

心脏外科术后胸痛的多模式镇痛策略

岳 森¹, 侯子健², 王 智³, 王诗秋^{4*}

¹内蒙古自治区人民医院麻醉科, 内蒙古 呼和浩特

²包头医学院第一附属医院麻醉科, 内蒙古 包头

³鄂尔多斯市东胜区人民医院麻醉科, 内蒙古 鄂尔多斯

⁴内蒙古自治区人民医院神经外科, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2026年7月18日; 录用日期: 2026年8月11日; 发布日期: 2026年8月20日

摘 要

心脏外科术后剧烈胸痛易引发严重并发症并向慢性胸骨切开后疼痛综合征(PSPS)转化。传统阿片类药物与胸段硬膜外镇痛因引发呼吸抑制、术后恶心呕吐及抗凝安全等问题, 已难以满足现代加速康复外科的需求。本文系统综述了心脏外科术后多模式镇痛(MMA)的前沿进展, 重点探讨以“少阿片化”为核心的两大支柱: 静脉靶向辅助策略的应用, 以及超声引导下肌筋膜平面阻滞技术的演变。尽管目前面临阻滞技术标准化缺失及单次阻滞反弹痛等挑战, 多模式镇痛已显著改善急性期疼痛管理。未来, 依托长效局麻药递送系统以及基于人工智能与药物基因组学的精准预警与干预, 将成为优化围术期胸痛控制、改善远期预后的核心方向。

关键词

心脏外科, 术后胸痛, 多模式镇痛, 肌筋膜平面阻滞, 加速康复外科

Multimodal Analgesia Strategies for Postoperative Chest Pain Following Cardiac Surgery

Sen Yue¹, Zijian Hou², Zhi Wang³, Shiqiu Wang^{4*}

¹Department of Anesthesiology, Inner Mongolia People's Hospital, Hohhot Inner Mongolia

²Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Baotou Inner Mongolia

³Department of Anesthesiology, Dongsheng District People's Hospital of Ordos City, Ordos Inner Mongolia

⁴Department of Neurosurgery, Inner Mongolia People's Hospital, Hohhot Inner Mongolia

Received: July 18, 2026; accepted: August 11, 2026; published: August 20, 2026

*通讯作者。

文章引用: 岳森, 侯子健, 王智, 王诗秋. 心脏外科术后胸痛的多模式镇痛策略[J]. 临床医学进展, 2026, 16(8): 1751-1759. DOI: 10.12677/acm.2026.1682958

Abstract

Severe postoperative chest pain after cardiac surgery tends to trigger serious complications and progress to chronic post-sternotomy pain syndrome (PSPS). Conventional opioid agents and thoracic epidural analgesia (TEA) can no longer meet the requirements of modern Enhanced Recovery after Surgery (ERAS), due to adverse events including respiratory depression, postoperative nausea and vomiting (PONV), and safety concerns related to perioperative anticoagulation. This article systematically reviews the cutting-edge advances in multimodal analgesia (MMA) for cardiac surgery, focusing on two core pillars centered on the opioid-sparing principle: the clinical application of intravenous targeted adjuvant analgesic strategies, and the evolution of ultrasound-guided myofascial plane block techniques. Despite ongoing challenges such as the lack of standardized block protocols and rebound pain after single-injection blocks, multimodal analgesia has significantly improved acute-phase pain management. Looking forward, long-acting local anesthetic delivery systems, as well as precise risk early warning and personalized intervention based on artificial intelligence and pharmacogenomics, will become the core directions for optimizing perioperative chest pain control and improving long-term prognosis.

Keywords

Cardiac Surgery, Postoperative Chest Pain, Multimodal Analgesia, Myofascial Plane Block, Enhanced Recovery after Surgery (ERAS)

Copyright © 2026 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：心脏术后胸痛的临床挑战与演变

心脏外科手术(无论是传统的正中开胸还是微创入路)不可避免地会造成深层骨骼肌损伤、骨膜牵拉以及肋间神经的机械性压迫[1]。这种广泛的组织创伤使得心脏外科术后胸痛呈现出极度剧烈且多维度的特征——不仅包含切口区域的躯体痛、胸腔内脏痛，还交织着因胸腔引流管摩擦而诱发的剧烈动态疼痛[2]。据统计，高达 50%至 80%的患者在心脏术后早期会经历中至重度的急性胸痛[1]。

