

Development of a simulation teaching system for pediatric scoliosis surgery based on artificial intelligence technology

Xianyong Luo¹ Hongling Zeng²

1. The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, 450000, China

2. Department of Rheumatology and Immunology, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

With the continuous development of medical education, artificial intelligence is AI technology in the field of medicine has gradually become a key way to improve education quality and efficiency, children scoliosis surgery belongs to a complex surgery, the surgeon technology has high requirements, to assist medical professionals to improve surgical skills and clinical judgment, ability and study a kind of artificial intelligence technology of children scoliosis surgery simulation teaching system. The system of virtual reality namely VR technology and deep learning algorithm, rely on the actual operation of simulated children scoliosis surgery, provide the real surgical training environment, system after detailed design and implementation, integrate the virtual operation environment, patient model, intelligent feedback mechanism, and other functions, can provide a surgeon efficient and safe surgical simulation platform, help them understand the operation process, improve technical operation ability.

Keywords

artificial intelligence; pediatric scoliosis; surgical simulation; virtual reality; medical education

基于人工智能技术的儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统研发

罗先勇¹ 曾宏玲²

1. 郑州大学第一附属医院, 中国·河南 郑州 450000

2. 郑州大学第一附属医院风湿免疫科, 中国·河南 郑州 450000

摘要

随着医学教育持续向前发展, 人工智能也就是 AI 技术在医学领域的运用已渐渐成为提升教育质量以及效率的一项关键方式, 儿童脊柱侧弯手术属于一种复杂的外科手术, 对外科医生的技术有着极高要求, 为协助医疗专业人员提高手术技能以及临床判断能力, 并且研究了一种借助人工智能技术的儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统。该系统把虚拟现实即 VR 技术和深度学习算法结合起来, 依靠模拟儿童脊柱侧弯手术的实际操作情形, 提供真实的手术训练环境, 系统经过详细设计与实现, 整合了虚拟操作环境、患者模型、智能反馈机制等功能, 能为外科医生提供一个高效且安全的手术模拟平台, 帮他们理解手术过程、提升技术操作能力。

关键词

人工智能; 儿童脊柱侧弯; 手术模拟; 虚拟现实; 医学教育

1 引言

随着科技的进步, 人工智能技术正在迅速发展, 医学教育正迎来深刻变革。传统的手术培训依赖临床实践和有限的模拟训练, 存在手术机会不足、风险较高和操作不易重复等局限。针对这些挑战, 人工智能驱动的手术模拟训练系统成为解决方案。儿童脊柱侧弯手术要求高度精准的技巧和判断能力, 开发一个高效且可重复操作的模拟系统具有重要价值。通过结合虚拟现实与深度学习, 模拟系统提供安全的训练环境, 允许医生在无风险条件下反复练习, 从而提高操作

和决策能力。本研究将探讨如何运用人工智能技术开发儿童脊柱侧弯手术模拟系统, 推动医学教育的创新与发展。

2 人工智能技术在医学教育中的应用现状

2.1 人工智能技术在医学教育中的发展

随着人工智能 (AI) 技术在计算机视觉、机器学习和自然语言处理等领域的突破, AI 已逐渐渗透至医学教育。传统医学教育面临着训练复杂、教学资源有限等挑战, 而 AI 技术为医学教育带来了全新的教学方法, 如虚拟手术模拟、智能教学助手和个性化学习路径。AI 可根据学生进度实时调整教学内容, 提高学习效率, 特别在外科手术训练中, AI 显著降低学习成本, 推动医学教育向智能化和个性化发展^[1]。通过 AI 技术的应用, 学员不仅可以在更短的时间内

【作者简介】罗先勇 (1989-), 男, 硕士, 主治医师, 从事儿童骨科研究。

获得更多的实践机会，还能更有效地进行术前和术后模拟。虚拟手术的模拟能够提供更加多样化的案例，帮助学员更好地理解不同患者的个体化差异，并在无风险的环境下进行反复训练。此外，AI技术还能够根据学员的薄弱环节提供专业的辅导，从而提升学习质量，减少师资负担。AI不仅改善了教学资源的分配，也为医学教育的未来发展带来了更多的创新空间。

