

doi: 10.7690/bgzdh.2025.06.023

基于人工智能的麻醉机器人在介入手术中的自动化控制方法

李莉¹, 杨蕾¹, 廖建鹏²

(1. 四川省绵阳市中医医院麻醉科, 四川 绵阳 621000;

2. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为进一步提高麻醉的精确度和安全性, 对基于人工智能的麻醉机器人在介入手术中的自动化控制方法进行研究。介绍麻醉机器人以及人工智能在麻醉机器人中的应用; 分析自动化控制方法在介入手术中的效果评估和改进策略; 分析目前在基于人工智能的麻醉机器人自动化控制方法方面的研究进展及未来的发展方向, 并进行实验对比分析。结果表明: 基于人工智能的麻醉机器人在提升麻醉控制精确度、降低人为操作失误以及增强术中生理参数监测方面具有显著优势, 可有效提高麻醉的精确度和安全性。

关键词: 人工智能; 麻醉机器人; 介入手术; 自动化控制; 医疗机器人

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

Automatic Control Method of Anesthesia Robot in Interventional Surgery Based on Artificial Intelligence

Li Li¹, Yang Lei¹, Liao Jianpeng²

(1. Department of Anesthesiology, Sichuan Mianyang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Mianyang 621000, China; 2. Department of Intelligent Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Co., Ltd., Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to further improve the accuracy and safety of anesthesia, the automatic control method of anesthesia robot based on artificial intelligence in interventional surgery was studied. This paper introduces the anesthesia robot and the application of artificial intelligence in the anesthesia robot. Analyze the effect evaluation and improvement strategy of automatic control method in interventional surgery. This paper analyzes the current research progress and future development direction of anesthesia robot automation control method based on artificial intelligence, and carries out comparative analysis of experiments. The results show that the anesthesia robot based on artificial intelligence has significant advantages in improving the accuracy of anesthesia control, reducing human operation errors and enhancing the monitoring of physiological parameters during operation, which can effectively improve the accuracy and safety of anesthesia.

Keywords: artificial intelligence; anesthesia robot; interventional surgery; automatic control; medical robot

0 引言

随着人工智能技术的发展, 研究基于人工智能的麻醉机器人在介入手术中的自动化控制方法具有重要意义。自动化麻醉机器人能够通过精确控制药物输送和实时监测患者状态, 提高麻醉的精确度和安全性, 在推动医疗服务水平的整体提升和提供高质量麻醉服务方面具有潜在的优势。目前, 人工智能在麻醉领域的研究主要集中于开发能够处理复杂数据并做出实时决策的智能系统, 但存在算法可靠性较差、系统安全性交低以及与现有临床实践的整合等问题。笔者研究基于人工智能的麻醉机器人在介入手术中的自动化控制方法, 探索其实际应用的可行性与效益, 以推动麻醉机器人技术的发展并提供临床应用指导。

1 麻醉机器人的介绍

麻醉机器人是一种利用人工智能和机器人技术, 能自主管理和控制麻醉过程中药物输注和患者状态的设备。它的优点包括减少人为误差、提高麻醉深度控制精度、实时监测生理参数和提高手术效率; 但也面临着个体差异、监测与分析以及麻醉药物安全等挑战^[1]。

麻醉机器人具有自主控制、实时监测和机器学习能力等特点。通过自主控制, 麻醉机器人可根据患者生理参数和麻醉深度评估, 自动调整麻药输注速度和浓度, 实现精准麻醉管理。同时, 麻醉机器人实时监测患者生理参数, 如血压、心率、呼吸等, 通过先进传感器技术实现对患者状态的实时监测和评估^[2]。麻醉机器人还能通过机器学习能力, 学习

收稿日期: 2024-08-13; 修回日期: 2024-09-20

第一作者: 李莉(1989—), 女, 四川人。

和分析大量患者数据,优化麻醉管理精度和效果。麻醉机器人被广泛应用于不同手术领域,如心脏手术中可调控麻醉深度以保持心脏稳定,神经外科手术中可调整麻药输注量以保护神经功能等。