术后胸痛若得不到妥善控制，将引发一系列严重的级联反应。在急性期，剧烈的动态胸痛会限制患者深呼吸和主动咳嗽，导致肺不张、低氧血症及肺部感染等呼吸系统并发症[3]；同时，疼痛引发的交感神经极度兴奋会显著增加心肌耗氧量，引发血流动力学剧烈波动[4]。在远期预后方面，早期强烈的伤害性刺激是诱发脊髓背角神经元重塑和中枢敏化的核心推手[5]，最终导致高达 10%至 40%的患者发展为难治性的心脏术后慢性疼痛综合征即胸骨切开后疼痛综合征(PSPS) [6]。

传统的心脏外科镇痛高度依赖大剂量阿片类药物。然而，阿片类药物不仅容易引发呼吸抑制、术后恶心呕吐(PONV)及胃肠功能障碍[7]，还会显著延长机械通气时间[8]，这与现代心脏外科倡导的“超快通道(Ultra-Fast-Track, UFT)”和“加速康复外科(ERAS)”理念背道而驰。另一方面，曾被视为区域镇痛“金标准”的胸段硬膜外镇痛(TEA)，因体外循环全身肝素化带来的灾难性硬膜外血肿风险，其临床应用受到了极大限制。

面对“阿片类药物副作用”与“中轴抗凝禁忌”的双重困境，多模式镇痛(Multimodal Analgesia, MMA)已成为现代心脏外科术后胸痛管理的必然趋势。该策略的核心在于“阿片节俭(Opioid-sparing)”，

通过联合使用不同作用机制的镇痛技术,在阻断多重伤害性传导通路的同时,最大程度降低单一药物的剂量与副作用。当前,心脏外科的多模式镇痛体系主要由两大支柱构成:一是基于全身性非阿片类药物及佐剂(如 NMDA 受体拮抗剂、右美托咪定、抗炎药物等)的药理学优化;二是基于超声引导下各类新型外周筋膜平面阻滞技术的区域麻醉演进。

本文旨在系统梳理近年来心脏外科术后胸痛管理的前沿进展,从静脉多模式靶向药物的应用,到区域阻滞技术从浅表向深层、从单平面向解剖互补多平面的技术变迁进行综合探讨,以期为临床医师优化围术期胸痛管理、加速患者术后康复并改善远期生活质量提供循证依据与新思路。

2. 全身多模式镇痛的基础:以“少阿片化”为核心的静脉辅助策略

2.1. 氯胺酮

Nesher 等证实[9],在微创或正中开胸患者的静脉自控镇痛(IV-PCA)中混合低剂量氯胺酮与吗啡,能显著降低 50%的早期吗啡消耗量。传统观念担忧其交感神经兴奋作用,但亚麻醉剂量不仅未引起血流动力学波动,反而由于胸痛的有效缓解,显著改善了患者的呼吸频率和血氧饱和度——这对于因害怕胸痛而不敢深呼吸和咳嗽的患者至关重要。此外,Hall 等人发现[10],即使在拔管后仅给予单次低剂量静脉氯胺酮(0.3 mg/kg),也能显著减少患者的胸痛且能减少出院时的口服阿片类药物需求,且不增加谵妄或呼吸抑制风险。

2.2. 镁剂

同样作为非竞争性 NMDA 受体拮抗剂,镁剂能阻断神经兴奋性传导[11]。Steinlechner 等证实[12],持续静脉输注葡萄糖酸镁可显著降低术后瑞芬太尼的累积需求量,并在不延长术后气管拔管时间的情况下有效改善胸痛程度,并降低了患者的 VAS 评分,为优化围术期胸痛管理提供了安全选择。

2.3. 右美托咪定

在心脏外科术后胸痛的多模式管理中,右美托咪定展现出独特的“镇痛与认知心理保护”双重优势。Hao 等最新随机对照试验表明[13],术中持续静脉输注右美托咪定,不仅能维持良好的血流动力学稳定,还可显著减轻患者术后早期(7 天内)的静息胸痛评分和咳嗽、翻身时的运动期胸痛评分。更为重要的是,该药物在有效缓解胸部躯体疼痛的同时,显著降低了由开胸创伤引发的早期谵妄、焦虑、抑郁及睡眠障碍发生率。这种兼顾局部胸痛控制与中枢情绪调节的协同效应,使其成为优化术后胸痛策略的核心辅助药物。

