

物理与药物干预体温保护在围手术期体温管理的应用进展

麦尔哈巴·麦麦提艾力¹, 闫磊^{2*}

¹新疆医科大学研究生院, 新疆 乌鲁木齐

²新疆维吾尔自治区人民医院麻醉科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2023年9月19日; 录用日期: 2023年10月13日; 发布日期: 2023年10月19日

摘要

围手术期发生低体温率高, 这与术后多种不良并发症密切相关, 不利于术后康复。因此体温保护受到额外的关注, 同时也被列入到麻醉质控指标之一。当前, 对围手术期低体温, 又称围手术期意外低体温(periooperative inadvertent hypothermia, IPH)防治的主要方法是物理被动预防措施, 来隔离热量的散失, 而主动预防措施则是通过增加额外的热量, 来实现体内产热与散热的平衡。缺乏从低体温发生机制出发, 药物干预减少核心温度再分布, 增加产热维度来体温保护研究。本文分析前期研究成果, 从围手术期低体温新概述, 物理体温保护, 多维度药物干预体温保护展开综述, 为围手术麻醉期实施有效保温策略提供参考。

关键词

围手术期, 低体温, 物理保温, 艾司氯胺酮, 氨基酸

Research Progress of Body Temperature Protection with Physical and Pharmacological Intervention in Perioperative Temperature Management

Maierhaba·Maimaitiaili¹, Lei Yan^{2*}

¹Graduate School of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Department of Anesthesia, Xinjiang Uygur Autonomous Region People's Hospital, Urumqi Xinjiang

Received: Sep. 19th, 2023; accepted: Oct. 13th, 2023; published: Oct. 19th, 2023

*通讯作者。

文章引用: 麦尔哈巴·麦麦提艾力, 闫磊. 物理与药物干预体温保护在围手术期体温管理的应用进展[J]. 临床医学进展, 2023, 13(10): 16452-16461. DOI: [10.12677/acm.2023.13102304](https://doi.org/10.12677/acm.2023.13102304)

Abstract

The incidence of perioperative hypothermia was high, and this is more closely related to many adverse complications, which is not conducive to postoperative rehabilitation. Therefore, temperature protection receives additional attention and is also included as one of the quality control indicators of anesthesia. Currently, perioperative inadvertent hypothermia (IPH) is primarily prevented by physical passive prophylaxis to isolate heat loss, and active prophylaxis by adding additional heat to achieve a balance between heat production and heat dissipation in the body. Lacking of the studies of body temperature protection, which starts from the mechanism of hypothermia, such as pharmacological intervention to reduce core temperature and increasing the heat production. This paper analyzed the previous physical insulations research results, and summarized the new overview of perioperative hypothermia, physical body temperature protection, and multi-dimensional drug intervention body temperature protection, so as to provide reference for the implementation of effective insulation strategies during perioperative anesthesia.

Keywords

Perioperative Period, Hypothermia, Physical Insulation, Esketamine, Amino Acid

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

围手术期由于各种原因常发生低体温, 这与术后多种不良并发症发生有着密切关系[1], 发生率为7%~90% [2]。从2017年《围术期患者低体温防治专家共识》[3]发布以来, 尽管麻醉科医师和外科医师对围术期低体温相关风险的认识不断提高, 物理保温措施不断改善, 但2019~2021年北京部分医院统计结果表明, 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], 围术期体温管理仍有待进一步加强。目前多个专家已经系统综述了围术期体温发生率、影响因素、并发症以及预防措施等[2] [5] [6] [7]。但是少有对药物干预对围手术期低体温影响的综述。有关研究报道[8], 有效预防意外手术期低体温的药物机制主要分为减少热量再分布和增加代谢产热, 一项RCT [9]表明预防性使用苯肾上腺素能有效降低0.4°C~0.5°C的再分布性低体温, 一项meta分析[10]表明, 氨基酸输注增加产热, 可使体温升高0.46°C。多项研究也已证实了药物干预体温保护在临床上保温的有效性和安全性[10] [11] [12]。通过物理保温和药物干预保温来综合预防和治疗围手术期低体温可达到优势互补、标本兼治的临床效果。本文分析前期研究成果, 从围手术期低体温新概述, 物理体温保护, 多维度药物干预体温保护展开综述, 为围手术期实施有效保温策略提供参考。

2. 围手术期低体温概念

机体新陈代谢和正常生命活动离不开正常体温。围手术期由于患者本身、麻醉, 手术以及环境等多重因素作用极易发生低体温。目前常用IPH定义为: 由于围手术期由于各种原因导致机体核心体温 $<36^{\circ}\text{C}$ 的现象。因此国内外关于IPH影响因素、不良反应、防治措施及预测模型等研究大多以围术期任何时间 $<36^{\circ}\text{C}$ 界限展开研究。但有专家指出IPH定义没有参考时间维度, 忽略了体温动态变化与术后并发症的关

