

老年患者髋部手术围术期低体温的研究进展

刘凯悦, 韩彬*

西安医学院第一附属医院麻醉科, 陕西 西安

收稿日期: 2025年8月4日; 录用日期: 2025年8月28日; 发布日期: 2025年9月8日

摘要

围术期低体温是指因围术期非医疗目的导致患者核心体温降至 36°C 以下的一种临床现象。其中老年患者髋部骨折患者因高龄、基础疾病多、器官功能衰退等特点, 围手术期并发症风险显著增加, 低体温是常见但易被忽视的问题, 这种低体温状态不仅增加术后感染、心血管事件及认知功能障碍风险, 还可能延长麻醉复苏时间。本文综合现有研究, 探讨老年髋部手术围术期低体温的病理机制、危险因素及防控策略以期提升患者舒适度、改善预后。

关键词

围术期低体温, 髋部手术, 老年患者低体温, 全身麻醉

Research Progress on Perioperative Hypothermia in Elderly Patients Undergoing Hip Surgery

Kaiyue Liu, Bin Han*

Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: Aug. 4th, 2025; accepted: Aug. 28th, 2025; published: Sep. 8th, 2025

Abstract

Perioperative hypothermia refers to a clinical phenomenon characterized by a non-medically induced drop in the patient's core body temperature below 36°C during the perioperative period. Elderly patients with hip fractures, due to advanced age, multiple comorbidities, and compromised organ function, face a significantly increased risk of perioperative complications. Hypothermia is a common yet frequently overlooked issue in this population. This hypothermic state not only elevates

*通讯作者。

the risks of postoperative infection, cardiovascular events, and cognitive dysfunction but may also prolong anesthesia recovery time. This article synthesizes current research to explore the pathological mechanisms, risk factors, and prevention/control strategies for perioperative hypothermia in elderly patients undergoing hip surgery. The aims are to enhance patient comfort, improve clinical outcomes, and achieve effective hospitalization cost savings.

Keywords

Perioperative Hypothermia, Hip Surgery, Hypothermia in Elderly Patients, General Anesthesia

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

围手术期低体温的发生率介于 7%至 90% [1] [2]之间, 特别是老年患者, 由于生理调节功能衰退, 低体温发生率显著升高, 并发症表现尤为突出。研究显示, 50%~70%的老年髋部手术患者术中会出现低体温[3], 髋部骨折被戏称为“人生最后一次骨折”, 因此在体温管理方面需特别关注。围术期低体温可引发多系统并发症, 显著影响患者预后。患者自身因素、手术相关因素、麻醉因素及环境因素等, 以及是否采取干预措施, 均为导致低体温的重要复合因素。即使是轻度低温, 也会增加伤口感染的风险, 加剧术后心肌缺血事件, 导致手术过程中失血量增多, 并延长术后恢复期。因此, 在围术期维持正常体温, 对于确保手术效果最佳化、保障患者安全及提升患者满意度至关重要。随着医疗水平的提高及围术期管理观念的更新, 更多医疗机构开始重视并采取有效措施来预防和控制围手术期低体温的发生, 例如优化手术室环境温度、使用保温毯、加热输液装置以及加强体温监测等。通过这些综合手段的应用, 不仅可以有效降低低体温的发生率, 还能显著减轻其带来的并发症, 从而提高手术成功率, 缩短住院时间, 减轻患者经济负担。因此, 对于所有接受手术治疗的患者, 尤其是老年患者和进行高风险手术的患者, 围术期体温管理应被视为一项至关重要的内容。本文将系统描述体温调节的生理机制、麻醉和手术引起的体温调节变化、围术期低体温的危险因素、监测方法及干预措施。特别是接受髋部手术的老年患者在围术期低体温方面的特殊考虑, 通过深入理解围术期低体温的多方面影响, 可以更有效地管理患者体温, 帮助麻醉医生和外科医生及早识别低体温, 确保手术成功, 同时提升患者整体治疗效果和满意度。

