

青少年特发性脊柱侧凸手术麻醉方法的现代进展与临床选择

夏衣旦木·买买提^{1*}, 穆拉提·艾散²

¹新疆医科大学第六附属医院麻醉科, 新疆 乌鲁木齐

²新疆军区总医院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年12月22日; 录用日期: 2025年1月15日; 发布日期: 2025年1月24日

摘要

青少年特发性脊柱侧凸(Adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS)是一种常见的脊柱发育性疾病, 主要影响青春期的青少年, 导致脊柱在三维空间的异常弯曲和旋转。随着医疗技术的进步, 脊柱侧凸矫正手术已成为治疗重度侧凸的主要方法。然而, 这类手术的复杂性对麻醉管理提出了高要求。本文综述了AIS手术麻醉的最新进展, 包括麻醉方法的选择、神经电生理监测的应用、多模式镇痛策略以及超声引导下神经阻滞技术。个体化的麻醉风险评估和精准的麻醉方案制定能够有效降低术中并发症的发生率, 确保患者的安全与舒适。此外, 人工智能和新型监测技术的引入为麻醉管理提供了新的可能性, 进一步提升了麻醉的安全性和有效性。尽管如此, AIS手术麻醉仍面临挑战, 未来的研究应继续关注这些领域, 以推动麻醉学科的发展, 改善患者的术后恢复质量。

关键词

青少年特发性脊柱侧凸, 麻醉管理, 多模式镇痛, 全身麻醉, 神经阻滞

Modern Advances and Clinical Options for Anesthesia Methods for Adolescent Idiopathic Scoliosis Surgery

Shayi Danmu Mamat^{1*}, Murati Aisan²

¹Department of Anesthesiology, The Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²General Hospital of Xinjiang Military Region, Urumqi Xinjiang

Received: Dec. 22nd, 2024; accepted: Jan. 15th, 2025; published: Jan. 24th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 夏衣旦木·买买提, 穆拉提·艾散. 青少年特发性脊柱侧凸手术麻醉方法的现代进展与临床选择[J]. 临床医学进展, 2025, 15(1): 1434-1440. DOI: 10.12677/acm.2025.151192

Abstract

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a common developmental disorder of the spine that mainly affects adolescents during adolescence, resulting in abnormal curvature and rotation of the spine in three-dimensional space. With the advancement of medical technology, scoliosis correction surgery has become the main treatment method for severe scoliosis. However, the complexity of this type of surgery places high demands on anesthesia management. This article reviews the latest advances in anesthesia for AIS surgery, including the selection of anesthesia methods, the application of neuroelectrophysiological monitoring, multimodal analgesia strategies, and ultrasound-guided nerve block techniques. Individualized anesthesia risk assessment and accurate anesthesia plan formulation can effectively reduce the incidence of intraoperative complications and ensure the safety and comfort of patients. In addition, the introduction of artificial intelligence and new monitoring technologies has provided new possibilities for anesthesia management, further improving the safety and effectiveness of anesthesia. Despite this, AIS surgical anesthesia still faces challenges, and future research should continue to focus on these areas to promote the development of anesthesiology and improve the quality of postoperative recovery of patients.

Keywords

Adolescent Idiopathic Scoliosis, Anesthesia Management, Multimodal Analgesia, General Anesthesia, Nerve Block

