

围术期体温管理研究现状与展望

许金钰¹, 高 慧²

¹延安大学医学院, 陕西 延安

²延安大学附属医院麻醉与围术期医学科, 陕西 延安

收稿日期: 2025年8月15日; 录用日期: 2025年9月8日; 发布日期: 2025年9月17日

摘 要

围术期低体温(perioperative hypothermia)是麻醉医生与外科医师在手术过程中经常面临的问题, 其与多种术后并发症密切相关, 不利于加速术后康复。目前, 大多数研究集中于低体温引发的不良结局, 以及引发围术期低体温的高危因素, 并且推荐以机体生理正常体温作为围术期体温的参考依据, 鲜少有研究从多维度探究围术期体温的管理范围以及体温变化规律, 并与不良结局的关系进行分析。本文从正常体温调节机制、不同麻醉方式下围术期低体温发生机制、围术期低体温高危因素、围术期体温监测与保护、围术期低体温的管理目标及思考等方面开展系统性综述, 基于现有研究存在的不足——缺乏对体温管理范围、变化规律的系统性分析与个体化策略探讨, 本文整合多学科临床与基础研究成果, 加深对围术期体温调控机制的认识, 为临床医务人员提供精准化的围手术期体温管理方案, 以减少临床资源浪费、降低患者术后不良反应, 推动围术期护理向舒适化、个体化方向发展。

关键词

围术期低体温, 体温, 并发症, 体温管理, 加速康复外科

Research Progress on Perioperative Body Temperature Management

Jinyu Xu¹, Hui Gao²

¹Medical College of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Department of Anesthesiology and Perioperative Medicine, Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: Aug. 15th, 2025; accepted: Sep. 8th, 2025; published: Sep. 17th, 2025

Abstract

Perioperative hypothermia is a frequently encountered problem for anesthesiologists and surgeons in surgical patients, which is closely related to various postoperative complications and detrimental

文章引用: 许金钰, 高慧. 围术期体温管理研究现状与展望[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 1025-1033.

DOI: 10.12677/acm.2025.1592588

to patient recovery. Current research focuses on the adverse outcomes caused by hypothermia, high-risk factors contributing to perioperative hypothermia, and recommendations to maintain core body temperature within physiological norms as the reference standard. However, few studies have explored the management range and patterns of perioperative temperature change from multiple dimensions or their relationship with adverse outcomes. This article conducts a systematic review covering aspects such as normal thermoregulation mechanisms, perioperative hypothermia, and temperature monitoring, based on the limitations of current research (e.g., lack of systematic analysis of temperature change patterns and individualized strategies). It integrates multidisciplinary findings to deepen the understanding of perioperative temperature regulation, providing precise management schemes for clinicians. The goal is to reduce resource waste, lower postoperative adverse reactions, and promote comfort-oriented, individualized perioperative care.

Keywords

Perioperative Hypothermia, Body Temperature, Complications, Thermoregulation, Enhanced Recovery after Surgery (ERAS)

Copyright © 2025 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

人体的四大体征由血压、脉搏、呼吸、体温组成。维持体温波动于正常范围是保证机体进行正常新陈代谢和生命活动的重要前提,若体温调节出现异常,会引起机体代谢功能紊乱甚至危及生命安全。围术期低体温通常是指在围术期内因非医疗目的导致患者核心体温低于 36°C 的临床现象[1],其发生率介于7%至90%之间,并且会引发诸多不良结局[2][3]。麻醉科医师与外科医师针对围术期低体温防治开展了积极的临床实践工作,然而,根据2019~2021年对北京部分医院统计结果,患者术中低体温发生率仍高达29.9%,主动保温率也仅为26.3%[4],这提示围术期低体温的相关问题虽已得到重视,但尚未得到充分解决。目前,围术期体温管理研究主要集中于低体温相关不良结局的临床观察及其危险因素分析,并推荐正常核心体温 36°C 作为围术期体温管理的标准参考值。然而,现有研究在围术期体温动态变化规律、温度区间界定及其与不良预后的相关性等方面仍缺乏多维度系统研究。本文从正常体温调节机制、围术期低体温、围术期体温监测与保护、围术期低体温的界定及思考等方面开展系统性综述,基于现有研究存在的局限性——缺乏对体温管理范围及个体化干预方案不足,本研究拟整合围术期医学、麻醉学、重症监护及基础医学等多学科证据,旨在加深对围术期体温调控机制的认识,为临床医务人员提供精准化的围手术期体温管理方案,降低术后并发症发生率。