系[13]。2011年 Egan [14]等人在一项比较电阻加热系统和强制空气加温系统体温保护效果的随机对照研究中首次应用时间加权平均温度(time-weighted average temperature, TWA), 并得出两个保温系统保温效果无明显差异结论。然而 2010年 De Witte 等人[15]同样对比强制空气加温系统和阻力系统加温效果, 得出阻力加热系统保温患者比对照组患者核心温度高, 强制空气加温系统与对照组无明显差异。这两中不同结论原因可能为手术类型不同, 另一个原因可能主要结局计算方式不同。这也能说明 IPH 概念对研究结果有一定程度影响。例如, 2020年 Walters [16]等探讨 TWA 和术中最终温度与伤口感染及全身感染之间的关系, 发现 $TWA < 35.5^{\circ}\text{C}$ 与结肠手术后的严重感染并发症相关; 当 $TWA 35.5^{\circ}\text{C} \sim 36.5^{\circ}\text{C}$ 时, 与术后感染并发症没有明显关联。这对将 36°C 作为维持正常体温临界值的传统观点提出了挑战。同时也表明术中最终核心体温与严重感染、浅表感染、住院时间等均无关。将来的研究应该通过以时间加权平均温度来判定是否发生了会引起不良后果的低体温。2022年张震等[17]探讨两种不同定义的术中低体温发生率及其危险因素中发现, 术中最终温度和时间加权平均温度下在分析消化道肿瘤手术患者的危险因素存在异同, 因此临床应采取针对性措施加以防范。此外, 对于所有手术类型, 是否应将以 36°C 作为判定低体温的标准, 仍值得考量。

因此, 研究者应该从不同角度出发, 将不同手术方式、患者的基础疾病等与围手术期的体温变化相结合, 兼顾临床获益和成本, 制定出一套精细化, 个性化的体温控制方案, 从而改善患者预后。

3. IHP 发生机制

体温调节主要靠感觉传入、中枢调节、自主性调节及行为性调节[18]。在麻状态下, 由于环境寒冷和缺乏行为反应, 患者经常出现体温过低。此外, 麻醉药通过降低代谢率、抑制血管收缩、改变寒颤阈值和抑制下丘脑调节机制来干扰正常的体温调节[2] [19]。围术期体温变化主要包括以下过程: 首先麻醉药物引起热量再分布: 麻醉药物抑制体温调节中枢, 引起外周血管舒张, 在麻醉开始后 1 小时, 体内的热量重新分配到外周; 其次, 由于辐射和对流引起的热量散失超过机体代谢产热, 体温缓慢下降(约 2~3 h); 最后, 持续的低体温激活热调节性血管收缩, 这时通常在全身麻醉时核心体温约为 34.5°C , 核心温度被动地趋于稳定。一旦激活, 动静脉分流收缩是有效的, 将代谢热限制在核心, 从而抑制核心热量进一步流失, 使机体产热与散热得到一个平衡[2] [20]。

研究表明, 在未采取保温措施的情况下, 全身麻醉期间的低体温主要是麻醉开始后热量再分布导致, 使核心温度在麻醉开始后一个小时内快速下降 $1^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。这主要是因为麻醉药物及交感神经使外周血管扩张, 增加外周组织的血流灌注, 从而导致热量从核心向外周再分布[7]。

椎管内麻醉和神经阻滞也影响体温调节系统, 主要原因包括: 热量再分布、中枢体温调节功能减弱、自主体温调节防御神经传导受阻。椎管内麻醉可使阻滞区域血管扩张, 热量丢失增加, 降低机体血管收缩和寒战阈值约 0.5°C , 提高出汗阈值约 0.3°C , 同时阻滞区域的冷感觉信号传入受阻, 低体温调节的反应温度降低。椎管内麻醉复合全身麻醉时, 由于二者均可降低触发血管收缩的阈值, 因此复合麻醉较单纯全身麻醉更晚出现血管收缩, 同时由于全身麻醉会抑制单纯椎管内麻醉时机体为增加产热而诱发的寒战反应, 因此复合麻醉时核心体温会持续降低而不会出现单纯全身麻醉时的平台期[21]。

4. 物理保温措施

4.1. 被动保温

被动保温是指用未加温的手术敷料覆盖于患者肌肤达到隔热的目的。可防止 30% 的热量损耗, 包括使用棉被、手术单、反光毯、隔热毯等减少热量散失措施[21]。其隔热作用与敷料材料、覆盖的肌肤面积、持续时间成正相关。虽然许多研究已经表明[22] [23], 主动保温对于大手术(手术时间 > 2 小时)有益处,