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

青少年特发性脊柱侧凸(Adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS)是一种发生在青春期的复杂脊柱发育性疾病,其特征是脊柱在三维空间出现不对称性弯曲和旋转[1][2]。这一疾病不仅影响患者的外观和身体形态,更可能导致严重的呼吸、心血管功能障碍,严重威胁患者的生活质量和长期健康[3]。随着医疗技术的不断进步,脊柱侧凸矫正手术已成为治疗重度侧凸的主要手段[4]。然而,这类手术具有高度复杂性,对麻醉管理提出了极高的专业要求。手术通常持续数小时,涉及脊柱多节段的精准矫正,患者年龄集中在12~18岁,生理特点独特,麻醉风险更为复杂[5][6]。传统麻醉方法已难以完全满足现代脊柱侧凸矫正手术的需求。近年来,麻醉学科在AIS手术麻醉方面取得了显著突破:神经电生理监测技术的引入、个性化麻醉方案的发展、精准镇痛策略的创新,极大地提高了手术安全性和患者预后[7][8]。多模式镇痛[9]、超声引导下神经阻滞[10]、微创麻醉监测等技术的广泛应用,标志着AIS手术麻醉进入了全新的发展阶段[11]。人工智能和大数据技术的融入,为AIS手术麻醉提供了更精准的风险评估和个性化方案。通过对患者解剖特征、生理指标的深度分析,麻醉医生可以更加精准地制定手术麻醉策略,有效降低并发症发生率,改善患者术后恢复质量[10]。然而,AIS手术麻醉仍面临诸多挑战:如何在保证手术安全的同时最大限度减少麻醉对患者神经系统的潜在影响,如何平衡不同麻醉技术的利弊,如何应对青少年患者特殊的生理特征,这些都是当前需要深入研究的重点领域。

本综述将系统梳理青少年特发性脊柱侧凸手术麻醉方法的最新进展,全面分析现代麻醉技术在AIS手术中的应用价值和临床选择策略,为临床医生提供全面、前沿的专业参考。

2. 麻醉技术研究进展

2.1. 青少年特发性脊柱侧凸矫正手术的麻醉方法

青少年特发性脊柱侧凸(AIS)矫正手术的麻醉方法有全身麻醉、神经轴麻醉和复合麻醉, 全身麻醉因能全面控制机体状态、实现深度麻醉, 让患者意识丧失且肌肉松弛, 虽对复杂脊柱矫正手术很关键, 但也存在依赖脏器代谢、麻醉深度难控、易致术后不良反应等局限, 目前仍占主导[12]。手术过程中需要精准的体位摆放和长时间固定, 全身麻醉可以有效防止患者意识和肌肉活动对手术的干扰, 保证手术的顺利进行。神经轴麻醉凭借其精准的镇痛效果和较低的系统性应激反应, 在特定患者中显示出独特优势[13]。复合麻醉技术通过整合多种麻醉方法, 进一步优化患者麻醉体验。

2.2. 神经电生理监测

在青少年特发性脊柱侧凸(AIS)的手术治疗中, 神经电生理监测(Neuromonitoring)的使用已成为确保患者术中神经安全的标准配置之一[14]。这项技术能够在整个手术过程中不断评估患者的神经功能状况, 对预防术中与神经损伤相关的并发症具有重要作用[15]。神经电生理监测主要包括两种基本技术: 体感诱发电位(SSEP)和运动诱发电位(MEP)。SSEP 主要监测感觉路径的功能, 而 MEP 监测运动路径, 二者的结合提供了对脊髓前后柱完整性的综合评估[16]。在某些情况下, 还可以使用脑干听觉诱发电位(BAEP)来监视与听觉相关的脑干功能[17]。使用神经电生理监测对麻醉方法的选择也提出了特殊要求, 因为不是所有的麻醉药物都适用于需要进行持续神经监控的手术。以全身麻醉为例, 选择的麻醉药物应能够兼顾手术对肌肉松弛的需求与对神经监测监控干扰的最小化[18]。常用的麻醉方案往往偏向于使用较少或不影响神经电生理信号的药物, 如挥发性麻醉药物使用应控制在较低浓度, 或用通过静脉途径的麻醉药物组合使用[19]。此外, 神经电生理监测对手术团队提供实时反馈, 如果监测到神经功能的任何改变, 麻醉师和外科医生能够立即采取相应措施。这可能包括改变手术操作、调整患者体位、优化血压和其他生理参数, 或是调整麻醉深度和病人的体温。这些调整有助于降低术后新发神经功能缺失的风险, 从而改善手术结果。因此, 神经电生理监测在青少年特发性脊柱侧凸手术中不仅与传统的麻醉管理紧密相关, 还推动了更广泛的临床和技术创新, 确保了患者的手术安全和神经保护。随着这项技术的不断发展和优化, 其在未来的脊柱手术麻醉中将发挥更加关键的角色。