2. 体温的生理学和监测

2.1. 体温的监测

对于围术期患者的体温监测, 目前的共识认为, 当全身麻醉持续时间超过 30 分钟时, 必须对核心体温进行测量。临床上, 选取合适的体温监测部位和技术手段, 对于及时发现并防治低体温状况至关重要。一般而言, 外周组织的温度较核心体温低 2 至 4 摄氏度。核心温度, 指的是身体深处如胸腔、腹腔内或中枢神经系统的温度, 这些区域的组织灌流良好, 温度保持恒定。手术中监测的温度点应尽可能接近核心温度, 并且监测方法需简便易行。肺动脉、鼓膜、食管远端及鼻咽部等位置的温度, 均与核心温度较为接近。在全麻过程中, 食管或鼻咽部位常作为最实用的温度监测点, 确保食管温度探头的正确放置对于获取准确体温数据尤为重要, 探头尖端应置于食管下 1/3 或鼻孔下 10 至 20 厘米处。目前, 体温监测设备主要包括热敏电阻温度计、热电偶温度计、红外线温度计及零热流量温度计, 其中大部分临床体温

计都是热敏电阻温度计。由于髋部手术的操作区域对麻醉管理影响较小, 体温测量因而更为便捷且准确。

2.2. 体温的生理调节

体温在核心部位(头部和躯干)受到严格调控。根据昼夜节律和月经周期, 核心体温的变化幅度约为 1°C , 并能保持相对稳定[4]。然而, 外周温度波动较为显著, 其中手臂和腿部主要充当缓冲角色。例如, 在暴露于环境温度的住院病人中, 外周温度通常比核心温度低 2°C 至 4°C 。核心体温通过热量获取与流失之间的平衡来严格调节。在人体所有细胞中, 热量主要通过有氧代谢产生, 静息状态下心、肺、脑和肝脏的代谢率最高, 而在运动过程中, 大部分热量是在骨骼肌中产生的[5]。通过体力活动和骨骼肌战栗, 热量产生可以增加至基础代谢率的600%以上。热量损失主要通过传导、对流、辐射和蒸发发生。体温调节依赖于三个主要组成部分, 即(i)温度感受器, (ii)中枢温度调节, 以及(iii)传出反应[6]。体温的感知遍布全身, 这依赖于分布在皮肤、骨骼肌、肝脏以及下丘脑等中枢神经系统部位的热感受器, 并将信号传递至中枢神经系统进行调控。这些温度传感器的传入信号主要通过前脊髓中的传导路径传递给脑干。中枢体温调节涉及脊髓、大脑, 尤其是下丘脑。下丘脑处理来自热感受器和效应器的信号, 以维持核心体温在其调定点。传出反应包括自主防御反应和行为防御反应。对寒冷的初级自主防御反应是手指和脚趾的动脉血管收缩和寒战, 从而减少向环境散失的热量。其中, 通过解偶联蛋白激活棕色脂肪的非寒战产热在婴儿中比寒战产热更常用, 但在成人急性体温调节防御中起次要作用[7][8]。行为防御反应, 例如根据环境温度适当着装, 在寒冷环境中快速移动, 并寻求温暖、干燥和避风的环境, 有助于自主神经系统维持核心温度。

3. 麻醉及手术可引起的体温调节变化

麻醉期间的低体温症发展呈现出典型的模式, 主要分为三个阶段: 热量再分布、线性和平台期[9]。在全身麻醉诱导后的第一个小时内, 核心体温迅速下降, 这种快速降温现象是由于麻醉引起的血管扩张所致。再分布性低体温不会改变体热总量或平均体温, 但显著降低了核心体温, 因为外周组织温度的升高是以牺牲核心体温为代价的[10]。热量的这种大规模流动是全身麻醉和椎管内麻醉期间核心体温过低的主要初始原因。再分布性低体温通常表现为核心温度的缓慢线性下降, 这是由于向环境散失的热量超过了代谢产热所致。术中热量损失的主要机制是辐射和对流, 据文献显示, 这两者占手术中热量损失的85%, 而传导和蒸发仅占15%。手术切口内的热量损失也可能有一定影响, 但其具体程度尚未在人体中得到量化。温度下降的速度取决于热量损失与产生之间的差异, 同时还受环境温度、手术规模以及患者接受的保温或主动保暖措施的影响。当患者体温显著下降时, 核心温度会趋于稳定, 随后无论手术规模多大或持续时间多长, 核心温度将不再继续下降。