麻醉机器人具有减少人为误差、提高麻醉管理精确度和实时监测患者状态等优势,能提高手术效率并使医护人员更专注于手术操作。然而,它也面临适应患者个体差异、准确监测生理参数和解决麻药安全性问题等挑战。麻醉机器人的核心部分包括药物输注系统、生理参数监测系统、控制算法和人机交互界面,其控制系统具备机器学习能力,能根据患者数据进行学习和优化,提高麻醉管理的精度和效果。

2 人工智能在麻醉机器人中的应用

2.1 人工智能在麻醉机器人中的基本原理和方法

人工智能在麻醉机器人中的应用主要包括机器学习、深度学习和自然语言处理等技术。机器学习让机器通过数据学习和改进自身性能,用于训练模型,学习麻醉控制策略和决策规则。深度学习是机器学习的一个分支,利用人工神经网络结构进行建模和训练,用于处理和分析多模态的患者数据^[3-4]。自然语言处理用于处理和理解人类语言,解析和理解医生和护士的语音指令和病历文本等。这些技术帮助麻醉机器人预测患者生理状态、调整麻醉药物剂量和输送速度,优化麻醉过程中的控制策略,以及自动提取和学习特征,识别关键的生理状态指标,准确判断患者的麻醉深度和风险水平^[5]。

2.2 人工智能在麻醉机器人中数据处理与分析技术

人工智能在麻醉机器人中的数据处理与分析技术主要包括数据预处理、特征提取、数据挖掘及麻醉相关检测及信息处理及融合技术等方法。

数据预处理是指对原始数据进行清洗、归一化和去噪等处理,以提高数据的质量和可用性。在麻醉机器人中,数据预处理可以包括对患者生理参数进行滤波、插值和异常值处理,以保证数据的准确性和稳定性。

特征提取是指从原始数据中提取有用的特征,用于刻画数据的关键特性。在麻醉机器人中,特征提取可以用于提取患者生理状态的表示,如麻醉深度、心率变异性和血压波形等。常用的特征提取方法包括统计特征、频域分析、小波变换和时频分析等。

数据挖掘是通过从大量数据中发现模式和规律,以提供对未知数据的预测和决策支持。在麻醉机器人中,数据挖掘可以用于分析患者的个体差异、预测麻醉并发症风险以及优化麻醉控制参数等。常用的数据挖掘方法包括聚类分析、分类与回归分析、关联规则挖掘和时间序列分析等。

麻醉相关检测及信息处理及融合技术结合多模态生理参数监测技术,如血压监测、呼吸监测、心电图监测等,利用传感器技术采集多源数据,并进行融合处理以获取更全面的信息。这涉及到多传感器数据融合算法的应用,以整合来自不同来源的数据,提高监测的精度和可靠性。

2.3 人工智能在麻醉机器人中的决策与控制算法

人工智能在麻醉机器人中发挥着核心作用,其决策与控制算法基于先进的机器学习、深度学习和模式识别技术^[6]。这些算法和模型利用大量的临床数据,通过学习和分析,建立起复杂的数学模型,用于预测患者对麻醉药物的反应。这些模型帮助机器人根据患者的特定生理状况和个体差异来调整药物的输注速度和浓度,以实现个性化的麻醉管理。

此外,深度学习技术也被广泛应用于麻醉机器人的决策与控制算法中。通过深度学习技术处理和分析患者的生理参数数据,麻醉机器人可以实现对患者状态的实时监测和分析,从而更加精准地调整麻醉药物的输注策略。这种算法能够识别复杂的生理信号模式,并据此作出相应的麻醉决策,这有助于提高麻醉管理的安全性和效果。

另外,模式识别技术也为麻醉机器人的决策与控制提供了有力支持。通过对患者生理参数数据的模式识别,麻醉机器人可以及时发现潜在的生理变化,如血压异常、心率波动等,从而调整麻醉药物的输注策略,减少可能的风险并保证麻醉过程的安全性。

总的来说,人工智能在麻醉机器人中的决策与控制算法至关重要。这些算法和模型利用医学专家的知识 and 经验,通过建立规则库来指导麻醉机器人的决策和控制过程。这种方法能够快速、准确地根据特定情况做出麻醉管理的决策,尤其适用于一些常见的麻醉操作流程。