3. 疼痛管理策略

3.1. 多模式镇痛

在青少年特发性脊柱侧凸(AIS)的手术处理中, 疼痛管理是术后恢复的关键组成部分[20]。为了有效减轻患者的疼痛并促进早期康复, 多模式镇痛策略已成为主流方法。这种策略的核心在于使用不同机制的镇痛手段, 以最大化疼痛控制效果, 同时尽量减少各种药物的副作用[21]。

静脉自控镇痛(IV-PCA) 静脉自控镇痛是一种允许患者根据自身疼痛情况自主控制镇痛药物的方式。通过一个预设的药物输送系统, 患者可以在感到疼痛时自行按需给药, 从而维持稳定的镇痛水平。这种方法提高了疼痛控制的自主性和满意度, 减少了镇痛药物的总用量, 既能有效避免镇痛不足, 又避免了过度麻醉的风险[22]。

局部麻醉药物浸润 局部麻醉药物浸润是将麻醉药直接注入术区, 用于术后疼痛控制的一种方法。这种技术可以针对性地减少手术部位的疼痛感知, 从而减轻患者整体的疼痛级别, 并且可以减少对系统性镇痛药物的依赖[23]。

神经阻滞技术 神经阻滞技术通过阻断疼痛信号在神经系统中的传递来实现镇痛效果[24]。利用神经

阻滞技术,可以在不影响整体意识状态的情况下,有效控制局部或区域性疼痛。这种方法在 AIS 手术后的疼痛控制中尤其有效,因为它可以直接作用于手术相关的特定神经路径,提供持久的疼痛减轻效果[25]。多模式镇痛策略的优势在于各个方法可以相互补充,降低药物相关副作用的同时,提供全面而有效的疼痛控制。这种综合性的疼痛管理方法对促进患者术后早期活动、减少住院时间和提高整体满意度有显著效果。随着疼痛管理技术的不断进步,未来可能有更多创新的镇痛方式被引入到临床之中,为 AIS 手术患者提供更优质的医疗体验。

3.2. 超声引导下神经阻滞

超声引导下神经阻滞技术利用超声成像精确定位神经和周围组织,显著提高了麻醉的准确性和安全性,成为现代麻醉科必不可少的工具,特别适用于复杂的疼痛管理,如青少年特发性脊柱侧凸手术[26]。这种技术超越了传统依赖解剖标记和触感的方法,允许医生通过实时清晰的图像直接观察到针尖的位置和局部麻醉药的分布,从而减少误操作和提高阻滞成功率。通过精确的药物投放,超声引导下的神经阻滞不仅有效控制疼痛,还减少了药物用量和副作用,促进了患者术后快速恢复[27]。这项技术的应用减少了术后并发症的风险,改善了患者恢复质量,随着技术的进一步发展,其在未来麻醉实践中的角色预计将更为重要。

4. 麻醉风险评估与管理

4.1. 个体化风险评估

在青少年特发性脊柱侧凸(AIS)手术中,个体化的麻醉风险评估至关重要。AIS 患者因脊柱畸形、呼吸系统异常和心血管功能变化等特点,面临多种麻醉风险[28]。脊柱畸形可能增加麻醉难度,尤其在硬膜外和蛛网膜下腔麻醉时,可能影响麻醉药物的分布[29]。严重的脊柱变形可能压迫胸腔,影响呼吸功能,增加手术中的呼吸风险[30]。呼吸系统异常,如胸廓形态变化,会限制肺部扩张和氧气交换,这在全身麻醉中尤为重要,因为麻醉药物可能抑制呼吸中枢,加重呼吸不足。心血管功能变化,包括脊柱对血管的压迫,可能影响血液循环,尤其在存在遗传性疾病(如马凡综合征)时,增加心脏事件风险[31]。因此,AIS 患者在手术前需进行全面的术前评估,包括病史收集、体格检查及必要的肺功能测试、心电图和胸部 X 线片。这些评估帮助麻醉医生制定适合的麻醉方案和围手术期管理策略,确保手术安全并减少麻醉风险。