4. 老年患者围术期低体温的危险因素研究现状

现有的研究表明, 围术期低体温发生的危险因素包括患者自身因素: 如年龄 ≥ 60 岁、BMI $< 22\text{ kg/m}^2$ 、ASA分级 $> \text{II}$ 级、术前基础体温偏低和合并各种基础疾病等; 麻醉因素: 如麻醉时间 > 2 小时、麻醉药物和联合麻醉等; 手术因素: 如手术类型(开腹手术或腹腔镜手术)、手术时间 > 2 小时、术中用药、术中大量冲洗液或输注液未加温等; 以及其他因素, 包括手术室环境温度较低、未积极采取保温措施等[11]-[13]。然而, 由于研究人群、手术类型以及对术中低体温判定标准的不同, 不同研究中围术期低体温的危险因素并不完全一致。大量研究表明, 围术期患者因素、手术因素、麻醉因素和环境因素等, 以及是否采取干预措施, 共同构成低体温的复合影响因素。

其中, 2010年, Lynch等人发表的一篇综述指出, 研究中未能证实任何特定危险因素是导致围术期

低体温的直接原因。然而, 他们确实识别出一些可能引发体温过低的因素, 包括环境室温、手术时长、血液及体液流失、焦虑情绪、麻醉效应、皮肤暴露程度以及静脉输液的温度。此外, 他们还指出, 新生儿、创伤或烧伤患者、老年人、女性患者, 以及既往患有周围血管疾病、内分泌紊乱、妊娠或存在开放性伤口的患者, 其体温过低的风险显著较高[11]。

Brito Poveda 等人通过对麻醉持续时间超过 1 小时的择期手术患者术中体温变化相关因素的研究, 得出结论: 麻醉类型、麻醉持续时间、体重指数、患者对血液制品的需求等变量与患者在围手术期的核心温度直接相关[12]。

Chen 等人在研究中发现, 腹腔镜手术患者术中意外低温现象较为明显, 年龄、BMI、基线体温、灌洗液量和手术时间与术中低温显著相关[13]。

4.1. 老年患者围术期低体温副作用

机体维持正常的新陈代谢和细胞功能都离不开合适的温度, 所以围术期低体温与各种术后并发症的发生密切相关。既往低体温与不良结局的关系主要局限于一些样本量较小的临床研究中。围术期低体温可导致心血管不良事件、外科手术部位感染、凝血/纤溶功能障碍、输血需求增加、麻醉药物效能和代谢改变、患者术后苏醒时间延长和寒战等不适症状增加等, 而出现上述情况的患者核心体温在 $34.5^{\circ}\text{C}\sim 35.5^{\circ}\text{C}$ 之间[14]。低体温导致手术部位感染(主要为浅表感染)发生率增高 3 倍, 心脏不良事件发生率增高 2 倍, 保温可降低 36% 的临床输血率。围术期低体温带来的不良后果是毋庸置疑的, 那么对于这类高危人群, 低体温会给老年患者带来何种副作用。目前现有研究可以得出以下结论。

4.1.1. 低体温与心血管事件

围术期低体温可引发心血管事件增多, 包括心肌缺血、心肌梗死、心脏停搏等[15]。体温下降可能通过提升血液中去甲肾上腺素浓度、加剧血管收缩、干扰冠脉灌注等途径, 最终导致血压降低、心律失常、心肌损伤, 严重时甚至引发心跳停止等严重心血管并发症。一项研究中采用离体犬心肌细胞模型, 借助荧光显微技术和钙瞬变测量, 比较不同温度下的钙释放动力学和动作电位特性。研究发现严重低温会增加心肌细胞钙释放斜率和随后的延迟后除极(DAD)幅度, 成为诱发心律失常的重要因素, 显示出温度对钙释放和心律失常触发的显著影响。因此, 深入理解温度依赖的钙动力学可能有助于预测和管理低温诱发的心脏并发症[16]。2022 年, 《Lancet》发表了一项我国实施的大样本随机对照临床试验, 共纳入 5013 例患者, 探讨围术期体温控制在 35.5°C 或 37.0°C 对术后心血管不良事件和术后 30 天内全因死亡率的影响。结果表明, 非心脏大手术患者术中核心体温应维持在 $35.5^{\circ}\text{C}\sim 37.0^{\circ}\text{C}$ [17]。

