧缩会导致第二次再分配; 保暖措施不到位; 不更换潮湿衣物等都可导致患者低体温的出现或加重。

## 4. 围术期低体温的并发症

体温过低会改变药物的药代动力学。体温过低会损害酶的活性, 从而降低和减缓新陈代谢, 并延长用于诱导或维持麻醉的各种药物的作用, 导致苏醒延迟[26]。低体温也可影响血小板聚集, 损害凝血酶功能, 即使是轻度低温(<1°C)也会使失血量增加 16%, 输血的相对风险增加 22% [5]。围手术期低体温与感染并发症发生率增加相关, 即使是轻微的围手术期低体温也被证明是手术伤口感染的一个重要和独立的风险因素, 相对风险为 6.3 [27]。围手术期低体温的后果都导致了麻醉后监护病房的延迟出院, 同时增加了围手术期的费用[28] [29]。

## 5. 围术期体温监测手段

核心温度监控(例如鼓膜、肺动脉、远端食道和鼻咽)用于监测术中体温过低、防止过热, 并有助于检测恶性高热。因为这些位点不一定可用或方便, 所以临床上也使用各种“近核心”位点。这些部位包括口腔、腋窝、膀胱、直肠和皮肤表面。每一种都有明显的局限性, 但在适当的情况下可以用于临床。

由于邻近结构的灌注水平, 正确放置食管温度探头对于获得高准确度和精确度的记录至关重要。探头尖端的目标位置是食管的下三分之一。对于中等身材的成年患者, 这相当于距离门牙约 40 cm。食道探头的插入深度也可以通过将探针放在患者身上来确定。这种方法对于体型不平均的患者特别有用[27]。因此, 临床医生必须验证温度探头在食管远端三分之一处的位置[30]。邻近设备的温度, 如气管内导管、气道气体、胃管, 可能会影响鼻咽探头获得的测量值。通过鼻孔 10~20 cm 的深度是这些装置的正确位置, 以便提供与食道探针相当的结果[30] [31]。

鼓膜上测得的温度与下丘脑的温度有很好的相关性, 因为颈总动脉供应这两个区域[32]。有两种测量方法: 通常配备热电偶的鼓膜探针或红外测温法。一次性鼓膜探针有时难以插入, 因为耳道有几厘米长并且不总是直的。患者必须验证探针的正确放置。鼓膜穿孔的风险经常被提及, 尽管在日常实践中可以忽略不计。许多人反对鼓膜的红外测温, 因为该方法具有潜在的偏差: 耳道中的耳垢可能会干扰, 更重要的是, 温度计可能测量耳道的温度, 而不是鼓膜的温度[32]。然而, 配备有用于减少这些混杂因素的传感器技术的红外温度计, 即使与使用肺动脉导管获得的测量结果相比, 也能产生高精度的准确测量结果[33]。测量前额皮肤温度的红外温度计越来越重要, 尤其是在当前的新冠肺炎疫情期间。不幸的是, 前额的皮肤温度易于辐射, 因此受周围空气温度的影响很大。这些设备适用于筛查大量人群, 但不适用于需要高准确度和精确度的临床情况。

零热流体温度计提供了一种估计组织温度的非侵入性方法。当应用到皮肤上时，这些装置产生完美的隔热效果。因此，被绝缘体覆盖的皮肤区域的温度将代表平衡一段时间后的核心温度。零热通量系统由一个靠近皮肤的柔性电路组成，记录来自皮肤的热通量和皮肤温度。第二个装置，温度计，位于绝缘体的外面。加热器保证两个设备的温度相同。因此，在平衡期之后，外部温度计的温度反映了绝缘体下更深组织的温度。在计划进行腹部手术的患者中，前额皮肤的零热流温度测量在缓慢温度变化阶段提供了有希望的结果[34]。一项使用零热流体温度计进行围手术期体温测量的系统综述报告了试验中的较大局限性，包括[35]。一个方面是入选患者的异质性：系统综述分析了一项关于非心脏手术、心脏手术、儿科手术以及重症监护室康复患者的试验。因此，作者将证据质量等级降为中等。从 0.93℃到 0.98℃的大范围一致性限制是另一个重要发现，由此得出结论：如果温度变化小于 1℃在临床上很重要，则可能不需要使用零热通量温度计。进一步的研究是必要的，以确定临床条件下，零热通量测温是合适的。

直肠或膀胱中的温度反映了与肺动脉中的黄金标准相比具有显著延迟的核心温度的快速变化。这是因为，在快速冷却或复温的情况下，直肠中的粪便和膀胱中的尿液与真实的核心温度相比，可能导致测量温度收敛的延迟。由于围手术期环境中的温度快速变化，膀胱和直肠温度可能不是理想的测量位置，当使用这些位置时，应考虑测量的延迟[33]。