4.2. 精准麻醉策略

通过综合评估患者的个体情况,制定个性化的麻醉方案。这一策略旨在根据患者的生理特征、病史、手术类型及潜在风险因素,量身定制麻醉管理计划。个性化麻醉方案不仅可以提高麻醉的安全性和有效性,还能优化术后恢复过程,减少并发症的发生[32]。通过对患者进行全面的评估,麻醉医生能够选择最合适的麻醉药物、剂量和给药方式,从而实现最佳的麻醉效果。

5. 创新技术与展望

5.1. 人工智能应用

人工智能(AI)在麻醉领域的应用正在迅速发展,尤其在麻醉风险预测和个性化方案制定方面展现出巨大的潜力[33]。通过分析大量患者数据,AI 可以识别出与麻醉相关的风险因素,从而帮助麻醉医生在手术前进行更准确的风险评估[34]。人工智能正深度融入麻醉技术各环节:术前评估时,它整合海量患者数据,像年龄、病史、基因信息等,经算法精准预测手术风险,让麻醉方案的制定更科学;麻醉诱导与维持阶段,一方面通过实时监测心率、血压、脑电双频指数这些生命体征,智能调控药物剂量,另一方面

参考过往相似病例, 为不同患者定制专属方案; 术中, 持续分析各类监测数据, 敏锐察觉呼气末二氧化碳浓度、心率变异性的异常, 提前预警并发症; 术后则依据术中情况预估疼痛程度, 搭配多模式镇痛并依患者反馈灵活调整; 甚至还打造虚拟训练平台, 助力麻醉医生培训, 全方位革新麻醉实践。随着机器学习和深度学习技术的不断进步, 未来 AI 在麻醉领域的应用将更加广泛, 可能会彻底改变传统的麻醉实践。展望未来, AI 的进一步发展将使得麻醉管理更加精准和个性化, 提升患者的安全性和满意度。同时, AI 技术的整合也将推动麻醉学科的研究和教育, 促进新技术的应用和临床实践的改进[35]。

5.2. 新型麻醉监测技术

新型麻醉监测技术的持续发展将显著提高青少年特发性脊柱侧凸(AIS)手术的麻醉安全性。这些技术包括实时监测患者的生理参数、麻醉深度和神经功能等, 能够为麻醉医生提供更全面的信息, 帮助他们在手术过程中做出及时的决策。例如, 先进的监测设备可以实时跟踪心率、血压、氧饱和度和呼吸频率等关键生理指标, 确保患者在麻醉期间的稳定状态[36]。此外, 新的麻醉深度监测技术能够通过分析脑电图(EEG)信号, 提供更准确的麻醉深度评估, 防止麻醉过深或过浅, 从而降低术中并发症的风险[37]。神经电生理监测技术的进步也为 AIS 手术提供了重要支持。通过实时监测体感诱发电位(SSEP)和运动诱发电位(MEP), 麻醉医生可以及时发现神经功能的变化, 迅速采取措施, 降低神经损伤的风险[38]。随着这些新型监测技术的不断进步和应用, AIS 手术的麻醉管理将变得更加安全和有效, 进一步提升患者的术后恢复质量和满意度。未来, 结合人工智能和大数据分析, 这些监测技术有望实现更智能化的麻醉管理, 推动麻醉学科的发展。

6. 结论

青少年特发性脊柱侧凸(AIS)手术的麻醉管理在近年来取得了显著进展, 随着新技术的不断引入和应用, 麻醉的安全性和有效性得到了极大提升。个体化的麻醉风险评估和精准的麻醉策略使得麻醉医生能够根据患者的具体情况制定最佳的麻醉方案, 从而降低术中并发症的发生率。神经电生理监测技术的应用为手术提供了实时的神经功能评估, 确保了患者在手术过程中的神经安全。此外, 多模式镇痛和超声引导下的神经阻滞技术的结合, 显著改善了术后疼痛管理, 促进了患者的快速恢复。人工智能和大数据技术的融入, 为麻醉风险预测和个性化方案制定提供了新的可能性, 未来有望进一步提升麻醉管理的精准性和效率。尽管如此, AIS 手术麻醉仍面临诸多挑战, 包括如何平衡不同麻醉技术的利弊、如何应对青少年患者的特殊生理特征等。因此, 未来的研究应继续关注这些领域, 以推动麻醉学科的进一步发展, 确保青少年特发性脊柱侧凸患者在手术中的安全与舒适。