但是对于短小手术(<1 小时), 麻醉前施行的被动保温可以降低麻醉引起热量再分布幅度, 大大减少 IPH 发生率, 因而减少资源浪费, 降低医疗成本。

4.2. 主动保温

主动保温是通过加热设备来实现的, 目前加热系统包括充气加温(forced-air warming, FAW)系统, 电阻系统(电, 碳纤维等)、水循环加热系统、辐射加热系统, 静脉输液和血液制品加热器, 热湿交换过滤器以及负压加热系统。其中强制空气加热系统, 电阻加热系统, 输液, 输血加温仪在临床上比较普遍使用。

空气加热装置由电加热充气装置和保温毯组成, 通过减少辐射和对流两种方式加温; 热电阻加温装置包括电热毯和床垫, 是空气加热装置的良好代替, 优点是噪声小、可以循环利用、容易清洁, 缺点为费用高等[24]; 输液加温仪利用温控器控制温度, 可将输注液温度加热至调定温度, 且加热均匀、充分, 避免输注液带走机体热量, 使血管能够正常收缩和舒张, 降低低体温发生率; 同时, 该方法可反复利用、费用低、实用性强[5]。研究[25]报道, 主动加温能使患者术后体温增加 0.36°C , IPH 的风险降低 29%, 比被动加温更有效地预防 IPH。在一项[26]主动加温装置对椎管内麻醉病人围术期低体温干预效果的 Meta 分析中得出, 主动加温装置可以缓解椎管内麻醉病人术后核心体温的下降, 降低病人低体温发生率, 降低术后寒颤发生率, 但是应用主动加温装置并不能保证消除低体温, 病人 IPH 的发生率依旧为 29.4%, 提示医护人员仍需要加强评估和监测病人的体温变化并研究预防和治疗 IPH 的新策略。这个新策略有可能是新的加温装置, 也有能其他保温装置联合药物保温, 这需要我们探索研究。另一项比较主动加温装置对核心体温影响的 Meta 分析指出[25], 空气加热系统保温与电阻系统、水循环加热系统、辐射加热器保温有效性无统计学差异。但是在不同手术, 不同麻醉中保温效果不一致, 例如常规全身麻醉患者空气加热系统优于其他保温装置, 然而在椎管麻醉中, 无明显差异。这项 Meta 分析也显示腹部手术, 空气加温明显优于其余装置。基于麻醉方式, 手术类型及手术时常不同, 主动加温装置有效性有差别, 因此我们在临床实践中应重视选择保温策略, 达到精准保温的效果。但是目前, 空气加热系统在临床工作使用中仍存在是否增加感染的争议。由于充气加热系统由空气加热器、空气过滤系统以及鼓风机组成。空气加热器是利用滤清器吸入低层空气来加热, 然后由鼓风机将被加热的空气由软管输送到接近手术区域的一次性带孔气毯上。加热后的空气温度达到 43°C , 手术室 $21\sim 27^{\circ}\text{C}$ 的层流环境中, 会产生空气湍流, 过滤器滤过率很低, 容易产生微生物, 输送空气的软管容易产生细菌, 这些因素都会提高手术部位感染的危险[27][28]。

MeGovern [29]等采用人体模型作为患者, 比较两种主动加热方式(强制空气和导电织物)对模拟髋关节置换术的影响, 发现强制空气加热产生流气流, 动员地板空气进入手术部位, 关节深部感染明显增加。由此可见, 保温设备会对利用暖气毯子所产生的气流造成直接污染, 并会对洁净的空气造成热流涡损害。然而 Shirozu [30]等的第一份报告使用三维超声风速仪检查了下肢强制空气加热器气流速度和方向的变化, 以及层流气流的影响, 发现强制空气加热造成的气流被日光板向下的层流气流很好地抵消, 如果存在足够的层流气流, 污染手术区域的可能性较小。因此, 充气加温设备确实会污染超洁净空气流通, 但根据目前的研究, 这似乎与 SSI 风险的增加没有明显联系。使用强制充气加热设备时, 应定期清洁软管和装置内部, 并使用一次性毯子以降低交叉感染的风险。对于手术部位可能受到严重污染的患者, 建议使用其他加热系统。如果必须使用加热装置, 可考虑在手术前或之后进行加热, 或将加热装置置于层流的正下方。

4.3. 增加环境温度

目前推荐手术室的温度在 21°C 以上, 如果进行小儿手术, 手术室温度应保持在 24°C 以上[3]。但手术室温度不能过高, 过高的温度可引起医护人员不适, 还可增加手术感染概率。一项 3×2 的研究中[28],

根据术中不同环境温度(19、21、23℃)和被动隔热或充气加温对 292 例患者进行随机分组, 结果表明, 环境温度对使用充气加温患者的体温无明显影响, 对使用被动隔热患者的核心体温可有影响, 环境温度每增加 1℃, 患者手术结束时的核心体温可升高 0.13℃ (98.3% CI 0.07~0.20, $P < 0.01$)。一项单中心 RCT [31], 根据手术室温度不同(20℃和 23℃)将接受术中加温输液的剖宫产产妇分为两组, 研究表明, 适度提高环境温度至 23℃可明显降低新生儿(35% vs 50%, $P < 0.001$)和产妇(69% vs 77%, $P = 0.008$)术后低体温的发生率, 对低血糖症、代谢性酸中毒等新生儿并发症的发生率无影响。