2. 正常体温调节机制

恒温动物为了维持体温的稳态,进化出复杂而精细的体温调节中枢神经系统,其机制涉及多层级神经结构和信号传递过程:① 外界环境温度可以被分布在皮肤的温度感受器捕捉和感知,将环境温度的前反馈信号传递到脊髓背角(dorsal horn, DH)。② 温度信息沿脊髓丘脑束被传递至初级感觉皮层来感知和区分皮肤温度,同时温度信息也会通过臂旁外侧核(lateral parabrachial nucleus, LPB)传递至下丘脑视前区(preoptic area of the hypothalamus, POA),此外POA还接收来自大脑局部温度的反馈信号。这些传入信号在POA进行整合和处理。③ POA直接调控中缝苍白核(raphe pallidus nucleus, rRPa)或者通过调节下丘

脑背内侧核(dorsomedial hypothalamus, DMH)神经元活性, 进而间接调控 rRPa 神经元, 从而调节外周组织器官的活动, 最终使机体体温维持相对稳定[5] [6]。

3. 围术期低体温

3.1. 围术期低体温发生机制

在正常生理状态下, 机体通过体温调节系统维持核心温度介于 36.5°C ~ 37.5°C 的稳态区间, 确保代谢与器官功能的正常运作。然而外科手术创伤及麻醉药物(如丙泊酚、挥发性麻醉剂)可显著抑制体温调节代偿能力, 破坏产热 - 散热平衡, 最终导致发生围术期低体温(核心温度 $< 36^{\circ}\text{C}$) [7]。

3.1.1. 全身麻醉

在全身麻醉状态下, 患者的大部分肌肉处于松弛状态, 而全身麻醉会消除机体自身行为性的体温调节补偿效应, 使其仅保留自主性体温调节机制。麻醉药物通过抑制自主性体温防御反应干扰体温调节功能, 具体表现为: 1) 温度阈值偏移: 降低血管收缩与寒战的触发阈值; 2) 剂量依赖性效应: 静脉全麻药物(如丙泊酚)的血管收缩阈值降幅与给药剂量呈显著线性负相关[8]。该抑制作用导致全麻患者体温调节区间扩大, 核心温度受环境因素影响的程度加重, 显著提升术后出现低体温的风险。然而, 麻醉药物影响体温调节通路的具体分子机制(如下丘脑体温调定点调控)尚未完全阐明, 仍是围术期体温管理领域的关键科学问题。

3.1.2. 区域麻醉

区域麻醉包括椎管内麻醉和神经阻滞, 二者均可影响体温调节系统, 尽管区域麻醉不存在直接的中枢作用, 但它仍然会抑制中枢发挥控制作用。椎管内麻醉方式包括硬膜外麻醉和蛛网膜下间隙麻醉。椎管内麻醉破坏了机体下半身的神经传导, 损害中枢和外周体温调节控制[8]。因此, 体温过低常见于接受脊髓或硬膜外麻醉后的患者。而自主性体温调节防御机制均受脊髓平面神经支配。因此阻滞平面以下不会出现血管收缩及寒战[9]。由于椎管内麻醉范围仅限于阻滞头侧的小块肌肉, 所以产生的热量相对较少, 这就导致接受腰麻或硬膜外麻醉后体温过低的病人会出现上半身颤抖, 这种情况会加剧病人的不适感, 也会增加医护人员操作的危险性。在椎管内麻醉下进行较大范围或持续时间长的手术时, 在老年人尤其是体质较为瘦弱的患者中, 出现低体温的现象较为常见, 因此针对此类手术, 做好保温措施就显得至关重要。