参考文献

- [1] Marya, S., Tambe, A.D., Millner, P.A. and Tsirikos, A.I. (2022) Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Review of Aetiological Theories of a Multi-Factorial Disease. *The Bone & Joint Journal*, **104**, 915-921. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.104b8.bjj-2021-1638.r1>
- [2] Qi, X., Peng, C., Fu, P., Zhu, A. and Jiao, W. (2023) Correlation between Physical Activity and Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **24**, Article No. 978. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-07114-1>
- [3] Almahmoud, O.H., Baniodeh, B., Musleh, R., Asmar, S., Zyada, M. and Qattousah, H. (2023) Overview of Adolescent Idiopathic Scoliosis and Associated Factors: A Scoping Review. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, **35**, 437-441. <https://doi.org/10.1515/ijamh-2023-0166>
- [4] Gámiz-Bermúdez, F., Obrero-Gaitán, E., Zagalaz-Anula, N. and Lomas-Vega, R. (2021) Corrective Exercise-Based Therapy for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Rehabilitation*, **36**, 597-608. <https://doi.org/10.1177/02692155211070452>
- [5] Lee, C.S., Merchant, S. and Chidambaran, V. (2020) Postoperative Pain Management in Pediatric Spinal Fusion Surgery

- for Idiopathic Scoliosis. *Pediatric Drugs*, **22**, 575-601. <https://doi.org/10.1007/s40272-020-00423-1>
- [6] Changoor, S., Giakas, A., Sacks, K., Asma, A., Lang, R.S., Yorgova, P., *et al.* (2023) The Role of Liposomal Bupivacaine in Multimodal Pain Management Following Posterior Spinal Fusion for Adolescent Idiopathic Scoliosis: Faster and Farther with Less Opioids. *Spine*, **49**, E11-E16. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000004702>
 - [7] Ghatol, D. and Widrich, J. (2024) Intraoperative Neurophysiological Monitoring. *StatPearls*.
 - [8] Schlaeppli, J., Schreen, R., Seidel, K. and Pollo, C. (2023) Intraoperative Neurophysiological Monitoring during Spinal Cord Stimulation Surgery: A Systematic Review. *Neuromodulation: Technology at the Neural Interface*, **26**, 1319-1327. <https://doi.org/10.1016/j.neurom.2023.06.010>
 - [9] Chen, Y.K., Boden, K.A. and Schreiber, K.L. (2021) The Role of Regional Anaesthesia and Multimodal Analgesia in the Prevention of Chronic Postoperative Pain: A Narrative Review. *Anaesthesia*, **76**, 8-17. <https://doi.org/10.1111/anae.15256>
 - [10] Bowness, J. and Taylor, A. (2020) Ultrasound-guided Regional Anaesthesia: Visualising the Nerve and Needle. In: Rea, P., Ed., *Biomedical Visualisation*, Springer, 19-34. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37639-0_2
 - [11] O'Neill, A. and Lirk, P. (2022) Multimodal Analgesia. *Anesthesiology Clinics*, **40**, 455-468. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2022.04.002>
 - [12] Li, Y., Hong, R.A., Robbins, C.B., Gibbons, K.M., Holman, A.E., Caird, M.S., *et al.* (2018) Intrathecal Morphine and Oral Analgesics Provide Safe and Effective Pain Control after Posterior Spinal Fusion for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine*, **43**, E98-E104. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000002245>
 - [13] Shah, S.A., Guidry, R., Kumar, A., White, T., King, A. and Heffernan, M.J. (2019) Current Trends in Pediatric Spine Deformity Surgery: Multimodal Pain Management and Rapid Recovery. *Global Spine Journal*, **10**, 346-352. <https://doi.org/10.1177/2192568219858308>
 - [14] Virk, S., Klamar, J., Beebe, A., Ghosh, D. and Samora, W. (2019) The Utility of Preoperative Neuromonitoring for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *International Journal of Spine Surgery*, **13**, 317-320. <https://doi.org/10.14444/6043>
