

人工智能在临床麻醉中的应用进展

关诣潼

大连医科大学, 辽宁省大连市, 116000;

摘要: 本文全面阐述人工智能(AI)在临床麻醉领域的应用进展。通过对术前、术中及术后各阶段AI应用的深入分析,探讨其在风险评估、麻醉方案制定、麻醉深度监测、并发症预测等方面的具体应用成果与优势,同时剖析该技术面临的数据质量、算法可解释性等挑战,并展望其多模态融合、与虚拟现实技术结合等发展趋势,为临床麻醉工作者及相关研究人员提供关于AI应用的全面认识与参考。

关键词: 人工智能; 临床麻醉; 应用进展

DOI: 10.69979/3029-2808.26.03.063

引言

临床麻醉是手术顺利进行及患者围术期安全的重要保障,其涉及对患者生理状态的精准监测与调控,工作内容复杂且责任重大。近年来,随着人工智能技术的飞速发展,其在医疗领域的应用日益广泛,临床麻醉也从中受益。人工智能凭借强大的数据处理与分析能力,能够辅助麻醉医生进行更精准的决策、更有效的监测以及更优化的管理,为临床麻醉带来新的变革。深入了解人工智能在临床麻醉中的应用进展,对于推动麻醉学科的发展、提升麻醉质量与安全性具有重要意义。

1 人工智能在临床麻醉术前阶段的应用

1.1 患者风险评估

传统风险评估具有局限性,传统的麻醉术前风险评估主要依据患者的基本生理指标、病史以及美国麻醉医师协会(ASA)分级等。不过这些方法往往较为主观,且难以全面综合地考量患者的复杂情况^[1]。

在患者麻醉与手术风险评估工作中,人工智能可发挥重要辅助作用,其核心是依托机器学习算法,对患者多维度临床数据开展深度挖掘与系统分析,这些数据涵盖年龄、性别、基础疾病情况、实验室检查指标以及影像学资料等^[2]。借助深度学习构建的神经网络模型,能够自主捕捉临床数据中隐藏的复杂关联模式,进而对患者麻醉及手术期间可能出现的并发症风险做出更为精准的预判。相关研究证实,相较于传统风险评估方法,部分AI模型在术后肺部并发症、心血管不良事件等风险预测方面,准确性有着明显提升。依托对海量历史病例数据的持续学习,AI模型还能挖掘出传统评估方式不易发现的风险因素组合,为麻醉医生提供更为全面、客观的风险评估依据,进而帮助医护人员提前谋划并制定

针对性预防措施,降低风险发生概率。

1.2 麻醉方案制定

麻醉方案的制定需充分贴合患者个体差异,不同患者的生理特征、疾病严重程度,以及对麻醉药物的耐受度、反应性均不相同,这就决定了麻醉方案必须具备高度个性化特点。在临床实践中,传统麻醉方案的拟定,大多依靠麻醉医生的临床经验结合常规诊疗流程,这种模式难以全面兼顾每一位患者的个性化需求,尤其针对患有罕见病、体质特殊的患者,传统方案往往无法实现精准适配,难以充分保障麻醉安全性与适用性。

人工智能系统凭借强大的数据整合能力,能够全面汇聚患者各类信息,既涵盖常规临床数据,还深入涉及基因数据、药物代谢特征等细节信息,可以综合运用大数据分析机器学习算法,为每一位患者量身定制专属麻醉方案。此个性化方案能够精准考量患者对不同麻醉药物的敏感性差异,并紧密结合手术具体类型、预期手术时长,对麻醉药物的种类、使用剂量以及给药方式进行精确规划,从而显著提升麻醉方案的科学性与适配性^[3]。

1.3 术前访视

术前访视在麻醉诊疗中占据关键地位,麻醉医生通过与患者直接沟通,全面掌握患者个体情况,并开展针对性心理疏导,为后续麻醉与手术的顺利推进奠定基础。临床传统术前访视模式主要依靠麻醉医生与患者面对面问询交流。但是这种方式存在诸多弊端,会耗费医护人员大量的工作时间与精力,也受问询角度、患者表达完整性等因素制约,极易出现信息收集不全面、不精准的问题,进而间接影响麻醉准备工作的针对性。部分医疗机构积极探索人工智能技术在术前访视中的应用,致

力于优化访视流程。通过开发智能语音交互系统,患者可自主通过语音交流方式,便捷地完成基本信息、既往病史、药物过敏史等相关内容的上报。与此同时,该系统能够同步对患者的情绪状态进行初步评估,依据患者反馈的具体信息,自动生成适配的个性化术前指导。这种智能化访视模式成效显著,不仅有效提升了患者信息收集的效率与准确性,减轻了医护人员负担,还能通过及时的信息告知与互动,缓解患者术前紧张焦虑情绪,帮助患者更好地了解手术与麻醉相关知识,进而提高其治疗配合度。