4. 围术期低体温危险因素

围术期低体温的发生风险与患者自身体质情况、麻醉与手术因素等多重因素存在相关性。

4.1. 患者自身因素

例如, 对于年龄 ≥ 60 岁的患者以及体重指数(BMI) $< 22 \text{ kg/m}^2$ 等情况, 一项研究[10]显示, 七氟烷诱导的全麻过程中, 老年患者相较于年轻患者, 触发血管收缩的温度阈值的降幅约为 1°C , 且其基础代谢率较低; 婴幼儿因相对体表面积较大、皮肤较薄、皮下脂肪较少, 导致散热较快, 故老年患者与婴幼儿在围术期容易出现低体温。Kurz 等人[11]的研究表明, 围术期核心体温下降速度与患者的体质量/体表面积比率呈负相关, 体质量较小、体表面积较大的个体(即瘦弱者)更易出现低体温。此外, 恶病质、烧伤、甲状腺功能及肾上腺功能不全等疾病的患者也是围术期低体温的高危人群[12]。

4.2. 麻醉因素

麻醉相关因素主要包括麻醉时间超过 2 小时、麻醉用药、术中输注未加温液体超过 1000 毫升、联合麻醉等, 这些因素可直接增加围术期低体温的发生风险[13]。研究证实[14], 当体重为 70 千克的病人 1 小

时内输入 1000 毫升常温液体或 1 单位库存血时, 核心体温将下降 0.25 摄氏度, 因此作者建议若输液速度超过 1000 毫升每小时, 应对液体进行预热。

4.3. 手术因素

研究报道[15]显示, 择期手术患者围术期低体温的发生率为 75%, 而急诊手术患者的发生率则为 63%, 低于择期手术组, 这可能归因于择期手术存在较长的术前准备时间。此外, 手术类型、手术持续时间 ≥ 2 小时、术中用药、术中大量冲洗液或输注液未加温等因素也会导致围术期低体温的发生。

5. 围术期低体温不良反应

围手术期低体温与多种并发症密切相关[8], 包括手术部位感染(surgical site infection, SSI)、不良心脏事件增加、凝血功能障碍、药物代谢减慢、住院时间延长、患者舒适度改变等。

5.1. 手术部位感染

体温下降 2 °C 时患者手术切口感染的发生率明显增高[16]。1996 年 Kurz 等[17]发表的研究指出, 将 200 例接受结直肠手术的患者随机分为低温组($34.4^{\circ}\text{C} \pm 0.4^{\circ}\text{C}$)或正常体温组($37^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$), 术后随访 2 周。作者原计划招募 400 名患者; 然而, 由于两组之间的感染存在统计学意义差异, 该试验提前终止。正常体温组 SSI 的发生率为 5.8%, 低温组则为 18.8%。发生 SSI 的患者比未发生 SSI 的患者需要多住院近 1 周, 表明这些是具有临床意义的并发症。这项随机、双盲试验表明, 体温过低是术后 SSI 的主要危险因素, 维持围手术期正常体温可能会降低 SSI 的发生率。2001 年报告了[18]一系列 290 例连续胆囊切除术患者, 随访 30 天。低温组的平均温度为 $35.4^{\circ}\text{C} \pm 0.4^{\circ}\text{C}$, 而正常体温组的平均温度为 $36.2^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。SSI 的发生率在低温组中为 11.5%, 在正常体温组中为 2%。本研究认为在排除围手术期输血等可能原因后, 轻度体温低可视为 SSI 的危险因素。大多数研究[19]及综述都认为轻度术中低体温是术后 SSI 的危险因素。虽然一些研究并未显示低体温患者感染风险增加。两项研究结果表明[20] [21], 围术期处于 36°C 以下温度的 SSI 患者在手术期间的占比为 32%至 50%, 且感染患者的平均暴露时长显著长于未发生感染的患者。但在多变量统计分析中, 这些暴露数据并未与 SSI 发生的概率增加存在统计学关联。这一结果显示, 尽管感染患者围术期低体温暴露时间较长, 但这种暴露本身并不足以单独增加 SSI 发生的风险。这些发现进一步支持 Geiger 等人的观点[22], 他们证明在 1 年期间, 相似患者的体温过低和 SSI 之间没有相关性。提示围术期低体温与感染风险的关联可能受手术类型、患者基础状况、麻醉方式等多种混杂因素影响, 未来需进一步从多维度探究两者的真实关系, 以明确其因果关系及相关影响因素。

5.2. 不良心脏事件增加

低体温抑制窦房结功能, 从而易致心律失常, 并增加外周血管阻力及心肌耗氧, 引发心肌缺血[23]。围术期低体温者术后发生心血管事件的风险高于体温正常者。研究[24]显示, 正常体温组缺血性心血管事件发生率较之低 1.7%。