 - [15] Chan, A., Banerjee, P., Lupu, C., Bishop, T., Bernard, J. and Lui, D. (2021) Surgeon-Directed Neuromonitoring in Adolescent Spinal Deformity Surgery Safely Assesses Neurological Function. *Cureus*, **13**, e19843. <https://doi.org/10.7759/cureus.19843>
 - [16] Huang, S., Qi, H., Liu, J., Li, J., Huang, Y. and Xiang, L. (2016) Alarm Value of Somatosensory Evoked Potential in Idiopathic Scoliosis Surgery. *World Neurosurgery*, **92**, 397-401. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.05.054>
 - [17] Nassef, M., Splinter, W., Lidster, N., Al-Kalbani, A., Nashed, A., Ilton, S., *et al.* (2021) Intraoperative Neurophysiologic Monitoring in Idiopathic Scoliosis Surgery: A Retrospective Observational Study of New Neurologic Deficits. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, **68**, 477-484. <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01898-9>
 - [18] Higgs, M., Hackworth, R.J., John, K., Riffenburgh, R., Tomlin, J. and Wamsley, B. (2017) The Intraoperative Effect of Methadone on Somatosensory Evoked Potentials. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, **29**, 168-174. <https://doi.org/10.1097/ana.0000000000000265>
 - [19] Benuska, J., Plisova, M., Zabka, M., Horvath, J., Tisovsky, P. and Novorolsky, K. (2019) The Influence of Anesthesia on Intraoperative Neurophysiological Monitoring during Spinal Surgeries. *Bratislava Medical Journal*, **120**, 794-801. https://doi.org/10.4149/bll_2019_133
 - [20] Ahdoot, E.S., Fan, J. and Aminian, A. (2021) Rapid Recovery Pathway for Postoperative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis. *JAAOS: Global Research and Reviews*, **5**, e20.00220. <https://doi.org/10.5435/jaaosglobal-d-20-00220>
 - [21] Blanco, J.S., Perlman, S.L., Cha, H.S. and Delpizzo, K. (2013) Multimodal Pain Management after Spinal Surgery for Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Orthopedics*, **36**, 33-35. <https://doi.org/10.3928/01477447-20130122-55>
 - [22] Colón, L.F., Powell, C., Wilson, A., Borgan, T. and Quigley, R. (2022) Rapid Recovery Pathway without Epidural Catheter Analgesia for Surgical Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Comparative Study. *Spine Deformity*, **11**, 373-381. <https://doi.org/10.1007/s43390-022-00587-5>
 - [23] Stondell, C. and Roberto, R. (2022) Erector Spinae Plane Blocks with Liposomal Bupivacaine for Pediatric Scoliosis Surgery. *JAAOS: Global Research and Reviews*, **6**, e21.00272. <https://doi.org/10.5435/jaaosglobal-d-21-00272>
 - [24] Doherty, T.M., Zhang, A., Spivak, A., Kiley, E., DelBello, D., Abramowicz, A.E., *et al.* (2024) Feasibility and Analgesic Efficacy of Thoracolumbar Dorsal Ramus Nerve Block Using Multiorifice Pain Catheters for Scoliosis Surgery: A Prospective Cohort Study. *International Journal of Spine Surgery*, **18**, 329-335. <https://doi.org/10.14444/8601>
 - [25] Ren, Y., Gao, J., Nie, X., Hua, L., Zheng, T., Guo, D., *et al.* (2024) Bilateral Ultrasound-Guided Erector Spinae Plane Block for Postoperative Analgesia in Paediatric Idiopathic Scoliosis Patients Undergoing Posterior Spine Fusion Surgery: A Randomized Controlled Trial. *European Spine Journal*, **33**, 3823-3832. <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08457-6>
 - [26] Gao, J., Ren, Y. and Guo, D. (2024) The Effect of Bilateral Ultrasound-Guided Erector Spinae Plane Block on Postoperative Pain Control in Idiopathic Scoliosis Patients Undergoing Posterior Spine Fusion Surgery: Study Protocol of a