4.1.2. 低体温与麻醉后药物代谢

低体温能够显著改变药物的药代动力学特性。低体温会降低酶的活性, 进而导致用于诱导或维持麻醉的药物作用时间延长。此外, 在低体温环境中, 身体血液会重新分配, 从肠道、四肢、肾脏和肝脏流向重要器官, 这直接减少了药物在血管内的分布量。同时, 随着核心体温的下降, 二氧化碳分压升高, 引发 pH 值降低。根据药物的酸解离常数(pKa)值及其酸碱状态, pH 值的偏移会导致药物离子化程度的增加或减少, 从而影响其分布容积[18]。

异丙酚是用于麻醉诱导和维持最常用的静脉注射药物之一。在生理条件下, 异丙酚与蛋白质结合率高达 98%, 主要在肝脏中代谢。核心温度下降会导致血浆异丙酚浓度升高, 这主要是由于肝血流量减少所致。围手术期低温还会通过降低七氟烷和异氟烷的最低肺泡浓度(MAC)来影响挥发性麻醉药的效果, 每下降 1°C 核心体温, MAC 值降低 5%。此外, 在低温条件下, 挥发性麻醉药的组织溶解度增加, 导致麻醉苏醒时间延迟。芬太尼是一种广泛用于麻醉的阿片类药物, 其浓度每降低 1°C 约升高 5%。体温过低还

会通过改变药物的分布和/或代谢和排泄速率来影响肌肉松弛剂的作用。核心体温降低 2 摄氏度可能会使神经肌肉阻滞持续时间加倍。总之, 围手术期体温过低与麻醉后延迟苏醒密切相关[19]。

4.1.3. 低体温相关凝血障碍

低体温会显著损害血浆的凝固功能。与其他酶相似, 凝血因子需要在一个适宜的温度范围内才能正常运作。低体温不仅降低酶的活性, 还会减少其容量, 进而引发凝血障碍。此外, 血液流失的增加会减少凝血因子的数量, 进一步加剧失血问题。当核心体温降至 36℃ 以下时, 凝血酶生成、凝血酶爆发以及纤维蛋白原合成的抑制将显著提升大出血的临床风险[20]-[21]。除了影响血小板凝血功能外, 低温还会影响血小板的数量和功能。低温会导致血小板在门静脉循环、肝脏和脾脏中滞留, 并引发血小板边缘化, 可能导致血小板减少症, 尤其在 25℃ 至 30℃ 之间血小板计数下降最为显著。低体温相关的血小板减少症是可逆的, 恢复正常体温后即可逆转。一项针对主要手术病例的系统回顾显示, 即使是轻度低体温(低于 1℃)也会使失血量增加 16%, 输血的相对风险增加 22% [22]。低体温患者还可能因凝血和血管系统的多种变化而出现高凝状态, 如粘度增加、血液浓缩和炎症级联反应的激活, 其机制与脓毒性休克患者中的弥散性血管内凝血相似。

4.1.4. 低体温与手术部位感染

手术部位感染对患者的术后康复构成显著威胁, 且是外科患者医院内感染的主要诱因之一。研究表明, 术中及术后轻微低温是手术伤口感染的一个重要且独立的危险因素。围手术期体温过低与术后 8 周随访时感染并发症的发生率显著增加密切相关。由低体温引发的手术部位感染不仅可能延长术后住院时间, 还会大幅增加总体医疗费用。近期一项荟萃分析揭示, 在非心脏手术后, 主动体表加热能有效降低伤口感染发生率[23]。围手术期低温会削弱免疫系统功能, 进而影响宿主对病原体的防御能力。此外, 低温导致的血管收缩会减少血流, 进而损害手术部位的组织氧合。组织缺氧通过改变蛋白质代谢, 影响伤口愈合, 并可能引发伤口裂开。

4.1.5. 低体温与死亡率关系

低体温与死亡率之间存在着显著的关联, 尤其是在中重度低体温或合并严重基础疾病的情况下, 这一关联尤为明显。2022 年的一项荟萃分析结果显示, 在接受髌部骨折手术的患者群体中, 低体温与死亡风险的升高密切相关。该研究指出, 在英国, 髌部骨折患者的低体温与其 30 天死亡风险的增加有着直接联系[24]。基于当前的分析结果, 我们强烈建议将围手术期维持正常体温的措施纳入国家髌部骨折治疗指南。