5.3. 凝血功能障碍

低体温可减弱血小板功能, 降低凝血酶活性, 且在不同温度条件下的血栓弹力图监测结果表明, 低体温会导致血栓形成过程受阻, 血液凝集强度减弱。对大手术病例的系统评价[14]得出的结论是即使轻度低体温($<1^{\circ}\text{C}$)也会使失血量显著增加 16%, 输血的相对风险增加 22%。

5.4. 麻醉苏醒及住院时间延长

低体温会使药物代谢速率减慢、延缓麻醉药物的代谢过程, 从而导致患者麻醉苏醒速度减慢, 苏醒

时间延长[1], 术后恢复进程缓慢, 最终导致住院时间延长。

5.5. 病人舒适度改变

围术期低体温会导致病人寒战发生率上升、热舒适度降低、更易出现苏醒期躁动, 并增加术后疼痛程度。热不适(Thermal Discomfort)表现为核心温度下降超过 1℃时产生的主观不适感, 综合反映患者对外部环境及自身体温的感知异常。围术期低体温作为其病理基础, 可直接触发寒战; 后者通过诱导骨骼肌不自主收缩与震颤, 显著增加机体耗氧量并加重代谢负担, 甚至引发心肺功能代偿失调[25]。尽管对低体温患者实施主动皮肤加温可有效提升热舒适性并加速复温, 但鉴于低体温的多系统生理损害, 预防性体温维护(如术前预暖及术中持续保温)可能为更优的临床策略。

6. 围术期体温监测与保护

目前围术期患者的体温监测以核心体温为主要指标, 外周组织温度与核心体温存在一定的温差, 通常较其低 2℃~4℃。当前临床共识[1]提出, 对于全身麻醉时间超过 30 分钟的病例, 应开展核心体温测量。术后麻醉恢复期间仍需持续体温监测, 且围术期体温监测的部位与方法需尽量与进入手术室前的监测方案保持一致, 以保证监测的一致性与可比性。

6.1. 体温监测设备

近年来, 新型体温监测方法(如电子体温计、红外线体温计等)凭借其快速、精确、舒适等优点, 逐步取代了传统的水银体温计, 成为主流监测手段。新型体温监测技术的高精确性依赖于测量部位的选择, 且支持连续监测与数据联网传输, 这使得围术期体温监测更加实时、准确。研究数据显示[26], 91%的无线体温监测腋窝温度处于食管参考核心温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围内, 表明该系统在临床使用中具有足够的准确性与精确性。且该监测方式能在无直接接触及污染风险的前提下完成测量操作。张菊霞等[27]将无线鼓膜温度传感器应用于不停跳冠状动脉旁路移植术的核心体温监测, 并与金标准的“肺血温度”对比后发现, 两者相关性及其一致性良好, 鼓膜温度可作为肺血温度的有效替代监测方式。

6.2. 测量部位

多种因素会影响人体皮肤温度, 主要包括环境温度与湿度、患者体质、出汗情况、末梢血液循环、代谢状态、自主神经功能状态、血管活性药物等。因此, 围术期需优先监测核心体温以规避上述影响因素的干扰, 来精准反映人体真实体温。核心体温测量的准确性由高到低依次为: 血液)、左心房相邻的食管下段 1/3 处、鼻咽部、膀胱、直肠、口腔、鼓膜等[16]。且这些核心体温测量位点间存在较大互换性, 温度变化通常不超过零点几摄氏度。各类体温监测方式均存在局限性, 需结合术中情况与患者个体特征选择使用。其中, 肺动脉能最准确反映核心体温真实水平, 但因监测难度大, 较少将其作为常规监测点。鼻咽部探头的使用需将探头插入鼻孔后约 15 厘米处, 才能准确估算成人核心体温[28]。食管远端监测因毗邻心脏及大血管, 可实时精准反映核心体温变化, 尤其适用于腹部手术[29]; 口腔监测虽是无创方法中准确性最高的方案[30], 但其依赖严格消毒的复用器械存在显著临床局限: 麻醉患者接受率低、生物污染风险高且增加资源损耗, 故仅推荐用于清醒患者; 相较而言, 腋窝监测凭借临床可接受的精度、操作便捷性(适配各类手术体位)及成本效益优势(单次贴附式传感器降低感染风险), 成为多模式围术期管理的首选无创监测策略。鼓膜温度监测凭借无创无痛的优点, 应用较为广泛, 目前已在常规手术中普及使用, 但需借助专用热电偶测量——该热电偶柔软灵活、不易损伤鼓膜, 却难以准确定位测量部位; 直肠温度测量可采用水银温度计或柔性温度传感器, 为确保测量值的准确性, 传感器需置于直肠内超过 10 厘米处, 但直肠温度对核心温度变化的灵敏度较低[31]; 相关指南推荐, 2 岁以下婴幼儿宜采用直肠测温[32]。综