## 6. 围术期低体温预防措施

### 6.1. 术前评估

对患者进行术前访视，建议采用围手术期低体温风险概率评分表[36]计算患者术中发生低体温的风险概率，积极采用预保温措施。阮丽诗等[37] Meta 分析表明，术前预保温能升高患者术中核心体温，降低IPH 的发生风险。

### 6.2. 调节适当的环境温度

室温是人体热量丢失的关键因素，因为其决定体热通过皮肤及手术部位流失的速度。Pei 等[38]研究表明，使用被动保温的患者环境温度每增加 1℃，手术结束时的核心体温可升高 0.13℃。目前推荐手术室内温度控制在 22℃~25℃。国外的一项指南建议，成人术间温度不宜低于 21℃，儿童不宜低于 24℃，可在麻醉诱导前调整环境温度进行 10~30 min 的预热[6]。

### 6.3. 加强身体核心温度监测

准确的体温监测能为尽早预防低体温及并发症的发生提供依据，因此，无论采用何种麻醉方式，术中均需常规监测病人体温，可在麻醉前 1~2 h 即进行体温测量，每 15 min 1 次直至术后[6]。

### 6.4. 术中加温

#### 6.4.1. 被动隔离

隔热是一种减少经由皮肤的辐射和对流热损失的外部有效方法，允许内在生热机制抵消热损失，并且通常在轻度低温下更有效，包括提高环境温度、通过衣服隔离体表和低流量半封闭麻醉回路[9] [39]。被动机制可以通过以下方式实现：提高环境温度并使用温暖的毯子；脱去任何湿衣服、帽子、手套、鞋子和袜子；用温暖干燥的衣服和毯子保护患者免受风吹和进一步的热量损失；尽快轻柔地转移到温暖干燥的庇护所，用额外的衣服重新温暖伤员；使用热湿交换器。

#### 6.4.2. 主动加温

主动加温系统通过红外线、电热毯、床垫或带温水循环的毯子、强制空气加温或对流空气加温传递、

静脉注射液和冲洗液加温、麻醉空气和二氧化碳加湿，将热量直接传递给患者[9] [39]。可以执行的主动加热系统包括：红外线灯、电热毯、床垫或温水循环毯子；强制空气加热或对流空气加热转移；静脉注射液和冲洗液的加温；加湿过滤和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)；自暖毯(barrier Easy Warm)它不依赖于外部电源，可以为患者提供适当的热量。

## 6.5. 输注药物

可给予药物以减轻或抑制寒战反应，达到体温保护效果。目前抑制寒战反应常用的药物包括哌替啶、曲马多、右美托咪啶、氯胺酮等。输注氨基酸可以引起代谢产热升高，还可以缩短住院时间，这可能是由于氨基酸改善伤口愈合和肠道功能[1]。

## 7. 结论

围手术期低体温是常见的并发症，并与失血量增加、输血需求、伤口感染发生率、麻醉后监护病房的住院时间和费用有关。术前、术中和术后的温度管理对于降低围手术期低体温的风险至关重要。提高对围术期低体温的认识，用精确和连续的探针测量体温，以及在麻醉诱导前和手术过程中主动加热体表，对于维持围手术期正常体温和减少围手术期低体温的风险至关重要。温度管理应遵循规范，并根据患者的要求和当地的可能性进行个性化。