4.1.6. 老年患者髌部手术特点

老年患者因生理机能衰退, 体温调节反应能力减弱, 低体温现象在老年群体中尤为普遍。Akers 等人的回顾性分析显示, 老年患者更易出现体温过低。此外, 术后贫血、败血症及死亡率均与低温密切相关[25]。研究表明, 随年龄增长, 老年患者对低体温的耐受性逐渐下降, 低体温的负面影响也更为显著。在老年髌部骨折患者中, 低体温与术后恢复不良、并发症增加及死亡率上升均存在紧密关联。再者, 老年患者常伴有多种基础疾病, 如心血管疾病、糖尿病等, 这些疾病进一步加剧了低体温对健康的危害[26][27]。因此, 在老年患者的围术期管理中, 需特别重视体温监测与调节, 以降低低体温风险。髌关节手术以老年患者居多, 且手术创伤大、失血多、时间长等特点, 均增加了围术期低体温的风险。一项涉及逾 10,000 例外科手术的回顾性研究显示, 尽管采取了保温措施, 仍有 5.8% 的患者出现低体温, 且与其他专科相比, 4000 余名骨科患者进入 PACU 后低体温发生率高 7.7%。由此可见, 维持骨科手术患者围术期正常体温更具挑战性[28]。Gurunathan 等人对股骨颈骨折手术的成年患者进行了前瞻性体温观察研究, 结果

表明, 尽管多数患者采用主动升温措施, 老年髋部骨折手术患者的显著低温问题依然突出[29]-[30]。

5. 老年患者髋部手术围术期低温的未来研究思考

老年患者髋部手术围术期低温是影响手术安全性和患者预后的重要临床问题。随着全球老龄化进程加速和髋部手术量逐年攀升, 围术期低温管理已成为改善老年患者手术结局的关键环节。当前临床实践表明, 围术期低温不仅与切口感染、心血管事件等短期并发症显著相关, 更可能影响患者长期功能恢复和生活质量。因此, 深入探索围术期低温的防控策略具有重要的临床价值和社会意义。因此未来发展方向考虑以下五个方面。

5.1. 优化体温监测技术

现有的体温监测方法存在一定局限性。例如, 传统的腋温、口温测量受外界因素干扰较大, 准确性欠佳; 而核心体温监测(如直肠温度、肺动脉温度测量)虽准确性较高, 却存在操作侵入性大、患者耐受性差等问题。未来应致力于研发更加精准、便捷、无创的体温监测技术, 实现对老年患者围术期体温的实时、连续、动态监测。同时, 可以开展研究如何利用人工智能对体温数据进行分析和预测, 提前识别体温异常趋势, 提高体温管理的及时性和有效性。

5.2. 创新保温干预策略

目前常用的保温措施, 如充气式加温毯、输液加温等, 虽有一定效果, 但仍无法完全避免低体温的发生。未来需探索更高效、个性化的保温干预策略。一方面, 可从材料科学角度出发, 研发新型保温材料, 提高保温性能。另一方面, 还可考虑采用多模式联合保温策略, 根据患者个体差异制定个性化的保温方案, 综合运用多种保温措施, 提高保温效果。

5.3. 开展多中心、大样本临床研究

以往关于老年患者髋部手术围术期低温的研究多为单中心、小样本研究, 研究结果的普遍性和可靠性受到一定限制。未来应开展多中心、大样本的临床研究, 纳入不同地区、不同医疗机构的患者, 以获取更具代表性的数据。通过严格的随机对照试验, 评估不同体温监测方法、保温干预措施对患者术后恢复的影响。同时, 建立长期随访机制, 观察围术期低温对老年患者远期预后的影响, 如关节功能恢复情况、认知功能变化等, 为临床实践提供更充分、更可靠的循证医学证据。

5.4. 关注特殊老年人群体

老年患者群体具有多样性, 不同性别、不同合并症、不同身体状况的患者在围术期低温的发生风险和应对能力上存在差异。未来研究应重点关注这些特殊老年人群体。例如, 对于患有糖尿病的老年患者, 其周围神经病变可能影响体温感知和调节, 需研究针对性的体温管理方案; 对于存在认知障碍的老年患者, 在实施体温监测和保温措施时可能面临配合度低的问题, 需要探索更人性化、有效的干预方法。此外, 还应研究性别因素对围术期低温的影响, 分析男女患者在体温调节机制和低温易感性方面的差异, 为个性化治疗提供依据。