2.4. 糖皮质激素

心脏外科手术(尤其是正中开胸和体外循环)会引发剧烈的全身炎症反应,这是导致术后早期胸痛和组织水肿的核心推手[14]。因此,精准把握抗炎药物的给药时机对控制心脏术后胸痛至关重要。Said K 等人[15]针对心脏外科择期手术的队列研究表明,在麻醉诱导后且切皮前单次静脉给予地塞米松(0.1~0.2 mg/kg),可通过提前抑制心脏手术引发的强烈促炎细胞因子释放,显著降低患者术后早期的急性胸痛评分。在心脏术后的标准镇痛方案中,该策略不仅使术后前 3 天的吗啡消耗量大幅降低约 34%,更展现出阻断中枢痛觉敏化的长效潜力,使心脏术后 3 个月慢性开胸痛(胸骨切开后疼痛)的发生率呈现出相对下降超过 50%的临床获益趋势。

2.5. 利多卡因

作为一种兼具抗伤害感受与抗炎特性的药物,静脉输注利多卡因理论上能够靶向干预由手术创伤和

体外循环引发的全身性炎性疼痛,其代谢产物(N-乙基甘氨酸)也能有效减轻急性炎症引发的痛觉超敏[16]。Klinger 等人[17]针对体外循环心脏手术的最新随机对照试验显示,在麻醉诱导后及术后持续 48 小时静脉输注利多卡因,能安全有效地降低患者术后早期(24 小时)的胸部视觉模拟疼痛评分(VAS),并显著减少了术后前 48 小时内对乙酰氨基酚的额外镇痛需求。这表明,在复杂的心脏外科创伤背景下,全身应用利多卡因可作为缓解早期急性胸痛的有效多模式辅助策略。

2.6. 对乙酰氨基酚

作为基础镇痛药,其在心外手术中的静脉应用被 Jelacic 等人[18]重新证实了价值。在麻醉诱导及术后早期规律静脉给药,可使术后 24 小时的阿片类药物消耗量显著降低 27% (在 50 岁及以上患者中尤为显著),从而为胸痛管理提供了更安全的基础覆盖,提升了患者的整体镇痛满意度。

3. 区域麻醉的核心重构: 从传统轴索阻滞到超声引导下肌筋膜平面阻滞

3.1. 神经轴阻滞

在心脏外科术后多模式镇痛的发展历程中,胸段硬膜外镇痛(TEA)曾凭借其卓越的早期胸痛控制能力被奉为“金标准”。高位硬膜外阻滞能够强效抑制交感神经兴奋,显著改善术后早期的肺功能与心肌氧供。然而,体外循环(CPB)全身肝素化带来的硬膜外血肿风险,始终是术后恢复期极具灾难性的潜在威胁。更为关键的是,随着临床对术后远期生活质量的关注,TEA 在远期预后上的局限性逐渐显现。Jensen 等人的长周期随访研究证实[19],尽管 TEA 在心脏瓣膜置换术后早期的急性镇痛效果极佳,但并未能显著降低术后 18 个月慢性胸骨切开痛(PSPS)的发生率。这深刻提示:单纯的高位椎管内阻滞虽能有效切断术后早期的急性伤害性传入,但不足以完全阻断导致术后慢性疼痛敏化的复杂病理机制。基于严苛的抗凝安全考量与有限的远期镇痛收益,现代心脏外科术后的镇痛重心正不可逆转地向外周筋膜平面阻滞转移。

3.2. 前胸壁与胸骨旁区域阻滞

正中胸骨切开是心脏外科最经典的入路,其造成的骨膜损伤、肌肉牵拉及术后胸骨机械摩擦,是术后严重伤害性疼痛的主要来源。针对该区域的靶向镇痛,经历了从浅表盲探到精准深层筋膜阻滞的纵深演进。

3.2.1. 胸骨旁局部浸润

传统的胸骨旁局部浸润阻滞(Parasternal block)操作简便,且完全不受术后常规抗凝治疗的限制。Doğan 等人的随机对照研究证实[20],在胸骨闭合前行左布比卡因联合芬太尼的切口周围浸润,可显著降低患者术后 24 小时内的急性胸痛评分与阿片类药物消耗。然而,术后 6 个月的随访显示,该技术未能降低远期神经病理性或伤害感受性慢性痛的发生率。这表明,仅靠末梢神经的盲探浸润只能钝化早期的急性创伤输入,无法形成持久的屏障来对抗术后中枢敏化。