上所述, 各类体温监测技术已具备足够准确性, 精密监测设备也易于获取, 但目前体温监测的精准性主要受测量部位选择影响。

6.3. 体温保护方法

目前, 围术期体温维持方式多样, 且维持围术期体温对减少术后并发症具有重要临床意义。常用的体温维持方式以非药物保温措施为主, 其中被动保温需贯穿围术期全程, 在我国大多涵盖棉毯、手术单等常规护理用品。研究表明被动保温可减少约 30% 的热量流失[1]。主动保温主要通过加热装置向皮肤和外周组织提供热量, 常见方式如强制空气加温系统、电热毯和电热床垫等, 还可用于预热静脉输注液体, 另外, 温热腔镜冲洗液或气腹气体加温等措施, 均能有效减少术中热量丢失。此外, 手术室环境温度对围术期体温也有重要影响, 国内外普遍推荐成人手术时的手术室温度不低于 21℃, 实施儿科手术时的手术室温度不低于 23℃ [1]。上述主动保温措施组合应用即为复合保温, 复合保温较单一主动保温更有效。同时做好术前预保温也有助于维持围术期体温。

7. 围术期体温管理

在高收入国家, 大多数手术患者可以得到主动保暖。而在低收入及中等收入国家, 该措施无法得到保障。例如, 2015 年对北京医院的横断面调查发现[33], 只有 11% 的手术患者主动保温, 超过三分之一的手术持续至少 2 小时的患者在手术结束时体温过低。最近对亚洲六个国家的一项调查证实, 术中保暖几乎不是常规做法[34]而使用单个术中充气加温(传统方法)的术中核心温度平均仅为 36℃ [35]。将患者可靠地加热至至少 37℃ 通常需要 30 分钟的预热、两个术中强制加温毯和一个液体加热器。增加的时间、成本如果能减少主要并发症, 那么将术中核心温度维持至少 37℃ 是值得的。平均而言, 人类的正常体温约为 37℃, 而不是广泛接受的适合围手术期患者的 36℃ [36]。这可能与选用的不同界定方式及描述温度的参数不同有关。

8. 围术期低体温的界定

目前, 多数研究多以不同时间点核心体温 $< 36^{\circ}\text{C}$ 作为围术期低体温的诊断标准[37]。当前较为常见的描述体温参数为术中最低体温、术中平均体温、体温最低点时间百分比及体温低于 36.0°C 的时间百分比, 过去多数文献采用这几种界定方式, 但较少涉及时间维度。时间加权平均体温(TWA)由 Egan 等[38] 2011 年首创, 其通过整合时间维度全面反映手术全程体温动态, 但该指标与术后并发症的关联性因低体温标准异质性存在显著分歧: Schacham 等[39] 2018 年证实 TWA 与心肌损伤无相关性; 而 Walters 等[40] 2020 年发现结直肠手术中 $\text{TWA} < 35.5^{\circ}\text{C}$ 与严重感染并发症相关($35.5^{\circ}\text{C} \sim 36.5^{\circ}\text{C}$ 无关联); Ju 等[41] 2021 年进一步揭示胰十二指肠切除术中 $\text{TWA} < 35^{\circ}\text{C}$ 与胰瘘风险相关($35.0^{\circ}\text{C} \sim 36.0^{\circ}\text{C}$ 无效应)。这一矛盾格局被 2022 年《柳叶刀》[42]的大样本 RCT 颠覆: 该研究将患者随机分为常规管理组($35.5^{\circ}\text{C} \sim 37.0^{\circ}\text{C}$)与积极保温组(37.0°C), 结果显示: ① 两组心肌损伤及 30 天死亡率无差异; ② 最终体温与感染、住院时长无关联。这使得传统 36.0°C 可能仍有不足, 当前争议核心在于不同低温下会导致的不同并发症之间的敏感性差异, 这要求未来建立并发症导向的体温阈值体系。