5.5. 加强多学科协作研究

老年患者髋部手术围术期低温的管理涉及多个学科领域, 包括麻醉学、外科学、护理学、康复医学、生物医学工程等。未来应加强多学科协作, 整合各学科的优势资源和专业知识。通过多学科的交叉融合和协同创新, 为解决老年患者髋部手术围术期低温问题提供更全面、更系统的解决方案。

6. 结论

老年患者髋部手术围术期低温的研究具有重要的临床意义和社会价值。未来研究应围绕深入探究低温发生机制、优化体温监测技术、创新保温干预策略、开展多中心大样本临床研究、关注特殊老年人群体以及加强多学科协作等方向展开。通过不断探索和创新, 有望提高对老年患者髋部手术围术期低温的认识和管理水平, 降低低温相关并发症的发生率, 改善患者的手术预后和生活质量。

参考文献

- [1] Sessler, D.I. (1997) Mild Perioperative Hypothermia. *New England Journal of Medicine*, **336**, 1730-1737. <https://doi.org/10.1056/nejm199706123362407>
- [2] 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>
- [3] Rosenkilde, C., Vamosi, M., Lauridsen, J.T. and Hasfeldt, D. (2017) Efficacy of Prewarming with a Self-Warming Blanket for the Prevention of Unintended Perioperative Hypothermia in Patients Undergoing Hip or Knee Arthroplasty. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, **32**, 419-428. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2016.02.007>
- [4] Sessler, D.I. (2016) Perioperative Thermoregulation and Heat Balance. *The Lancet*, **387**, 2655-2664. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)00981-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)00981-2)
- [5] González-Alonso, J., Quistorff, B., Krstrup, P., Bangsbo, J. and Saltin, B. (2000) Heat Production in Human Skeletal Muscle at the Onset of Intense Dynamic Exercise. *The Journal of Physiology*, **524**, 603-615. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00603.x>
- [6] Waldman, S.D. (2009) Functional Anatomy of the Thermoreceptors. In: Waldman, S.D., Ed., *Pain Review*, W.B. Saunders Ltd., 190. <https://doi.org/10.1016/b978-1-4160-5893-9.00109-x>
- [7] Karlberg, P., Moore, R.E. and Oliver, T.K. (1965) Thermogenic and Cardiovascular Responses of the Newborn Baby to Noradrenaline. *Acta Paediatrica*, **54**, 225-238. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.1965.tb06366.x>
- [8] Affourtit, C., Crichton, P.G., Parker, N. and Brand, M.D. (2008) Novel Uncoupling Proteins. *Novartis Foundation Symposium*, Vol. 287, 70-91.
- [9] Sessler, D.I. and Todd, M.M. (2000) Perioperative Heat Balance. *Anesthesiology*, **92**, 578-578. <https://doi.org/10.1097/00000542-200002000-00042>
- [10] Sessler, D.I. (2020) Perioperative Temperature Monitoring. *Anesthesiology*, **134**, 111-118. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000003481>
- [11] Lynch, S., Dixon, J. and Leary, D. (2010) Reducing the Risk of Unplanned Perioperative Hypothermia. *AORN Journal*, **92**, 553-565. <https://doi.org/10.1016/j.aorn.2010.06.015>
- [12] Poveda, V.d.B., Galvão, C.M. and Santos, C.B.d. (2009) Factors Associated to the Development of Hypothermia in the Intraoperative Period. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, **17**, 228-233. <https://doi.org/10.1590/s0104-11692009000200014>
- [13] Chen, H.Y., Su, L.J., Wu, H.Z., Zou, H., Yang, R. and Zhu, Y. (2021) Risk Factors for Inadvertent Intraoperative Hypothermia in Patients Undergoing Laparoscopic Surgery: A Prospective Cohort Study. *PLOS ONE*, **16**, e0257816. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257816>
- [14] Simegn, G.D., Bayable, S.D. and Fetene, M.B. (2021) Prevention and Management of Perioperative Hypothermia in Adult Elective Surgical Patients: A Systematic Review. *Annals of Medicine and Surgery*, **72**, Article ID: 103059. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103059>
- [15] Botto, F., Alonso-Coello, P., Chan, M.T., et al. (2014) Myocardial Injury after Noncardiac Surgery: A Large, International, Prospective Cohort Study Establishing Diagnostic Criteria, Characteristics, Predictors, and 30-Day Outcomes. *Anesthesiology*, **120**, 564-578.
- [16] Fukaya, H., Piktel, J.S., Wan, X., Plummer, B.N., Laurita, K.R. and Wilson, L.D. (2018) Arrhythmogenic Delayed Afterdepolarizations Are Promoted by Severe Hypothermia but Not Therapeutic Hypothermia. *Circulation Journal*, **82**, 62-70. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-17-0145>
- [17] Sessler, D.I., Pei, L., Li, K., et al. (2022) Aggressive Intraoperative Warming versus Routine Thermal Management during Non-Cardiac Surgery (PROTECT): A Multi-Centre, Parallel Group, Superiority Trial. *The Lancet*, **399**, 1799-1808.
- [18] van den Broek, M.P.H., Groenendaal, F., Egberts, A.C.G. and Rademaker, C.M.A. (2010) Effects of Hypothermia on