2 人工智能在临床麻醉术中阶段的应用

2.1 麻醉深度监测

麻醉深度的准确监测是保障患者术中安全与舒适度的重要前提,直接关乎麻醉诊疗的整体质量。临床传统麻醉深度监测主要依赖患者血压、心率、体动反应等生理指标,并结合麻醉医生的临床经验进行判断。但这种方式存在明显局限性,很难精准反映患者真实的麻醉深度。人工智能技术可以通过采集患者脑电图、诱发电位等神经电生理信号并进行系统分析,结合机器学习算法的精准运算,能够更科学、精确地评估患者麻醉深度。部分先进的 AI 系统还具备实时捕捉这些信号动态变化的能力,并同步调整麻醉药物输注剂量与速度,以维持患者麻醉深度稳定,进一步提升麻醉诊疗的安全性与规范性。

2.2 药物剂量计算

在临床麻醉中,麻醉药物剂量的精准计算与适时调整是确保麻醉效果、保障患者安全的关键环节。然而,药物剂量的确定受多种因素影响,包括患者个体差异、手术刺激强度、药物间相互作用等,使得剂量调整成为一项复杂且极具挑战性的临床任务。传统药物剂量计算多依赖经验公式,难以根据每一位患者的具体情况实现精准适配,易出现剂量不当的问题。

人工智能能够有效解决这一难题,通过实时整合患者术中心率、血压、血氧饱和度等生理参数,结合药物代谢动力学数据、手术进展情况等多方面信息,运用复杂算法动态计算并调整麻醉药物剂量。这种智能化剂量计算模式成效显著,既能有效规避因药物剂量不足或过量导致的低血压、苏醒延迟等麻醉并发症,又能减少药物不必要的使用,降低药物不良反应发生风险,为术中麻醉安全提供有力保障。

2.3 实时生理监测与并发症预测

在手术过程中,患者的生理状态处于动态变化中,多种因素可能引发并发症。及时察觉并处理这些变化对确保患者安全至关重要。人工智能可在手术过程中对患者的连续生理数据进行实时分析,通过机器学习算法构建预测模型,从而提供潜在并发症的预警。

3 人工智能在临床麻醉术后阶段的应用

术后并发症的早期预测和干预至关重要。术后并发症的发生可延长患者住院时间,增加医疗费用,严重影响患者预后,危及患者生命。传统的术后并发症预测在很大程度上取决于有限的临床指标和医护人员的经验判断。由于主观因素和数据限制,预测准确性相对较低,难以实现并发症的预警。人工智能技术可整合多种临床数据源,如术后生命体征、实验室检查结果、患者影像数据等。采用机器学习算法进行综合分析和深度挖掘,可以更准确地预测术后并发症的风险,有效弥补其不足。研究表明,人工智能预测模型在预测术后肺部感染、切口感染和静脉血栓形成等常见并发症方面具有较高的敏感性和特异性。它们可以帮助医务人员早期识别高危患者,及时采取针对性的预防和干预措施,改善患者的术后预后^[4]。

人工智能可以提供个性化的康复计划,并根据患者的手术信息为其制定个性化的康复指导计划。因为患者之间都有手术类型、身体状况等的差异,术后康复对患者的身体恢复很重要,所以需要个性化的康复指导,传统的康复指导往往采用通用的方法,难以满足患者的个性化需求。

4 人工智能在临床麻醉应用中面临的挑战

4.1 数据质量与隐私问题

人工智能模型的精准性与可靠性,依赖高质量临床数据的坚实支撑,这亦是 AI 技术在临床麻醉领域实现规范化落地与规模化应用的核心前提。从临床实践来看,麻醉相关临床数据普遍存在诸多亟待解决的问题,部分数据存在缺失、不完整及记录偏差等现象,直接制约 AI 模型的训练效能,导致其难以有效发挥临床辅助诊疗价值。除此之外,临床麻醉数据涵盖患者个人身份信息、健康基线数据、既往病史等大量敏感隐私内容,强化数据隐私保护、保障数据安全,是 AI 技术在该领域合规发展的关键要义。虽然现在已经应用数据加密、匿名化处理等相关技术,但实际应用中仍面临诸多困境,比如如何平衡数据可用性与隐私保护的关系,既保证 AI 模型训练的数据需求,又避免隐私泄露,同时如何有效应对数据泄露等安全事件,切实保障患者隐私权益,仍是