9. 思考

围术期低体温其对患者预后的不良影响已得到广泛证实。其危害性主要体现在显著增加术后并发症的风险上, 例如干扰正常的凝血功能导致出血风险增高(凝血障碍), 增加心肌负担甚至诱发心肌缺血等损害。这些并发症直接影响患者的康复进程和最终预后, 延长住院时间。然而, 现有的研究表明: 低体温与特定并发症(如凝血障碍或心肌损害)的相关性, 很大程度上取决于我们如何定义“低体温”。这意味着

如仅关注术中平均体温 $>36^{\circ}\text{C}$ 可能仍有不足。因此, 针对不同手术类型与患者群体, 应更加注重个体化制定术中体温管理策略与方法。尽管围术期低体温的危害已被认识, 但当前研究仍存在明显不足。对于“低体温”本身如何精确定义, 以及如何具体影响不同种类的术后结局, 仍需深入探索。

综上所述, 未来的研究应着力于通过多维度、精细化地界定术中低体温, 探索不同体温术后不良反应之间的具体关联, 从而显著减少围术期相关并发症, 加速患者康复, 有效节约宝贵的医疗资源, 并有力推动舒适化与精准化。

参考文献

- [1] 国家麻醉专业质量控制中心. 围术期患者低体温防治专家共识(2023 版) [J]. 协和医学杂志, 2023, 14(4): 734-743.
- [2] 陈颖, 王莹, 张越伦, 等. 全麻患者围手术期低体温风险预测模型的前瞻性、多中心研究[J]. 中国医学科学院学报, 2022, 44(6): 1028-1032.
- [3] Mendonça, F.T., Ferreira, J.d.S., Guilardi, V.H.F. and Guimarães, G.M.N. (2021) Prevalence of Inadvertent Perioperative Hypothermia and Associated Factors: A Cross-Sectional Study. *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*, **11**, 208-215. <https://doi.org/10.1089/ther.2020.0038>
- [4] Morrison, S.F. and Nakamura, K. (2019) Central Mechanisms for Thermoregulation. *Annual Review of Physiology*, **81**, 285-308. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-020518-114546>
- [5] Akers, J.L., Dupnick, A.C., Hillman, E.L., Bauer, A.G., Kinker, L.M. and Hagedorn Wonder, A. (2019) Inadvertent Perioperative Hypothermia Risks and Postoperative Complications: A Retrospective Study. *AORN Journal*, **109**, 741-747. <https://doi.org/10.1002/aorn.12696>
- [6] Tan, C.L. and Knight, Z.A. (2018) Regulation of Body Temperature by the Nervous System. *Neuron*, **98**, 31-48. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.02.022>
- [7] Hooper, V.D., Chard, R., Clifford, T., Fetzer, S., Fossum, S., Godden, B., *et al.* (2010) ASPAN's Evidence-Based Clinical Practice Guideline for the Promotion of Perioperative Normothermia: Second Edition. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, **25**, 346-365. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2010.10.006>
- [8] Lenhardt, R. (2010) The Effect of Anesthesia on Body Temperature Control. *Frontiers in Bioscience*, **2**, 1145-1154. <https://doi.org/10.2741/s123>
- [9] 蔡改革, 何龙, 张瑞珍, 等. 围术期低体温及其防治进展[J]. 河南外科学杂志, 2018, 24(2): 159-162.
- [10] Ozaki, M., Sessler, D.I., Matsukawa, T., Ozaki, K., Atarashi, K., Negishi, C., *et al.* (1997) The Threshold for Thermoregulatory Vasoconstriction during Nitrous Oxide/Sevoflurane Anesthesia Is Reduced in the Elderly. *Anesthesia & Analgesia*, **84**, 1029-1033. <https://doi.org/10.1213/00000539-199705000-00014>
- [11] Kurz, A., Sessler, D.I., Narzt, E., Lenhardt, R. and Lackner, F. (1995) Morphometric Influences on Intraoperative Core Temperature Changes. *Anesthesia & Analgesia*, **80**, 562-567. <https://doi.org/10.1213/00000539-199503000-00023>
- [12] Giuliano, K.K. and Hendricks, J. (2017) Inadvertent Perioperative Hypothermia: Current Nursing Knowledge. *AORN Journal*, **105**, 453-463. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2017.03.003>
- [13] National Collaborating Centre for Nursing and Supportive Care (UK) (2008). The Management of Inadvertent Perioperative Hypothermia in Adults. Royal College of Nursing (UK).
- [14] 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>
- [15] Constantine, R.S., Kenkel, M., Hein, R.E., Cortez, R., Anigian, K., Davis, K.E., *et al.* (2015) The Impact of Perioperative Hypothermia on Plastic Surgery Outcomes: A Multivariate Logistic Regression of 1062 Cases. *Aesthetic Surgery Journal*, **35**, 81-88. <https://doi.org/10.1093/asj/sju022>
- [16] Joris, J., Ozaki, M., Sessler, D.I., Hardy, A.F., Lamy, M., McGuire, J., *et al.* (1994) Epidural Anesthesia Impairs both Central and Peripheral Thermoregulatory Control during General Anesthesia. *Anesthesiology*, **80**, 268-277. <https://doi.org/10.1097/00000542-199402000-00006>
- [17] Kurz, A., Sessler, D.I. and Lenhardt, R. (1996) Perioperative Normothermia to Reduce the Incidence of Surgical-Wound Infection and Shorten Hospitalization. Study of Wound Infection and Temperature Group. *New England Journal of Medicine*, **334**, 1209-1216. <https://doi.org/10.1056/nejm199605093341901>
- [18] Flores-Maldonado, A., Medina-Escobedo, C.E., Ríos-Rodríguez, H.M.G. 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)