- Pharmacokinetics and Pharmacodynamics. *Clinical Pharmacokinetics*, **49**, 277-294. <https://doi.org/10.2165/11319360-000000000-00000>
- [19] Ruetzler, K. and Kurz, A. (2018) Consequences of Perioperative Hypothermia. In: *Handbook of Clinical Neurology*, Elsevier, 687-697. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64074-1.00041-0>
 - [20] Watts, D.D., Roche, M., Tricarico, R., Poole, F., Brown, J.J., Colson, G.B., *et al.* (1999) The Utility of Traditional Prehospital Interventions in Maintaining Thermostasis. *Prehospital Emergency Care*, **3**, 115-122. <https://doi.org/10.1080/10903129908958918>
 - [21] Winkler, M., Akça, O., Birkenberg, B., Hetz, H., Scheck, T., Arkiliç, C.F., *et al.* (2000) Aggressive Warming Reduces Blood Loss during Hip Arthroplasty. *Anesthesia & Analgesia*, **91**, 978-984. <https://doi.org/10.1097/0000539-200010000-00039>
 - [22] 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>
 - [23] Balki, I., Khan, J.S., Staibano, P., Ducepe, E., Bessissow, A., Sloan, E.N., *et al.* (2020) Effect of Perioperative Active Body Surface Warming Systems on Analgesic and Clinical Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Anesthesia & Analgesia*, **131**, 1430-1443. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000005145>
 - [24] Mroczek, T.J., Prodromidis, A.D., Pearce, A., Malik, R.A. and Charalambous, C.P. (2022) Perioperative Hypothermia Is Associated with Increased 30-Day Mortality in Hip Fracture Patients in the United Kingdom: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **36**, 343-348. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000002332>
 - [25] 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>
 - [26] Sari, S., Aksoy, S.M. and But, A. (2021) The Incidence of Inadvertent Perioperative Hypothermia in Patients Undergoing General Anesthesia and an Examination of Risk Factors. *International Journal of Clinical Practice*, **75**, e14103. <https://doi.org/10.1111/ijcp.14103>
 - [27] Yasar, P.O., Uzumcugil, F., Pamuk, A.G. and Kanbak, M. (2021) Comparison of Combined Forced-Air Warming and Circulating-Water-Mattress and Forced-Air Warming Alone in Patients Undergoing Open Abdominal Surgery in Lithotomy Position: A Randomized Controlled Trial. *Indian Journal of Surgery*, **84**, 72-78. <https://doi.org/10.1007/s12262-021-02829-8>
 - [28] Matos, J.R., McSwain, J.R., Wolf, B.J., Doty, J.W. and Wilson, S.H. (2018) Examination of Intra-Operative Core Temperature in Joint Arthroplasty: A Single-Institution Prospective Observational Study. *International Orthopaedics*, **42**, 2513-2519. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-3967-y>
 - [29] Gurunathan, U., Stonell, C. and Fulbrook, P. (2017) Perioperative Hypothermia during Hip Fracture Surgery: An Observational Study. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, **23**, 762-766.
 - [30] Collins, S., Budds, M., Raines, C. and Hooper, V. (2019) Risk Factors for Perioperative Hypothermia: A Literature Review. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, **34**, 338-346. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2018.06.003>