5. 药物保温干预

预防 IPH 策略中, 不仅重视物理体温保护, 还需要关注药物对体温保护有效性。目前有关报道, 有效预防 IPH 的药物机制主要分为减少热量再分布(如: 苯肾上腺素)和增加代谢产热。

5.1. 增加产热

营养物质的摄入会增加机体的热量产生, 即所谓营养物热效应(nutrient induced thermogenesis, NIT)。清醒状态下, 蛋白质和混合氨基酸的热效应最高, 可达 30%~40%; 碳水化合物次之, 为 6%~9%; 脂肪几乎不能测得, 仅 0%~2% [32]。由此看出所有营养物质都能增加热量, 而氨基酸的产热效果最高。上世纪末, SELLDÉN E 等[33] [34]指出, 麻醉期间氨基酸输注引起产热效应, 可减少围术期低体温, 并表示不会增加应激反应。因此, 围手术期因机体无法利用外来营养物质而不给予营养物质的传统观念已被颠覆。随后, 国内外学者对这观点从不同手术类型, 不同麻醉方式展开研究, 证实氨基酸对围术期体温保护有效性[18] [35]。然而, 这些研究大多样本量小, 可能缺乏探索 AA 输注是否能改善临床结果的能力。为此, 于 2014 年 Zhou 等[36]进行了一项关于围手术期 AA 输注的系统综述, 比较了接受 AA 输注和晶体输注的手术患者的体温变化, 与晶体输注相比, 他们发现 AA 输注在减少热量损失方面有效。2017 年, Aoki 等[10]汇总 14 篇 RCT 分析表明, 输注氨基酸可使体温升高 0.46℃ (95% CI 0.31~0.62, $P < 0.001$), 并且他们认为这种微小差异具有临床意义。在使用常规围手术期加温疗法难以提高患者体温的情况下, 这可能尤其如此。

Gupta 等[19]一项比较全身麻醉下头颈部手术患者 AA 输注和 FAW 系统对体温的影响研究中提出, 在无 FAW 系统的地方, AA 输注可作为预防全麻下术中低温的一种替代 FAW 的经济有效的措施。Alipour 等[11]的一项评估氨基酸输注对椎管麻醉下髋关节置换术患者低体温影响的随机双盲临床试验研究结果显示, 氨基酸组的低温较少, 对照组的术后寒战较多。同时通过比较两组手术后的 BUN 和血清 Cr, 发现在麻醉过程中氨基酸诱导的产热, 不会影响术后氮排泄。许建伟等[37]表明术前输注 AA 有助于提高老年前列腺电切手术患者的核心体温、减少术后寒战、躁动、膀胱痉挛等不反应的发生, 促进患者的早期康复早期康复。

Pokharel [38]等研究指出, 蛛网膜下腔阻滞下剖宫产前或者期间给产妇输注 AA 对新生儿出生后 10 min 内体温无影响。氨基酸在输注 2 小时后对产妇体温有正向影响。这个结论可能因为接受核心体温监测限制在新生儿出生后 10 分钟和产妇输液期间, 无法探索 AA 持续代谢的扩展潜在影响。另一种可能原因为出生最初几个小时对蛋白质分解代谢的需求最低, 我们未能注意到母体静脉注射 AA 治疗对新生儿有任何产热作用。

研究表明, 氨基酸能够刺激胰岛素分泌, 增加内源性糖生成而升高血糖。宋玮等[39]研究, 通过比较各组不同时间点血糖, 胰岛素水平, 游离脂肪酸, 发现: 1) 麻醉诱导前 30 min 输注氨基酸组, 血糖浓度均呈升高趋势, 但术后 1 h 各组血糖浓度差异无统计学意义; 2) 氨基酸组胰岛素水平都升高, 但是术后有所下降, 可仍然比对照组高。说明麻醉前开始输注氨基酸对患者胰岛素的影响最大, 血糖升高较明显,

但不影响术后血糖最终浓度; 3) 氨基酸游离脂肪酸呈逐渐降低趋势, 比对照组各时间段低, 手术结束后 1 h 氨基酸组甘油三酯水平高于对照组, 说明麻醉诱导前输注氨基酸能够更好地利用氨基酸来产生能量, 减少脂肪分解产能, 同时氨基酸刺激胰岛素分泌增加, 也可抑制脂肪降解为游离脂肪酸, 补充能量的同时减少能量散失, 可减少低体温现象发生。