- Randomized Controlled Trial. *Trials*, **25**, Article No. 498. <https://doi.org/10.1186/s13063-024-08331-2>
- [27] Domagalska, M., Ciftsi, B., Janusz, P., Reysner, T., Daroszewski, P., Kowalski, G., *et al.* (2024) Effectiveness of the Bilateral and Bilevel Erector Spinae Plane Block (ESPB) in Pediatric Idiopathic Scoliosis Surgery: A Randomized, Double-Blinded, Controlled Trial. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **44**, e634-e640. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000002707>
- [28] Hammon, D.E., Chidambaran, V., Templeton, T.W. and Pestieau, S.R. (2023) Error Traps and Preventative Strategies for Adolescent Idiopathic Scoliosis Spinal Surgery. *Pediatric Anesthesia*, **33**, 894-904. <https://doi.org/10.1111/pan.14735>
- [29] Del Buono, R., Pascarella, G., Costa, F., Terranova, G., Leoni, M.L., Barbara, E., *et al.* (2021) Predicting Difficult Spinal Anesthesia: Development of a Neuraxial Block Assessment Score. *Minerva Anestesiologica*, **87**, 648-654. <https://doi.org/10.23736/s0375-9393.20.14892-2>
- [30] Sutton, V.R. and Van den Veyver, I.B. (1993) Aicardi Syndrome. In: Adam, M.P., Feldman, J. and Mirzaa, G.M., *et al.*, Eds., *GeneReviews*, University of Washington, 901-904.
- [31] Taniguchi, Y., Takeda, N., Inuzuka, R., Matsubayashi, Y., Kato, S., Doi, T., *et al.* (2021) Impact of Pathogenic *fbn1* variant Types on the Development of Severe Scoliosis in Patients with Marfan Syndrome. *Journal of Medical Genetics*, **60**, 74-80. <https://doi.org/10.1136/jmedgenet-2021-108186>
- [32] Fogagnolo, A., Montanaro, F., Al-Husinat, L., Turrini, C., Rauseo, M., Mirabella, L., *et al.* (2021) Management of Intraoperative Mechanical Ventilation to Prevent Postoperative Complications after General Anesthesia: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, **10**, Article 2656. <https://doi.org/10.3390/jcm10122656>
- [33] Bellini, V., Valente, M., Gaddi, A.V., Pelosi, P. and Bignami, E. (2022) Artificial Intelligence and Telemedicine in Anesthesia: Potential and Problems. *Minerva Anestesiologica*, **88**, 729-734. <https://doi.org/10.23736/s0375-9393.21.16241-8>
- [34] Lopes, S., Rocha, G. and Guimarães-Pereira, L. (2023) Artificial Intelligence and Its Clinical Application in Anesthesiology: A Systematic Review. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **38**, 247-259. <https://doi.org/10.1007/s10877-023-01088-0>
- [35] Singhal, M., Gupta, L. and Hirani, K. (2023) A Comprehensive Analysis and Review of Artificial Intelligence in Anaesthesia. *Cureus*, **15**, e45038. <https://doi.org/10.7759/cureus.45038>
- [36] Gal, J.S., Curatolo, C.J., Zerillo, J., Hill, B., Lonner, B., Cuddihy, L.A., *et al.* (2017) Anesthetic Considerations for a Novel Anterior Surgical Approach to Pediatric Scoliosis Correction. *Pediatric Anesthesia*, **27**, 1028-1036. <https://doi.org/10.1111/pan.13216>
- [37] Daroszewski, P., Garasz, A., Huber, J., Kaczmarek, K., Janusz, P., Głowska, P., *et al.* (2023) Update on the Neuromonitoring Procedures Applied during Surgeries of the Spine—Observational Study. *Rheumatology*, **61**, 21-29. <https://doi.org/10.5114/reum/160209>
- [38] Toleikis, J.R., Pace, C., Jahangiri, F.R., Hemmer, L.B. and Toleikis, S.C. (2024) Intraoperative Somatosensory Evoked Potential (SEP) Monitoring: An Updated Position Statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, **38**, 1003-1042. <https://doi.org/10.1007/s10877-024-01201-x>