3.2.2. 浅表筋膜靶向阻滞

为实现更精准的神经覆盖,超声引导下的胸肌-肋间筋膜阻滞(PIFB,或称浅表胸骨旁肋间平面阻滞 PIP)将药物特异性沉积于胸大肌与肋间外肌之间,精准阻断支配胸骨区域的 T2~T6 肋间神经前皮支。在术后急性期管理中,针对单次阻滞时效较短的局限,Zhao 等人的最新研究证实[21],通过留置导管进行连续 PIFB 泵注,能显著压制患者术后长达 72 小时内的静息痛与咳嗽动态痛。高质量的术后无痛状态有效减少了呼吸系统并发症,将术后总体并发症发生率从传统静脉镇痛的 81.58%断崖式降至 42.11%及以下。更具突破性的是,该技术在术后远期难治性胸痛(PSPS)的治疗中同样展现出深远价值。Das 等人探讨了 PIFB 在术后慢性痛干预中的应用[22]:对于常规保守治疗无效的神经病理性胸骨痛患者,实施双侧

PIFB 不仅可使疼痛评分(NRS)从 8/10 骤降至 1/10,更能实现长达 3 个月以上的持久缓解(缓解率达 80%)。这充分证明,前胸壁筋膜阻滞不仅是术后急性镇痛的安全优选,更是逆转术后慢性疼痛敏化、改善远期生活质量的核心手段。

3.2.3. 深层前胸壁靶向与佐剂优化

随着解剖认知的深化,阻滞平面进一步向深部拓展。Ngamsri 等人[23]在非体外循环冠脉搭桥(OPCAB)中证实,深层胸骨旁肋间平面阻滞(Deep PIPB)将局麻药精准递送至胸横肌与肋间内肌之间,不仅降低了术后 48 小时内的吗啡当量及紧急补救镇痛需求,更凭借高质量的早期胸痛控制,显著缩短了术后机械通气与拔管时间。此外,为进一步延长术后靶向镇痛时效,Huang 等人在多模式镇痛框架下引入了佐剂优化策略[24]:将右美托咪定联合局麻药行双侧胸横肌平面(TTP)阻滞。该策略成功将前胸壁的有效镇痛时间延长至术后 24 小时,在长效缓解术后拔管期躯体胸痛的同时,有效抑制了因创伤引发的术后全身高应激反应,实现了局部镇痛与中枢镇静的双重获益。

3.3. 后路及侧胸壁多平面联合阻滞

随着微创心脏外科(如小切口、侧胸壁入路)的普及,术后疼痛来源变得更为立体:不仅包含切口躯体痛,还交织着深层内脏痛以及胸腔引流管引发的剧烈动态摩擦痛。面对这种多重伤害性感受,单一阻滞技术难以胜任,“多靶点联合”与“后路深层阻滞”成为优化术后管理的必然选择。

3.3.1. 后路阻滞的药代动力学优势

在探索微创及复杂多靶点镇痛时,Aydin 等人前瞻性对比了后路双侧竖脊肌平面阻滞(ESPB)与前路深层胸骨旁肋间平面(Deep PIPB)阻滞联合前锯肌平面阻滞(SAPB)的术后效能[25]。研究揭示了一个关键的药理学机制:尽管前路联合阻滞在解剖上更贴近切口,但 ESPB 组在术后 24 小时内的阿片类药物消耗量却显著降低。其深度机制在于:相比血流丰富、局麻药易被快速吸收代谢的前胸壁,ESPB 的深部注射平面能够形成持久的药物“储库(Depot)”。局麻药通过椎旁间隙的缓慢释放与广泛头尾侧扩散,实现了对脊神经前后支更持久的术后长效阻断。

3.3.2. 微创术后动态胸痛的多平面联合镇痛策略

针对微创手术后复杂的动态胸痛,Xin 等人提出了一种高度创新的“后 + 侧”解剖互补策略[26]:采用竖脊肌平面(ESP)阻滞抑制深层躯体痛与内脏痛,同时联合浅表前锯肌平面(SAP)阻滞精准靶向肋间神经外侧皮支。这种联合策略完美消除了前外侧胸壁及引流管区域的镇痛盲区,极大缓解了患者术后 12 小时内因呼吸和咳嗽引发的动态疼痛。同理,针对右腋下微创瓣膜手术,Jiang 等人设计了胸肌神经阻滞(PECS I/II)联合深部前锯肌平面(DSAP)的三点式多平面阻滞[27]。在此解剖全覆盖网络中,辅以 1 μ g/kg 右美托咪定作为长效佐剂。该优化方案大幅减少了术后中重度胸痛的发生频率,通过卓越的术后镇痛效能成功缩短了 ICU 停留时间及总体住院周期,为心脏外科超快通道(UFT, Ultra-Fast-Track)理念的术后落地提供了极具临床价值的区域麻醉新范式。