对于围手术期输注氨基酸时机和计量没有明确定论和相关指南。费敏等[40]发现, 复合麻醉下胸外手术患者麻醉诱导时以 240 ml/h 速度输注氨基酸, 麻醉诱导 2 h 才能出现热效应。对胃肠道肿瘤手术患者不同时间段输注氨基酸对体温影响研究指出, 与术中, 手术结束前 30 min 输注相比, 麻醉诱导前 30 min 以 2 mL/(kg·h)输注至手术结束, 促进患者术后体温恢复的效果较佳[39]。郑铭陟等[41]研究发现, 腰硬联合麻醉下膝关节镜检查患者麻醉前 1 h 输注氨基酸(剂量为 3.5 mL/kg), 手术期间至术后 2 h 之内未出现低体温, 并且试验组寒颤发生率明显低于对照组; 试验组温度舒适度评分优于对照组, 组间比较差异有统计学意义。Alipour 等[11]研究显示, 蛛网膜下腔阻滞下髋关节置换术期间患者输入 500 ml (240 ml/h)氨基酸溶液, 氨基酸组的低温较少, 对照组的术后寒战较多。钟桥生等[42]在探讨静脉输注氨基酸治疗术后低体温寒颤的最佳计量研究结果显示, 麻醉复苏(PACU)静脉输注氨基酸 2~8 ml/kg·h 能计量依赖性改善低体温, 提高热舒适度, 但治疗 3 级寒颤的效果并不理想, 对于术后寒战 2 级或 2 级以上患者, 使用氨基酸 2 mL/kg·h 治疗即可。因此如何把握静脉输注氨基酸时机及计量, 充分利用氨基酸对手术麻醉患者的益处, 需要进一步研究。

5.2. 减少热量再分布

5.2.1. 苯肾上腺素

苯肾上腺素(Phenylephrine)别称去氧肾上腺素(α -肾上腺素能激动剂), 有明显的血管收缩作用。增加外周血管阻力, 升高收缩压和舒张压。

全身麻醉诱导后第一个小时内的核心体温过低主要是由于热量从核心到外周的重新分配。这种重新分布是由于温度调节中枢抑制和麻醉药物的血管舒张造成的。因此 1999 年 IKEDA T [43]等假设接受小型口腔手术的患者用苯肾上腺素可降低麻醉剂诱导的核心到外周体热再分配的幅度, 结果得出与未治疗的对照组相比, 给予去氧肾上腺素的患者在麻醉的第一个小时内核心温度降低的幅度较小, 维持毛细血管前血管收缩可能会降低再分布体温过低的程度。一项随机临床实验表明[44], 脊髓麻醉下剖宫产术中预防性输注低剂量(25 μ g/min)苯肾上腺素可显著降低寒战发生率和体温过低程度并具有改善剖宫产产人群血流动力学稳定性的额外优势。Ro 等人还注意到[45], 与安慰剂组相比, 在脊柱麻醉下接受骨科手术时接受苯肾上腺素输注(速度为 0.5 μ g/kg/min)的患者在手术结束时的核心温度有显著差异有统计学意义。

5.2.2. 氯胺酮及艾司氯胺酮

氯胺酮于 20 世纪 60 年代初首次合成, 作为苯环利定的安全替代品, 被当作麻醉药和镇痛药物使用[46]。它是一种具有体温调节作用的非竞争性 NMDA 受体拮抗剂, 由 S 和 R 氯胺酮两种手性外消旋体按 1:1 混合组成[47]。Xue X.等[48]研究表明, 氯胺酮在不同水平的体温调节中起作用, 剖宫产患者硬膜外给予预防性低剂量氯胺酮可能是预防术后寒战的有效策略。对于剖宫产产妇, 其寒战发生机制为椎管内麻醉使阻滞平面以下的交感神经受到抑制, 血管扩张, 血液流向外周, 继而促使核心温度向外周流失, 造成体温降低而引发寒战反应。Bornkamp 等[49]的动物实验证实, 与丙泊酚-苯二氮卓联合麻醉诱导组相比, 氯胺酮-苯二氮卓联合麻醉诱导组直肠温度, 是核心温度高, 可能是因为氯胺酮降低了机体热量再分配的程度。Zhou 等[47]的一项系统评价显示, 与安慰剂相比, 氯胺酮降低了低温性寒颤的发生率, 也表示氯胺酮对麻醉后寒颤的影响对椎管麻醉和全身麻醉同样有益。与 0.25 mg/kg 相比, 0.5 mg/kg 的剂