- [19] Mauermann, W.J., Nemergut, E.C. and Warltier, D.C. (2006) The Anesthesiologist's Role in the Prevention of Surgical Site Infections. *Anesthesiology*, **105**, 413-421. <https://doi.org/10.1097/00000542-200608000-00025>
- [20] Brown, M.J., Curry, T.B., Hyder, J.A., Berbari, E.F., Truty, M.J., Schroeder, D.R., *et al.* (2017) Intraoperative Hypothermia and Surgical Site Infections in Patients with Class I/Clean Wounds: A Case-Control Study. *Journal of the American College of Surgeons*, **224**, 160-171. <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2016.10.050>
- [21] Baucom, R.B., Phillips, S.E., Ehrenfeld, J.M., Muldoon, R.L., Poulouse, B.K., Herline, A.J., *et al.* (2015) Association of Perioperative Hypothermia during Colectomy with Surgical Site Infection. *JAMA Surgery*, **150**, 570-575. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2015.77>
- [22] Geiger, T.M., Horst, S., Muldoon, R., Wise, P.E., Enrenfeld, J., Poulouse, B., *et al.* (2012) Perioperative Core Body Temperatures Effect on Outcome after Colorectal Resections. *The American Surgeon™*, **78**, 607-612. <https://doi.org/10.1177/000313481207800545>
- [23] Sessler, D.I. (2020) Perioperative Temperature Monitoring. *Anesthesiology*, **134**, 111-118. <https://doi.org/10.1097/aln.00000000000003481>
- [24] 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>
- [25] Perlman, R., Callum, J., Laflamme, C., Tien, H., Nascimento, B., Beckett, A., *et al.* (2016) A Recommended Early Goal-Directed Management Guideline for the Prevention of Hypothermia-Related Transfusion, Morbidity, and Mortality in Severely Injured Trauma Patients. *Critical Care*, **20**, Article No. 107. <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1271-z>
- [26] Pei, L., Huang, Y., Mao, G. and Sessler, D.I. (2018) Axillary Temperature, as Recorded by the Ithermonitor WT701, Well Represents Core Temperature in Adults Having Noncardiac Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **126**, 833-838. <https://doi.org/10.1213/ane.00000000000002706>
- [27] 张菊霞, 黄泉, 吴安石. HTP102 型无创鼓膜温度持续监测装置在不停跳冠状动脉旁路移植术中的应用[J]. 首都医科大学学报, 2020, 41(4): 617-621.
- [28] 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.00000000000001213>
- [29] Naiman, M.I., Gray, M., Haymore, J., Hegazy, A.F., Markota, A., Badjatia, N., *et al.* (2017) Esophageal Heat Transfer for Patient Temperature Control and Targeted Temperature Management. *Journal of Visualized Experiments*, **129**, e56579. <https://doi.org/10.3791/56579>
- [30] Sherman, K.A., Kilby, C.J., Shaw, L., Winch, C., Kirk, J., Tucker, K., *et al.* (2017) Facilitating Decision-Making in Women Undergoing Genetic Testing for Hereditary Breast Cancer: BRECONDA Randomized Controlled Trial Results. *The Breast*, **36**, 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2017.10.001>
- [31] Giri, J., Li, M., Pickering, B., *et al.* (2013) Validation of Computerized Sniffer for Monitoring Perioperative Normothermia. *Studies in Health Technology and Informatics*, **192**, 943.