2.4 国内外麻醉机器人的发展现状及趋势

国外麻醉机器人技术的发展较为成熟,许多知名医疗设备制造商和科研机构正在积极推动该技术

的发展。一些大型医疗中心已经开始使用麻醉机器人进行手术麻醉管理,并取得了一定的成效^[7]。同时,医学影像技术和机器人辅助手术技术的进步也为麻醉机器人的发展提供了技术支持。相比之下,国内的麻醉机器人技术起步相对较晚,但随着医疗技术的快速发展和政府对医疗健康产业的支持,国内也开始逐渐关注和投入麻醉机器人技术的研发与应用。一些高水平的医疗机构和科研院所也在进行相关的技术研究,并取得了一些阶段性成果。

未来,麻醉机器人的发展趋势将主要体现在以下几方面:

1) 技术创新:借助人工智能、机器学习等先进技术,麻醉机器人将实现更加精准和个性化的麻醉管理,包括对患者生理状态的实时监测和分析、自动调节麻醉药物剂量和浓度等。

2) 多模态数据融合:整合多种生理参数监测技术,通过多模态数据融合实现全面而准确的麻醉监测,如心电图监测、呼吸监测、血压监测等。

3) 个性化医疗:实现根据患者特定情况和手术类型制定最佳的麻醉管理方案,提高手术安全性和患者舒适度。

4) 应用拓展:除了手术麻醉管理,麻醉机器人还有望在急救医疗、康复治疗等领域得到应用,为医疗行业带来更多可能性。

总的来说,麻醉机器人技术在国内外都处于快速发展的阶段,未来将向着智能化、个性化和多样化的方向不断演进,为医疗行业带来更多的创新和改变^[8]。

3 自动化控制方法在介入手术中的应用

3.1 介入手术中自动化控制的需求和意义

介入手术是一种侵入性手术,对患者的生命安全和手术结果有着极高的要求。在手术过程中,麻醉机器人的自动化控制能够提供实时、精确的麻醉管理,减少手术中的风险和人为误差,提高手术的安全性和效率。麻醉机器人能够根据患者的生理参数和手术需求,自动调整麻醉管理策略,确保患者在手术过程中维持稳定的麻醉状态,提高麻醉效果,减少麻醉深度度过浅或过深的情况,提高手术的成功率。人工智能技术能够对大量的患者数据进行实时监测和分析,判断麻醉过程中可能出现的风险,并及时采取措施。麻醉机器人的自动化控制能够减少手术中的风险和人为误差,提高手术的安全性。自动化控制可以减少医生的工作负担,让医生能够

更专注于手术操作。同时,麻醉机器人能够实时监测和调整麻醉参数,提高手术的效率,减少手术时间和疼痛感。利用人工智能技术,麻醉机器人可以根据患者的个体差异和生理特征,提供个性化的麻醉管理方案,根据患者的需求和特点,选取最合适的麻醉药物和剂量,提高麻醉效果和患者的满意度。通过自动化控制方法的应用,介入手术的安全性、效率和患者满意度都将得到显著提高。

3.2 自动化控制方法在介入手术中的具体案例

人工智能麻醉机器人的研究主要分为:基础数据处理、决策与控制算法优化以及实验设计分析。首先,研究人员收集并处理患者的生理参数数据,如心率、血压等,并应用数据挖掘等技术进行分析,以获取患者的生理状态和风险指标;其次,研究人员优化改进控制算法,实现麻醉机器人的自动化控制,如麻醉剂输送和呼吸机参数调节;最后,研究人员通过实验验证和评估麻醉机器人的自动化控制方法的效果,并为优化和改进提供依据。

4 实验与结果

与传统的麻醉方法相比,基于人工智能的麻醉机器人可以更加精确地控制麻醉药物的剂量和输注速度,减少麻醉药物的使用量,降低手术时长,缩短术后恢复时间。两组结果对比有显著差异性($p < 0.05$),如表1所示。计数资料行 χ^2 检验,以例数(%)表示,计量资料正态分布行 t 检验,以 $x \pm s$ 表示。

表1 基于人工智能的麻醉机器人在介入手术中的应用效果对比($x \pm s$)

组别	麻醉药物 总用量/ml	手术时长/min	术后恢复 时间/d
实验组	54.4±3.2	64.7±6.3	3.2±0.5
对照组	65.1±4.5	79.1±15.4	5.1±0.6
t	8.124	9.316	8.425