量对麻醉后寒战率有提前效应。但是氯胺酮副作用较多, 限制了他的应用。

艾司氯胺酮的上市给我们提供了新的思路, 其是氯胺酮的右旋体, 属于 NMDA 受体拮抗剂, 可非竞争性抑制谷氨酸与 NMDA 受体的结合, 发挥镇痛、镇静作用, 且镇痛、镇静强度是氯胺酮的 2 倍, 而剂量仅为氯胺酮的 1/2 用药不良反应较少[50]。2008 年, Piper 等[51]实验首次证实了艾司氯胺酮联合丙泊酚可显著降低心脏手术患者的术后寒颤(PAS)和术后恶心呕(PONV)发生率。同时本研究首次尝试在 ICU 中使用 S(+)-氯胺酮作为术后镇痛镇静药物, 并发现其具有降低 PAS 和 PONV 发病率的优势。因此对于心脏手术, 尤其是体温过低或 PNOV 风险较高的患者, 可以考虑使用艾司氯胺酮镇痛。这项研究开启了艾司氯胺酮对低体温或者寒颤的研究。

许德芳[52]在低剂量艾司氯胺酮预防剖宫产产妇椎管内麻醉后寒战的效果的研究中发现, 艾司氯胺酮组相邻两个时间点的体温差值比对照组低于对照组, 寒颤发生率也低于对照组, 说明艾司氯胺酮改善围手术期体温从而减少寒颤发生率。

王海燕等[12]研究也表示, 对于烧伤患者手术, 艾司氯胺酮诱导组比芬太尼组诱导, 拔管后 5 min 的体温与诱导前的体温差小于对照组, 差异有统计学意义, 并且术后寒颤发生率、恶心、呕吐的发生率低于芬太尼组。与氯胺酮相比, 艾司氯胺酮用药后恶心呕吐、呼吸抑制、精神障碍等不良反应更少。

艾司氯胺酮体温调节机制尚不明确, 有研究认为[53], 艾司氯胺酮为 NMDA 受体的拮抗剂, 能在不同水平的温度调节中起到了一定的作用, 抑制单胺类神经递质(5-羟色胺及去甲肾上腺素)再摄取, 刺激交感神经释去甲肾上腺素, 减少热量从核心到外周的再分布, 从而改善体温, 减少寒战的发生。也有研究[52]认为氯胺酮可能直接作用于下丘脑体温调节中枢, 通过非寒战产热反应来控制寒颤。

6. 展望

目前预防围手术麻醉期的主要措施仍然是以物理体温保护措施对人体进行被动, 主动保温等, 具有见效快、持续时间长等优点, 但有些措施需要设备、耗材、管理和操作规范。物理保温联合药物干预保温防治 IPH 从围手术麻醉期发生低体温机制理论着手, 通过隔绝热量散失, 增加机体产热, 扩血管减少热量再分布来预防围手术麻醉期低体温发生。物理联合药物干预防治 IPH 的具体方式是未来研究的重点内容。

基金项目

新疆科技援疆计划项目(2022E02116)。

参考文献

- [1] Akers, J.L., Dupnick, A.C., Hillman, E.L., et al. (2019) Inadvertent Perioperative Hypothermia Risks and Postoperative Complications: A Retrospective Study. *AORN Journal*, **109**, 741-747. <https://doi.org/10.1002/aorn.12696>
- [2] 代子一, 黄宇光. 围术期低体温有效预防策略的研究进展[J]. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37(5): 539-542.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 朱秋燕, 吴婉英, 王丽芬, 等. 围手术期低体温的影响因素及预防措施研究进展[J]. *护士进修杂志*, 2022, 37(2): 141-145.
- [8] Moola, S. and Lockwood, C. (2011) Effectiveness of Strategies for the Management and/or Prevention of Hypothermia within the Adult Perioperative Environment. *International Journal of Evidence-Based Healthcare*, **9**, 337-345.