4. 当前多模式镇痛策略面临的挑战与局限性

尽管以“少”为核心的静脉辅助策略与超声引导下肌筋膜平面阻滞在心脏外科展现出巨大潜力,但目前该领域的临床实践与临床研究仍面临多重挑战。

4.1. 区域阻滞技术的标准化缺失与高质量“头对头”研究匮乏

近年来,针对心脏外科的前胸壁及后路阻滞技术层出不穷,但这同时也导致了临床路径的“碎片化”。

目前,针对不同手术入路(正中开胸、微创小切口、右胸前外侧切口等),尚缺乏国际公认的最优解剖阻滞路径指南。此外,在局麻药物的给药浓度、容量分布、给药时机(麻醉诱导前、术毕前或拔管后)以及佐剂的最佳配伍上,各医疗中心的方案存在高度异质性[28]。

4.2. 单次阻滞的“反弹痛(Rebound Pain)”与连续导管管理的掣肘

超声引导下的筋膜平面阻滞主要依赖局麻药在相对无血管的筋膜间隙内扩散。然而,单次阻滞的时效通常受限于局麻药的半衰期(通常为 12 至 24 小时)。随着心脏外科“超快通道(UFT)”理念的推行,患者往往在术后早期即面临拔管、深呼吸和咳嗽等强烈动态刺激;单次阻滞作用消退后极易引发剧烈的“反弹痛”,导致原本平稳的血流动力学和呼吸功能出现二次波动[29]。为延长镇痛时间,留置导管进行连续泵注(如连续 PIFB 技术)虽然能显著压制术后长达 72 小时的疼痛,但在心脏外科的复杂环境中面临诸多现实掣肘。由于体外循环后的抗凝需求、切口周围的无菌要求,以及频繁翻身导致的导管移位或渗漏风险,连续导管技术的广泛普及受到极大限制,且对术后护理团队提出了极高要求[21]。

4.3. 阻断慢性中枢敏化的远期证据链尚未完全闭环

心脏术后胸痛管理的一个核心目标是预防胸骨切开后疼痛综合征(PSPS)。虽然目前的静脉辅助药物(如地塞米松、氯胺酮等)及多平面阻滞在抑制术后前 3 天的急性疼痛方面效果显著,但急性伤害性刺激的“钝化”是否能够等同于彻底阻断中枢敏化,仍需打上问号。

5. 未来发展方向与展望

面对当前心脏外科围术期镇痛的诸多挑战,未来的多模式镇痛策略不仅需要在技术操作层面精益求精,更应在药理学创新、精准医疗以及多学科协作等更广阔的维度上寻求突破。

5.1. 新型长效局麻药与药物递送系统的转化应用

针对单次筋膜平面阻滞易引发的“反弹痛”难题,以及连续导管技术在心脏外科中的临床掣肘,探索新型长效局麻药将是未来区域阻滞发展的关键突破口。以脂质体布比卡因(Liposomal Bupivacaine)为代表的缓释递送系统,通过脂质体双分子层的缓慢降解,能够将单次注射的有效镇痛时间延长至 72 小时甚至更久[30]。未来,随着更多长效缓释制剂或可降解聚合物微球技术在心脏外科区域阻滞中的转化应用,有望在避免导管相关并发症的前提下,实现平稳、长效的术后无痛过渡,真正契合超快通道(UFT)的管理需求。

5.2. 基于药物基因组学与人工智能的精准镇痛干预

患者对疼痛的感知及对镇痛药物的代谢存在显著的个体差异。未来,药物基因组学有望被常规引入围术期管理,通过检测与阿片类药物代谢(如 CYP2D6、CYP3A4)及受体敏感性(如 OPRM1)相关的基因多态性,指导临床实施个体化靶向给药[31]。此外,借助人工智能与机器学习算法[31][32],整合患者的术前心理状态、基础疾病、手术创伤级别等多维数据,构建预测术后急性重度疼痛及远期疼痛重塑发生率的数学模型,将帮助临床医师实现从“被动响应式镇痛”向“主动预防性干预”的范式跨越。