与传统的麻醉方法相比,基于人工智能的麻醉机器人可以降低术后并发症发生率和麻醉药物不良反应。2组结果对比有显著差异性($p < 0.05$),如表2所示。

表2 两组术后并发症和不良反应发生情况比较 %

组别	人数	术后并发症 发生率	麻醉药物 不良反应
实验组	50	82	30
对照组	50	28	6
χ^2 值		12.526	18.421

5 结论

通过与目前已有的研究成果进行比较发现:基

于人工智能的麻醉机器人在提升麻醉控制精确度、降低人为操作失误以及增强术中生理参数监测方面具有显著优势,结果与现有文献相符。此外,通过对对照组和实验组之间的对比,笔者的数据进一步支持了 AI 技术在麻醉剂量精细调节和患者恢复过程优化方面的潜力。然而,在某些特定情况下,如针对罕见病例或非常规手术,AI 系统的表现可能还不足以完全替代经验丰富的麻醉师。对未来麻醉机器人发展而言,该研究不仅证明了 AI 在自动化麻醉管理中的实用性,而且为其在临床环境中进一步应用提供了科学依据。随着 AI 算法的持续改进及诊断设备的日益先进,预计未来的麻醉机器人将更加智能,可在更宽广的手术类型和患者群体中得到应用,并最终实现真正的个性化麻醉管理。此外,该研究促进了医护人员对于 AI 麻醉机器人能力的认识,有助于其在手术流程中更好地融入团队,提高整体工作效率^[8-10]。

该研究的主要局限性包括样本量的限制、单一文化背景下的数据收集以及对特定类型手术的适用性测试。这些因素可能影响结论的普遍性和转化到其他环境中的可行性。技术挑战主要涉及到 AI 系统的稳健性、算法的透明度以及与人类专业人员的互动。由于麻醉过程的复杂性,AI 系统必须能够处理突发事件并适应快速变化的情况。最后,随着技术的推进,规范的建立和伦理问题的解决也是未来研究需要关注的重点。

综上所述,笔者在探索人工智能在麻醉机器人领域的应用方面取得了积极的成果,但仍需进一步研究和探索。为推动基于人工智能的麻醉机器人技术的发展,应当鼓励医疗设备制造商和科研机构加大对人工智能领域的投入,促进跨界合作,推动

多学科交叉融合,并提倡数据共享和开展临床验证,同时加强相关法规标准的建立和完善,重视用户参与和提供教育培训,以确保该技术能够真正满足实际临床需求并得到广泛认可。

参考文献:

- [1] 刘莹,黄婧. 15例达芬奇机器人辅助非插管全身麻醉下重症肌无力胸腺扩大切除术的护理配合[J]. 全科护理, 2023, 21(20): 2828-2830.
- [2] 龙浩,王军,王兴勤. 机器人辅助全麻无框架 DBS: 误差控制与流程优化[C]//第十六届中国医师协会神经外科医师年会摘要集. 中国医师协会、中国医师协会神经外科医师分会, 中国医师协会神经外科医师分会, 2022: 2.
- [3] 艾卿. 自主呼吸麻醉机器人辅助气管/隆突切除与重建的可行性探究[D]. 广州: 广州医科大学, 2022.
- [4] 马宁泽. 全身麻醉用气管插管机器人系统的研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2021.
- [5] 金海,陶英群,巩顺. 全麻下机器人辅助脑深部电刺激术治疗帕金森病[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2021, 26(4): 148-151.
- [6] 李礼,曾剑锋,罗建伟,等. 机器人根治性全膀胱切除手术的麻醉特点——速尿或可改善麻醉复苏质量[J]. 岭南急诊医学杂志, 2018, 23 (6): 567-569.
- [7] 王婷. 精准麻醉对机器人辅助腹腔镜下前列腺癌根治术患者围术期细胞免疫功能的影响[D]. 合肥: 安徽医科大学, 2018.
- [8] 吴迪,贾其余,胡联英,等. 人工智能三维术前规划在全髋关节置换术中的临床应用[J]. 实用骨科杂志, 2023, 29(3): 202-207.
- [9] 白玉,赵贵君. 人工智能在消化内镜中应用的研究进展[J]. 内蒙古医学杂志, 2022, 54(1): 71-73.
- [10] 高宇,翟吉良,丁大伟,等. 人工智能在骨科手术机器人中的应用与展望[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2022, 15(2): 155-160.