## 参考文献

- [1] 马正良, 易杰. 围手术期患者低体温防治专家共识(2017) [J]. 协和医学杂志, 2017, 8(6): 352-358.
- [2] Kurz, A., Sessler, D.I. and Lenhardt, R. (1996) Perioperative Normothermia to Reduce the Incidence of Surgical-Wound Infection and Shorten Hospitalization. *The New England Journal of Medicine*, **334**, 1209-1216. <https://doi.org/10.1056/NEJM199605093341901>
- [3] Melling, A.C., Ali, B., Scott, E.M. and Leaper, D.J. (2001) Effects of Preoperative Warming on the Incidence of Wound Infection after Clean Surgery: A Randomised Controlled Trial. *Lancet*, **358**, 876-880. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)06071-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)06071-8)
- [4] Frank, S.M., Fleisher, L.A., Breslow, M.J., et al. (1997) Perioperative Maintenance of Normothermia Reduces the Incidence of Morbid Cardiac Events: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **277**, 1127-1134. <https://doi.org/10.1001/jama.1997.03540380041029>
- [5] Rajagopalan, S., Mascha, E., Na, J. and Sessler, D.I. (2008) The Effects of Mild Perioperative Hypothermia on Blood Loss and Transfusion Requirement. *Anesthesiology*, **108**, 71-77. <https://doi.org/10.1097/01.anes.0000296719.73450.52>
- [6] Torossian, A., Bräuer, A., Höcker, J., et al. (2015) Preventing Inadvertent Perioperative Hypothermia. *Deutsches Ärzteblatt International*, **112**, 166-172. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0166>
- [7] Yi, J., Xiang, Z., Deng, X., Fan, T., Fu, R., Geng, W., et al. (2001) Incidence of Inadvertent Intraoperative Hypothermia and Its Risk Factors in Patients Undergoing General Anesthesia in Beijing: A Prospective Regional Survey. *PLOS ONE*, **10**, e0136136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136136>
- [8] Dietrich, W.D. and Bramlett H.M. (2017) Therapeutic Hypothermia and Targeted Temperature Management for Traumatic Brain Injury: Experimental and Clinical Experience. *Brain Circulation*, **3**, 186-198. [https://doi.org/10.4103/bc.bc\\_28\\_17](https://doi.org/10.4103/bc.bc_28_17)
- [9] Madrid, E., Urrútiá, G., i Figuls, M.R., Pardo-Hernandez, H., Campos, J.M., Paniagua, P., et al. (2016) Active Body Surface Warming Systems for Preventing Complications Caused by Inadvertent Perioperative Hypothermia in Adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 4, Article No. CD009016. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009016.pub2>
- [10] Sessler, D.I. (2016) Perioperative Thermoregulation and Heat Balance. *Lancet*, **387**, 2655-2664. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00981-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00981-2)
- [11] Tansey, E.A. and Johnson, C.D. (2015) Recent Advances in Thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, **39**, 139-148. <https://doi.org/10.1152/advan.00126.2014>
- [12] Sessler, D.I., Schroeder, M., Merrifield, B., Matsukawa, T. and Cheng, C. (1995) Optimal Duration and Temperature of Prewarming. *Anesthesiology*, **82**, 674-681. <https://doi.org/10.1097/00000542-199503000-00009>