5.3. 多学科协作与全周期人文镇痛管理

心脏外科围术期镇痛的长远发展不能仅局限于药物与技术创新,更需向多学科协同、身心并重的系统性管理模式延伸。未来可构建由心血管麻醉、心脏外科、护理、药学、心理及康复专业组成的标准化多学科镇痛团队,依托心脏加速康复路径统一镇痛诊疗规范,在优化镇痛效果的同时减少阿片类药物相

关不良反应,降低慢性术后胸痛的发生风险[33] [34]。同时,将术前结构化疼痛教育纳入常规诊疗流程,纠正患者认知误区、提升镇痛依从性与自我管理能力,可进一步提升多模式镇痛的实际效能[35] [36]。此外,针对术前焦虑、疼痛灾难化等心理危险因素,整合认知行为干预等非药物手段调节中枢痛觉敏化,将从心理维度补齐现有镇痛方案的短板,推动镇痛管理从单纯症状控制向全人康复转变[37] [38]。

参考文献

- [1] Bui, R., Macnojia, A., Li, T., Hasoon, J., Khalifa, A. and Nguyen, A. (2026) A Review of Chronic Post-Sternotomy Pain Syndrome. *Current Pain and Headache Reports*, **30**, Article No. 41. <https://doi.org/10.1007/s11916-026-01483-7>
- [2] Maloney, J., Wie, C., Pew, S., Covington, S., Maita, M., Kozinn, R., *et al.* (2022) Post-Thoracotomy Pain Syndrome. *Current Pain and Headache Reports*, **26**, 677-681. <https://doi.org/10.1007/s11916-022-01069-z>
- [3] Maeßen, T., Korir, N., Van de Velde, M., Kennes, J., Pogatzki-Zahn, E. and Joshi, G.P. (2023) Pain Management after Cardiac Surgery via Median Sternotomy. *European Journal of Anaesthesiology*, **40**, 758-768. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000001881>
- [4] Tchétiké, P., Damessane, L., Assenouwe, S., *et al.* (2023) Anesthetic Management and Morbidity in Thoracic Surgery: Results of the First Series in Togo. *La Tunisie Médicale*, **101**, 491-496.
- [5] Kourosh-Arabi, M. and Komaki, A. (2023) Reciprocal Interaction of Pain and Brain: Plasticity-Induced Pain, Pain-Induced Plasticity, and Therapeutic Targets. *CNS & Neurological Disorders—Drug Targets*, **22**, 1484-1492. <https://doi.org/10.2174/1871527322666221102141002>
- [6] Meyerson, J., Thelin, S., Gordh, T. and Karlsten, R. (2001) The Incidence of Chronic Post-Sternotomy Pain after Cardiac Surgery—A Prospective Study. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **45**, 940-944. <https://doi.org/10.1034/j.1399-6576.2001.450804.x>
- [7] Parra, M.F., Brown, M.L., Staffa, S.J., Nathan, M. and Roy, N. (2023) Post-Operative Vomiting and Enhanced Recovery after Congenital Cardiac Surgery. *Cardiology in the Young*, **33**, 260-265. <https://doi.org/10.1017/s1047951122000592>
- [8] Ong, J.P., Devlin, J.W., Culliford, D., Cusack, R., Grocott, M., Ibrahim, K., *et al.* (2026) Association between Opioid Infusion Use and Duration of Mechanical Ventilation and Related Outcomes in Critically Ill Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of Intensive Care*, **16**, Article 100089. <https://doi.org/10.1016/j.aicj.2026.100089>