- <https://doi.org/10.1111/j.1744-1609.2011.00227.x>
- [9] Roth, J.V., Braitman, L.E. and Hunt, L.H. (2019) Induction Techniques That Reduce Redistribution Hypothermia: A Prospective, Randomized, Controlled, Single Blind Effectiveness Study. *BMC Anesthesiology*, **19**, Article No. 203. <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0866-8>
- [10] Aoki, Y., Aoshima, Y., Atsumi, K., et al. (2017) Perioperative Amino Acid Infusion for Preventing Hypothermia and Improving Clinical Outcomes during Surgery under General Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesthesia & Analgesia*, **125**, 793-802. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002278>
- [11] Alipour, M., Taghavi Gillani, M., Bameshki, A., et al. (2022) Evaluation of Amino Acid Infusion Preventive Effect on Hypothermia during Spinal Anesthesia for Hip Arthroplasty. *The Archives of Bone and Joint Surgery*, **10**, 627-632.
- [12] 王海燕, 黄月伟, 高特生. 艾司氯胺酮诱导预防烧伤患者术后寒战的研究[J]. 浙江医学, 2023, 45(3): 281-283, 292.
- [13] Schacham, Y.N., Cohen, B., Bajracharya, G.R., 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>
- [14] Egan, C., Bernstein, E., Reddy, 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>
- [15] De Witte, J.L., Demeyer, C. and Vandemaële, E. (2010) Resistive-Heating or Forced-Air Warming for the Prevention of Redistribution Hypothermia. *Anesthesia & Analgesia*, **110**, 829-833. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3181cb3ebf>
- [16] Walters, M.J., Tanios, M., Koyuncu, O., et al. (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>
- [17] 张震, 麻玉梅, 汪艺婷, 等. 消化道肿瘤手术患者基于两种不同定义的术中低体温发生率及危险因素分析[J]. 空军军医大学学报, 2023, 44(4): 329-333.
- [18] Zhou, P., Ge, S., Wang, Y., et al. (2014) Novamin Infusion: A New Method to Cure Postoperative Shivering with Hypothermia. *Journal of Surgical Research*, **188**, 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.11.1117>
- [19] Gupta, N., Bharti, S.J., Kumar, V., et al. (2019) Comparative Evaluation of Forced Air Warming and Infusion of Amino Acid-Enriched Solution on Intraoperative Hypothermia in Patients Undergoing Head and Neck Cancer Surgeries: A Prospective Randomised Study. *Saudi Journal of Anaesthesia*, **13**, 318-324. https://doi.org/10.4103/sja.SJA_839_18
- [20] 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)
- [21] 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.
- [22] Zeba, S., Surbatović, M., Marjanović, M., et al. (2016) Efficacy of External Warming in Attenuation of Hypothermia in Surgical Patients. *Vojnosanitetski Pregled*, **73**, 566-571. <https://doi.org/10.2298/VSP150330032Z>
- [23] Soysal, G.E., İlçe, A. and Erkol, M.H. (2018) Effect of “An Innovative Technology” Active Warming and Passive Warming on Unplanned Hypothermia during Perioperative Period: A Clinical Trial. *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*, **8**, 216-224. <https://doi.org/10.1089/ther.2017.0048>
- [24] Koenen, M., Passey, M. and Rolfe, M. (2017) “Keeping Them Warm”—A Randomized Controlled Trial of Two Passive Perioperative Warming Methods. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, **32**, 188-198. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2015.09.011>
- [25] Shaw, C.A., Steelman, V.M., Deberg, J., et al. (2017) Effectiveness of Active and Passive Warming for the Prevention of Inadvertent Hypothermia in Patients Receiving Neuraxial Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Clinical Anesthesia*, **38**, 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2017.01.005>
- [26] 骆佳佳, 方亮, 刘琴, 等. 主动加温装置对椎管内麻醉病人围术期低体温干预效果的 Meta 分析[J]. 护理研究, 2020, 34(7): 1157-1164.
- [27] Reed, M., Kimberger, O., MCGovern, P.D., et al. (2013) Forced-Air Warming Design: Evaluation of Intake Filtration, Internal Microbial Buildup, and Airborne-Contamination Emissions. *The AANA Journal*, **81**, 275-280.
- [28] Wood, A.M., Moss, C., Keenan, A., et al. (2014) Infection Control Hazards Associated with the Use of Forced-Air Warming in Operating Theatres. *Journal of Hospital Infection*, **88**, 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2014.07.010>
- [29] MCGovern, P.D., Albrecht, M., Belani, K.G., et al. (2011) Forced-Air Warming and Ultra-Clean Ventilation Do Not Mix: An Investigation of Theatre Ventilation, Patient Warming and Joint Replacement Infection in Orthopaedics. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **93**, 1537-1544. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.93B11.27124>