- [32] Torossian, A., Bräuer, A., Höcker, J., Bein, B., Wulf, H. and Horn, E. (2015) Preventing Inadvertent Perioperative Hypothermia. *Deutsches Ärzteblatt International*, **112**, 166-172. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0166>
- [33] Yi, J., Xiang, Z., Deng, X., Fan, T., Fu, R., Geng, W., *et al.* (2015) 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>
- [34] Koh, W., Chakravarthy, M., Simon, E., Rasiah, R., Charuluxananan, S., Kim, T., *et al.* (2021) Perioperative Temperature Management: A Survey of 6 Asia-Pacific Countries. *BMC Anesthesiology*, **21**, Article No. 205. <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01414-6>
- [35] Protsiv, M., Ley, C., Lankester, J., Hastie, T. and Parsonnet, J. (2020) Decreasing Human Body Temperature in the United States since the Industrial Revolution. *eLife*, **9**, e49555. <https://doi.org/10.7554/elife.49555>
- [36] Sun, Z., Honar, H., Sessler, D.I., Dalton, J.E., Yang, D., Panjasawatwong, K., *et al.* (2015) Intraoperative Core Temperature Patterns, Transfusion Requirement, and Hospital Duration in Patients Warmed with Forced Air. *Anesthesiology*, **122**, 276-285. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000551>
- [37] 张震, 郭海云, 侯武刚, 等. 围手术期低体温研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2023, 48(4): 476-481.
- [38] Egan, C., Bernstein, E., Reddy, D., Ali, M., Paul, J., Yang, D., *et al.* (2011) A Randomized Comparison of Intraoperative Perfectemp and Forced-Air Warming during Open Abdominal Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **113**, 1076-1081. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e31822b896d>
- [39] Schacham, Y.N., Cohen, B., Bajracharya, G.R., Walters, M., Zimmerman, N., Mao, G., *et al.* (2018) Mild Perioperative Hypothermia and Myocardial Injury: A Retrospective Cohort Analysis. *Anesthesia & Analgesia*, **127**, 1335-1341.

<https://doi.org/10.1213/ane.0000000000003840>

- [40] Walters, M.J., Tanios, M., Koyuncu, O., Mao, G., Valente, M.A. and Sessler, D.I. (2020) Intraoperative Core Temperature and Infectious Complications after Colorectal Surgery: A Registry Analysis. *Journal of Clinical Anesthesia*, **63**, Article ID: 109758. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2020.109758>
- [41] Ju, J., Park, S.J., Yoon, S., Lee, H., Kim, H., Lee, H., *et al.* (2021) Detrimental Effect of Intraoperative Hypothermia on Pancreatic Fistula after Pancreaticoduodenectomy: A Single-Centre Retrospective Study. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, **28**, 983-992. <https://doi.org/10.1002/jhbp.1017>
- [42] Sessler, D.I., Pei, L., Li, K., Cui, S., Chan, M.T.V., Huang, Y., *et al.* (2022) Aggressive Intraoperative Warming versus Routine Thermal Management during Non-Cardiac Surgery (PROTECT): A Multicentre, Parallel Group, Superiority Trial. *The Lancet*, **399**, 1799-1808. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(22\)00560-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(22)00560-8)