- [9] Nesher, N., Serovian, I., Marouani, N., Chazan, S. and Weinbroum, A. (2008) Ketamine Spares Morphine Consumption after Transthoracic Lung and Heart Surgery without Adverse Hemodynamic Effects. *Pharmacological Research*, **58**, 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2008.06.003>
- [10] Hall, J., Chung, J., Khilkin, M. and Elkomos-Botros, G. (2025) Ketamine as Part of Multi-Modal Analgesia May Reduce Opioid Requirements Following Cardiac Surgery: A Retrospective Observational Cohort Study. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, **20**, Article No. 178. <https://doi.org/10.1186/s13019-025-03405-x>
- [11] Steigerwald, R., Epstein, M., Chou, T., Simorowski, N. and Furukawa, H. (2026) Molecular Mechanism of Calcium Permeability and Magnesium Block in NMDA Receptors. *Nature Neuroscience*, **29**, 1293-1302. <https://doi.org/10.1038/s41593-026-02283-3>
- [12] Steinlechner, B., Dworschak, M., Birkenberg, B., Grubhofer, G., Weigl, M., Schiferer, A., *et al.* (2006) Magnesium Moderately Decreases Remifentanyl Dosage Required for Pain Management after Cardiac Surgery. *British Journal of Anaesthesia*, **96**, 444-449. <https://doi.org/10.1093/bja/acl037>
- [13] Hao, X., Zhang, Z., Cai, C., Yang, L., Cao, F., Chen, G., *et al.* (2026) Effect of Intraoperative Dexmedetomidine on Postoperative Mental Health in Cardiac Surgery: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Surgery*, **112**, 3709-3719. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000003906>
- [14] Madjarov, J.M., Katz, M.G., Hadas, Y., Kim, S.J., Freage-Kahn, L., Madzharov, S., *et al.* (2023) Chronic Thoracic Pain after Cardiac Surgery: Role of Inflammation and Biomechanical Sternal Stability. *Frontiers in Pain Research*, **4**, Article 1180969. <https://doi.org/10.3389/fpain.2023.1180969>
- [15] Said, K., Seddiki, R. and Serghini, I. (2025) Role of Dexamethasone in Reducing Postoperative Pain Following Cardiac Surgery: A Single-Center Retrospective Cohort Study. *Cureus*, **17**, e88707. <https://doi.org/10.7759/cureus.88707>
- [16] Werdehausen, R., Mitnacht, S., Bee, L.A., Minett, M.S., Armbruster, A., Bauer, I., *et al.* (2015) The Lidocaine Metabolite N-Ethylglycine Has Antinociceptive Effects in Experimental Inflammatory and Neuropathic Pain. *Pain*, **156**, 1647-1659. <https://doi.org/10.1097/j.pain.000000000000206>
- [17] Klinger, R., Strickland, A., Wright, M., *et al.* (2025) Intravenous Lidocaine Decreases Pain Scores 24 Hours Post Cardiac Surgery: Substudy of a Randomized Controlled Trial. *Pain Physician*, **28**, 511-518.
- [18] Jelacic, S., Bollag, L., Bowdle, A., Rivat, C., Cain, K.C. and Richebe, P. (2016) Intravenous Acetaminophen as an