- [30] Shirozu, K., Kai, T., Setoguchi, H., *et al.* (2018) Effects of Forced Air Warming on Airflow around the Operating Table. *Anesthesiology*, **128**, 79-84. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001929>
- [31] 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>
- [32] 陆丽虹, 缪长虹, 张荃, 等. 老年胃肠道肿瘤患者术中输注氨基酸对术后肝肾功能的影响[J]. 中国癌症杂志, 2015(8): 614-618.
- [33] Sellén, E., Brundin, T. and Wahren, J. (1994) Augmented Thermic Effect of Amino Acids under General Anaesthesia: A Mechanism Useful for Prevention of Anaesthesia-Induced Hypothermia. *Clinical Science (London)*, **86**, 611-618. <https://doi.org/10.1042/cs0860611>
- [34] Sellén, E. and Lindahl, S.G. (1998) Amino Acid-Induced Thermogenesis to Prevent Hypothermia during Anesthesia Is Not Associated with Increased Stress Response. *Anesthesia & Analgesia*, **87**, 637-640. <https://doi.org/10.1213/00000539-199809000-00028>
- [35] Sellén, E. (2002) Peri-Operative Amino Acid Administration and the Metabolic Response to Surgery. *Proceedings of the Nutrition Society*, **61**, 337-343. <https://doi.org/10.1079/PNS2002175>
- [36] Zhou, B., Wang, G., Yang, S., *et al.* (2014) The Effects of Amino Acid Infusions on Core Body Temperature during the Perioperative Period: A Systematic Review. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, **29**, 491-500. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2014.04.003>
- [37] 许建伟, 徐文仙, 童炎岳. 术前输注氨基酸对老年前列腺患者术中体温的影响[J]. 护士进修杂志, 2016, 31(12): 1103-1105.
- [38] Pokharel, K., Subedi, A., Tripathi, M., *et al.* (2021) Effect of Amino Acid Infusion during Cesarean Delivery on New-born Temperature: A Randomized Controlled Trial. *BMC Pregnancy Childbirth*, **21**, Article No. 267. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-03734-4>
- [39] 宋玮, 魏铁钢. 麻醉中不同时段输注氨基酸对胃肠道肿瘤手术患者体温、血糖及糖脂代谢的影响[J]. 中国现代普通外科进展, 2019, 22(12): 945-948, 953.
- [40] 费敏, 诸杜明, 葛圣金, 等. 术中输注氨基酸对硬膜外阻滞复合全麻开胸手术患者围术期体温的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 2006, 26(12): 1061-1064.
- [41] 郑铭陟, 刘慧敏, 罗柳, 等. 术前输注氨基酸对腰硬联合麻醉下膝关节镜检查患者围术期体温的影响[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2021, 18(3): 164-167.
- [42] 钟桥生, 王蓓, 付树英, 等. 输注氨基酸治疗术后低体温寒战的随机双盲对照临床研究[J]. 复旦学报(医学版), 2015, 42(3): 313-318+326.
- [43] Ikeda, T., Ozaki, M., Sessler, D.I., *et al.* (1999) Intraoperative Phenylephrine Infusion Decreases the Magnitude of Redistribution Hypothermia. *Anesthesia & Analgesia*, **89**, 462-465. <https://doi.org/10.1213/00000539-199908000-00040>
- [44] Palanisamy, S., Rudingwa, P., Panneerselvam, S., *et al.* (2022) Effect of Low Dose Phenylephrine Infusion on Shivering and Hypothermia in Patients Undergoing Cesarean Section under Spinal Anesthesia: A Randomized Clinical Trial. *International Journal of Obstetric Anesthesia*, **50**, Article ID: 103542. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2022.103542>
- [45] Ro, Y., Huh, J., Min, S., *et al.* (2009) Phenylephrine Attenuates Intra-Operative Hypothermia during Spinal Anaesthesia. *Journal of International Medical Research*, **37**, 1701-1708. <https://doi.org/10.1177/147323000903700605>
- [46] Niesters, M., Martini, C. and Dahan, A. (2014) Ketamine for Chronic Pain: Risks and Benefits. *British Journal of Clinical Pharmacology*, **77**, 357-367. <https://doi.org/10.1111/bcp.12094>
- [47] Zhou, Y., Mannan, A., Han, Y., *et al.* (2019) Efficacy and Safety of Prophylactic Use of Ketamine for Prevention of Postanesthetic Shivering: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Anesthesiology*, **19**, Article No. 245. <https://doi.org/10.1186/s12871-019-0910-8>
- [48] Xue, X., Lv, Y., Zhao, Y., *et al.* (2018) Efficacy of Prophylactic Epidural Ketamine for Reducing Shivering in Patients Undergoing Caesarean Section with Combined Spinal-Epidural Anesthesia. *Biomedical Reports*, **8**, 485-490. <https://doi.org/10.3892/br.2018.1072>
- [49] Bornkamp, J.L., Robertson, S., Isaza, N.M., *et al.* (2016) Effects of Anesthetic Induction with a Benzodiazepine plus Ketamine Hydrochloride or Propofol on Hypothermia in Dogs Undergoing Ovariohysterectomy. *American Journal of Veterinary Research*, **77**, 351-357. <https://doi.org/10.2460/ajvr.77.4.351>
- [50] 万幸, 杨青青, 樊迪, 等. 亚麻醉剂量艾司氯胺酮复合丙泊酚应用于无痛胃肠镜检查的效果[J]. 临床麻醉学杂志, 2022, 38(2): 144-148.
- [51] Piper, S.N., Beschmann, R.B., Mengistu, A., *et al.* (2008) Postoperative Analgesedation with S(+)-Ketamine Decreases the Incidences of Postanesthetic Shivering and Nausea and Vomiting after Cardiac Surgery. *Medical Science Monitor*,

14, Pi59-Pi65.

- [52] 许德芳. 低剂量艾司氯胺酮预防剖宫产患者麻醉后寒颤的研究[J]. 中国处方药, 2022, 20(9): 9-12.
- [53] Trimmel, H., Helbok, R., Staudinger, T., *et al.* (2018) Correction to: S(+)-Ketamine: Current Trends in Emergency and Intensive Caremedicine. *Wiener klinische Wochenschrift*, **130**, 557.