- [13] Waldman, S.D. (2009) Chapter 109-Functional Anatomy of the Thermoreceptors. In: *Pain Review*, W.B. Saunders Ltd., Philadelphia, 190. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-5893-9.00109-X>
- [14] Hales, J.R.S., Jessen, C., Fawcett, A.A. and King, R.B. (1985) Skin AVA and Capillary Dilatation and Constriction Induced by Local Skin Heating. *Pflügers Archiv*, **404**, 203-207. <https://doi.org/10.1007/BF00581240>
- [15] De Witte, J. and Sessler, D.I. (2002) Perioperative Shivering: Physiology and Pharmacology. *Anesthesiology*, **96**, 467-484. <https://doi.org/10.1097/0000542-200202000-00036>
- [16] Affourtit, C., Crichton, P.G., Parker, N. and Brand, M.D. (2008) Novel Uncoupling Proteins. In: Chadwick, D.J. and Goode, J., Eds., *Mitochondrial Biology: New Perspectives: Novartis Foundation Symposium*, Vol. 287, Wiley, Hoboken, 70-91. <https://doi.org/10.1002/9780470725207.ch6>
- [17] Schlader, Z.J., Simmons, S.E., Stannard, S.R. and Mündel, T. (2011) The Independent Roles of Temperature and Thermal Perception in the Control of Human Thermoregulatory Behavior. *Physiology & Behavior*, **103**, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.02.002>
- [18] Sessler, D.I. and Todd, M.M. (2000) Perioperative Heat Balance. *Anesthesiology*, **92**, 578-596. <https://doi.org/10.1097/0000542-200002000-00042>
- [19] Sun, Z., Honar, H., Sessler, D.I., Dalton, J.E., Yang, D., Panjasawatwong, K., Deroee, A.F., Salmasi, V., Saager, L. and Kurz, A. (2016) Intraoperative Core Temperature Patterns, Transfusion Requirement, and Hospital Duration in Patients Warmed With Forced Air. *Survey of Anesthesiology*, **60**, 133-134. <https://doi.org/10.1097/01.sa.0000482341.86369.e7>
- [20] National Institute for Health and Clinical Excellence (2008) Inadvertent Perioperative Hypothermia, the Management of Inadvertent Perioperative Hypothermia in Adults. Royal College of Nursing (UK), London.
- [21] Torossian, A. (2008) Thermal Management during Anaesthesia and Thermoregulation Standards for the Prevention of Inadvertent Perioperative Hypothermia. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, **22**, 659-668. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2008.07.006>
- [22] Age-Related Thermoregulatory Differences in a Warm Operating Room Environment (Approximately 26°C): Erratum (2017). *Anesthesia & Analgesia*, **125**, 1085. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002373>
- [23] 杨燕萍, 沈梅芬. 预防围术期老年患者低体温的研究进展[J]. 山西医药杂志, 2014, 43(24): 2882-2884.
- [24] 陈伟伟, 张芳, 章传叶. 老年患者术中低体温的原因分析及预防进展[J]. 中国临床护理, 2016, 8(1): 84-87.
- [25] 陈建春, 石鑫, 冷倩, 周臣, 欧阳杰, 思永玉. 择期全麻围术期低体温的多因素分析[J]. 云南医药, 2017, 38(3): 217-220.
- [26] Ruetzler, K. and Kurz, A. (2018) Consequences of Perioperative Hypothermia. In: *Handbook of Clinical Neurology*, Vol. 157, Elsevier, Amsterdam, 687-697. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64074-1.00041-0>
- [27] Flores-Maldonado, A., Escobedo, C.E., Ríos-Rodríguez, H.M. and Fernández-Domínguez, R. (2001) Mild Perioperative Hypothermia and the Risk of Wound Infection. *Archives of Medical Research*, **32**, 227-231. [https://doi.org/10.1016/S0188-4409\(01\)00272-7](https://doi.org/10.1016/S0188-4409(01)00272-7)
- [28] Bock, M., Müller, J., Bach, A., Böhrer, H., Martin, E. and Motsch, J. (1998) Effects of Preinduction and Intraoperative Warming during Major Laparotomy. *British Journal of Anaesthesia*, **80**, 159-163. <https://doi.org/10.1093/bja/80.2.159>
- [29] Lenhardt, R., Marker, E., Goll, V., Tschernich, H., Kurz, A., Sessler, D.I., Narzt, E. and Lackner, F. (1997) Mild Intraoperative Hypothermia Prolongs Postanesthetic Recovery. *Anesthesiology*, **87**, 1318-1323. <https://doi.org/10.1097/0000542-199712000-00009>
- [30] Pasquier, M., Paal, P., Kosinski, S., Brown, D., Podsiadlo, P. and Darocha, T. (2020) Esophageal Temperature Measurement. *The New England Journal of Medicine*, **383**, e93. <https://doi.org/10.1056/NEJMvcm1900481>
- [31] Wang, M., Singh, A., Qureshi, H., Leone, A., Mascha, E.J. and Sessler, D.I. (2016) Optimal Depth for Nasopharyngeal Temperature Probe Positioning. *Anesthesia & Analgesia*, **122**, 1434-1438. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001213>
- [32] Sessler, D.I. (2021) Perioperative Temperature Monitoring. *Anesthesiology*, **134**, 111-118. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003481>
- [33] Bock, M., Hohlfeld, U., Von Engeln, K., Meier, P.A., Motsch, J. and Tasman, A.J. (2005) The Accuracy of a New Infrared Ear Thermometer in Patients Undergoing Cardiac Surgery. *Canadian Journal of Anesthesia*, **52**, 1083-1087. <https://doi.org/10.1007/BF03021609>
- [34] Boisson, M., Alaux, A., Kerforne, T., Mimoz, O., Debaene, B., Dahyot-Fizelier, C. and Frasca, D. (2018) Intra-Operative Cutaneous Temperature Monitoring with Zero-Heat-Flux Technique (3M SpotOn) in Comparison with Oesophageal and Arterial Temperature: A Prospective Observational Study. *European Journal of Anaesthesiology*, **35**, 825-830. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000000822>

- 
- [35] Conway, A., Bittner, M., Phan, D., Chang, K., Kamboj, N., Tipton, E. and Parotto, M. (2021) Accuracy and Precision of Zero-Heat-Flux Temperature Measurements with the 3M<sup>TM</sup> Bair Hugger<sup>TM</sup> Temperature Monitoring System: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **35**, 39-49. <https://doi.org/10.1007/s10877-020-00543-6>
- [36] Yi, J., Zhan, L., Lei, Y., *et al.* (2017) Establishment and Validation of a Prediction Equation to Estimate Risk of Intraoperative Hypothermia in Patients Receiving General Anesthesia. *Scientific Report*, **7**, Article No. 13927. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12997-x>
- [37] 阮丽诗, 袁浩斌. 术前预热式主动加温措施对控制病人核心体温及术中出血量效果的 Meta 分析[J]. 护理研究, 2021, 35(8): 1330-1337.
- [38] Pei, L., Huang, Y., Xu, Y., *et al.* (2018) Effects of Ambient Temperature and Forced-Air Warming on Intraoperative Core Temperature: A Factorial Randomized Trial. *Anesthesiology*, **128**, 903-911. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002099>
- [39] Horn, E.-P., Bein, B., Böhm, R., Steinfath, M., Sahili, N. and Höcker, J. (2012) The Effect of Short Time Periods of Pre-Operative Warming in the Prevention of Peri-Operative Hypothermia. *Anaesthesia*, **67**, 612-617. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2012.07073.x>