- Adjunct Analgesic in Cardiac Surgery Reduces Opioid Consumption but Not Opioid-Related Adverse Effects: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **30**, 997-1004. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2016.02.010>
- [19] Jensen, M.K. and Andersen, C. (2004) Can Chronic Poststernotomy Pain after Cardiac Valve Replacement Be Reduced Using Thoracic Epidural Analgesia? *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **48**, 871-874. <https://doi.org/10.1111/j.0001-5172.2004.00437.x>
- [20] Doğan Baki, E., Kavrut Ozturk, N., Ayoğlu, R.U., Emmiler, M., Karslı, B. and Uzel, H. (2016) Effects of Parasternal Block on Acute and Chronic Pain in Patients Undergoing Coronary Artery Surgery. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **20**, 205-212. <https://doi.org/10.1177/1089253215576756>
- [21] Zhao, Y., He, D., Zhou, W., Chen, C., Liu, Z., Xia, P., *et al.* (2025) Effects of Continuous Pecto-Intercostal Fascial Block for Management of Post-Sternotomy Pain in Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Surgery*, **111**, 2037-2045. <https://doi.org/10.1097/js9.0000000000002200>
- [22] Das, R.S., Imtiaz, M.N., Rahman, K.M.A. and Saha, S.K. (2026) Pectoral-Intercostal Fascial Plane Block for the Management of Resistant Chronic Post-Sternotomy Pain Syndrome. *Cureus*, **18**, e107423. <https://doi.org/10.7759/cureus.107423>
- [23] Ngamsri, K.C., Tilly, R., Hermann, S., *et al.* (2025) Ultrasound-Guided Deep Parasternal Intercostal Plane Block in Off-Pump Cardiac Arterial Bypass Surgery: A Retrospective Cohort Single Center Study. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 4756. <https://doi.org/10.3390/jcm14134756>
- [24] Huang, L., Chen, Y., Xu, X., Zeng, F., Li, C. and Fu, H. (2025) Effect of Combined Dexmedetomidine with Ropivacaine in Transversus Thoracis Plane Block on Surgical Stress Response during Cardiopulmonary Bypass Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **12**, Article 1638373. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2025.1638373>
- [25] Aydin, M.E., Karapinar, Y.E., Medetoglu Koksak, E.N., Yilmaz, M.A., Yayik, A.M., Celik, E.C., *et al.* (2026) Combination of Serratus Anterior and Deep Parasternal Intercostal Plane Blocks versus Erector Spinae Plane Block for Acute Pain Management after Cardiac Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **40**, 256-265. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2025.08.004>
- [26] Xin, L., Wang, L. and Feng, Y. (2025) Acute Pain Management with Ultrasound-Guided Erector Spinae Plane Block and Serratus Anterior Plane Block in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass via Mini-Thoracotomy: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **39**, 1514-1521. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2025.02.045>
- [27] Jiang, S.J., Jiang, T., Wei, H.W., *et al.* (2025) Dexmedetomidine-Enhanced Chest Wall Fascial Plane Blocks in Ultra-Fast-Track Minimally Invasive Heart Valve Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Perioperative Medicine*, **14**, Article No. 62. <https://doi.org/10.1186/s13741-025-00547-3>
- [28] Salgado-Filho, M.F., Costa, L.G.V.D., Lineburger, E.B. and Tonelotto, B.F.D.F. (2025) Thoracic Wall Blocks in Cardiac and Thoracic Procedures: Expanding Frontiers for Perioperative Regional Analgesia. *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, **75**, Article 844670. <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2025.844670>
- [29] Hong, B., Oh, C., Jo, Y., Lee, S., Park, S. and Kim, Y. (2022) Current Evidence of Ultrasound Guided Fascial Plane Blocks for Cardiac Surgery: A Narrative Literature Review. *Korean Journal of Anesthesiology*, **75**, 460-472. <https://doi.org/10.4097/kja.22564>
- [30] Qiu, R.E., Lan, Y.P., Liu, S., *et al.* (2025) Comparison of Liposomal Bupivacaine versus Bupivacaine in Superficial Parasternal Intercostal Plane Block for Cardiac Surgery with Median Sternotomy. *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **31**, oa.25-00008. <https://doi.org/10.5761/atcs.oa.25-00008>
- [31] Ferreira do Couto, M.L., Fonseca, S. and Pozza, D.H. (2024) Pharmacogenetic Approaches in Personalized Medicine for Postoperative Pain Management. *Biomedicine*, **12**, Article 729. <https://doi.org/10.3390/biomedicine12040729>
- [32] Sajdeya, R. and Narouze, S. (2024) Harnessing Artificial Intelligence for Predicting and Managing Postoperative Pain: A Narrative Literature Review. *Current Opinion in Anaesthesiology*, **37**, 604-615. <https://doi.org/10.1097/aco.0000000000001408>
- [33] Krakowski, J.C., Hallman, M.J., Smeltz, A.M., *et al.* (2021) Persistent Pain after Cardiac Surgery: Prevention and Management. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, **25**, 289-300.
- [34] Othenin-Girard, A., Ltaief, Z., Verdugo-Marchese, M., *et al.* (2025) Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Protocols in Cardiac Surgery: Impact on Opioid Consumption. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article 1768.
- [35] Darville-Beneby, R., Lomanowska, A.M., Yu, H.C., *et al.* (2023) The Impact of Preoperative Patient Education on Postoperative Pain, Opioid Use, and Psychological Outcomes: A Narrative Review. *Canadian Journal of Pain*, **7**, Article 2266751.
- [36] Ongun, P., Oztekin, S.D., Bugra, B.O., *et al.* (2024) Effect of a Preoperative Evidence-Based Care Education on

-
- Postoperative Recovery of Cardiac Surgery Patients: A Quasi-Experimental Study. *Nursing in Critical Care*, **29**, 1151-1161.
- [37] Doering, L.V., McGuire, A., Eastwood, J.A., *et al.* (2016) Cognitive Behavioral Therapy for Depression Improves Pain and Perceived Control in Cardiac Surgery Patients. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, **15**, 417-424.
- [38] Zhang, Y., Li, D., Bi, X., Fang, X., Jing, Y., Zhang, B., *et al.* (2025) Impact of Anxiety and Sleep Disturbances on Postoperative Outcomes in Male Cardiothoracic Surgery Patients: A Multicenter Randomized Controlled Trial Evaluating a Psychological Intervention during the ICU Phase. *Frontiers in Psychology*, **16**, Article 1649765. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1649765>