当前需要解决的重点问题。

4.2 算法的可解释性

当前在临床麻醉领域所应用的人工智能算法，深度学习算法，它的内部逻辑复杂程度较高，麻醉医生借助这类算法来进行辅助决策时，大多时候没办法清楚地理解解算法得出具体结论的逻辑过程还有关键依据，这种不可解释性直接影响到麻醉医生对 AI 系统的信任度，也对 AI 技术在临床上的广泛推广应用起到了限制作用。要提高人工智能在临床麻醉中的接受程度以及应用效果，研发有可解释性的 AI 算法成了关键的突破口，目前相关研究人员正在积极地探索多种技术路径，努力发展更透明、可解释的机器学习算法，把算法决策的逻辑和依据清楚地呈现出来，以帮助麻醉医生理解和应用 AI 系统，提高医生对 AI 技术的信任和应用的信心。

5 人工智能在临床麻醉中的发展趋势

5.1 多模态融合与智能决策

未来人工智能在临床麻醉领域应用时，会打破单一数据应用的局限，更重视多模态数据的融合应用，除传统生理指标数据外，也会逐渐整合多组学信息，包括基因数据、蛋白质组学数据、代谢组学数据等，以及影像学、超声等图像数据，以实现多维度、全方位的数据采集和整合，对多模态数据作深度融合与分析，就能更全面地把握患者的生理状态、病理特征和麻醉反应，给 AI 系统的智能决策提供更丰富、精准的依据，避免单一数据存在的局限性。凭借多模态数据融合技术，人工智能会拥有更强的智能决策能力，能更精准地预测麻醉风险、制定个性化麻醉方案，又能在手术中依据患者生理状态的动态变化，实时对麻醉策略做出调整，灵活应对各种复杂临床场景，让麻醉诊疗的精准性和安全性得到提升。

5.2 与虚拟现实 (VR) /增强现实 (AR) 技术结合

虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 技术，在麻醉教学培训及临床实践领域有很大应用潜力，和人工智能技术深度融合，会成为未来临床麻醉的关键发展方向，在麻醉教学培训上，凭借 VR 技术构建逼真的虚拟手术麻醉场景，麻醉医生能在虚拟环境里进行模拟操作和实战练习，熟悉不同手术类型的麻醉管理流程以及应急处理方法，提升应对复杂临床情况的能力，降低临床实践中

的操作风险，AR 技术可以把患者的实时生理数据、解剖结构等关键信息，以直观清晰的方式展示在医生眼前，辅助医生快速进行麻醉操作和临床决策，提高工作效率。在临床麻醉实践中，VR/AR 跟人工智能结合，还可以有效改善患者的麻醉体验：术中能用 AR 技术给患者提供沉浸式放松场景，帮助患者减轻疼痛以及术前术后的焦虑情绪，医生可借助 VR/AR 设备，实时获取患者生理信息和麻醉相关数据，结合 AI 系统的分析建议，更便捷高效地进行监测和管理工作^[5]。

6 结论

人工智能技术在临床麻醉领域的应用，目前已经取得了成效，AI 技术有效提高了麻醉诊疗的安全性、精准性和个性化程度，减轻了麻醉医生的工作负担，提高了工作效率，又改善了患者的围术期体验和术后预后情况，给麻醉学科的发展给予了新活力，不过人工智能在临床麻醉应用中还是面临不少挑战，数据质量有好有坏，隐私保护难度大，算法可解释性不足，人机协作模式不够成熟，监管机制和行业标准缺失等问题，仍然限制着它的规模化、规范化应用。即便如此，人工智能在临床麻醉领域的应用前景很广阔，未来会推动麻醉管理精准化、革新教学模式、提升个性化水平，帮助麻醉学科实现高质量发展，医疗机构、科研人员、监管部门等多方一起努力、共同施策，推动人工智能和临床麻醉深度融合，肯定会为麻醉学科的发展注入新的强大动力，给广大患者提供更优质、更安全、更精准的麻醉医疗服务。

参考文献

- [1] 董有静, 赵航, 刘洪涛, 等. 人工智能在临床麻醉学中的研究概述[J]. 中国医药, 2025, 20(12): 1915-1920.
- [2] 许琳琳, 黄德群. 人工智能应用于医疗领域的法律法规及技术挑战[J]. 临床医学工程, 2025, 32(11): 1177-1182.
- [3] 黄祺. AI 赋能医疗, 中国实践加速复旦大学附属华山医院 AI+医疗探索[J]. 新民周刊, 2025, (23): 68-73.
- [4] 李彬彬, 钟鸣. 生成式人工智能在医学领域的应用: 前景和风险探讨[J]. 上海医学, 2025, 48(01): 50-56.
- [5] 张敏. 多方面突围促“AI+医疗”有序发展[N]. 证券日报, 2025-06-12(A04).