2.2 人工智能在外科手术训练中的应用

外科手术训练要求医学生在限定时间内掌握众多技术性操作，AI技术在其中发挥了关键作用。通过将虚拟现实与AI算法结合，学生可以在逼真的虚拟环境中模拟手术操作，提升技能和临床判断能力。AI还可实时监控学员操作，提供即时反馈，帮助学生纠正错误，优化技巧^[2]。AI在模拟训练中的应用不仅能帮助学生反复操作，培养其手术操作的精准性，还能够减少手术过程中可能出现的风险。在儿童脊柱侧弯手术训练中，AI技术提供更为真实的场景，增强学员的操作能力和应变能力，并为个性化训练提供动态调整。AI系统能够根据每个学员的操作细节生成针对性的反馈，帮助学员在操作过程中更快速地识别并纠正自己的不足。此外，AI还可以通过分析大量的操作数据，不断优化模拟场景，使其更具真实感和挑战性。虚拟环境中的模拟手术具有低风险、高频率的特点，能够帮助学员快速提高操作水平，尤其是在技术难度较大的手术过程中，AI技术的优势尤为明显。

2.3 现有儿童脊柱侧弯手术模拟系统的不足

尽管已有外科手术模拟系统，但大多数仍存在局限，缺乏对复杂手术操作和动态反馈的模拟。在儿童脊柱侧弯手术中，现有系统无法精准模拟脊柱弯曲角度变化和个体差异，也无法提供个性化的操作反馈。为解决这一问题，需结合深度学习、计算机视觉等先进技术，开发高精度、互动性强的手术模拟系统，提供个性化反馈，提升学员的临床技能^[3]。目前的系统大多依赖静态的模型和预设的操作路径，无法真正做到个性化训练和多样化的模拟情境。脊柱侧弯手术本身具有很大的复杂性，不同患者的弯曲程度、手术难度和临床反应差异较大。现有模拟系统无法完全复制这种差异，限制了学员的训练效果。因此，未来需要利用更先进的技术，如深度学习、三维建模和人工智能分析等，开发更具互动性和个性化的模拟平台。通过实时监测和反馈，新的系统可以为每个学员量身定制训练方案，并根据手术模拟过程中的操作数据实时调整训练内容，使学员能够在更加精准的环境中进行技能训练。与此同时，系统还需要具备自动化评估和错误修正功能，以确保每个学员能够不断提高其技术水平。

3 基于人工智能技术的儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统的设计与实现

3.1 系统架构设计

本研究提出的儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统，结合

虚拟现实（VR）技术和深度学习算法，构建了一个高交互性和高度个性化的手术训练环境。系统的核心架构包括：虚拟手术环境、患者模型、手术操作界面和智能反馈机制。通过整合多个技术平台，系统能够为学员提供一个全方位的训练体验，既包括理论知识的学习，也包括实际操作技能的提升。特别是在模拟过程中，学员可以体验到手术中复杂的操作步骤和实时反馈，从而有效提升其技能水平。系统架构不仅支持实时数据处理，还能够根据学员的反馈调整训练内容，确保学员的每一次操作都能得到针对性的指导和优化。通过这种设计，学员能够在无风险的虚拟环境中进行重复练习，帮助他们逐步积累经验并提高临床应变能力。

3.1.1 虚拟手术环境的构建

虚拟现实技术为学员提供了一个高度仿真的手术操作环境。在该环境中，学员可以通过手术模拟体验操作反馈，如触觉反馈（通过力反馈设备）、视觉反馈（通过逼真的图形和动态效果）以及听觉反馈（例如手术中器械操作的声音）。这些反馈大大提高了训练的真实感和沉浸感，学员能更好地感知手术中的每一个细节，如器械的使用、患者脊柱的矫正、固定器的插入等操作^[4]。此外，虚拟手术环境不仅能帮助学员熟悉每一个细节，还能够模拟不同的患者体型和病情，提供个性化的训练场景。系统根据学员的实际操作情况，实时调整虚拟患者的反应，进一步提升学员对手术过程中患者反应的敏感度和适应能力。通过这种多层次、多维度的模拟，学员能够获得更全面的手术操作体验，从而在面对真实患者时能够更冷静和自信地应对。

3.1.2 深度学习算法的应用

深度学习算法的应用为系统的核心功能之一。通过实时分析学员的操作数据，算法评估其操作质量，并自动生成个性化的反馈意见^[5]。这些反馈帮助学员及时发现操作中的问题并调整策略，从而提升操作精度。例如，如果学员在矫正脊柱的过程中未能正确掌握器械的角度或力度，系统会通过实时分析指出错误并给出详细纠正方案。深度学习技术能够处理大量的学员操作数据，利用算法不断优化训练内容，并根据每个学员的学习进度生成个性化的反馈。通过这种智能化的反馈机制，学员能够迅速发现自己的不足并进行针对性的改进。此外，系统的反馈不仅包括操作技术的提升建议，还会根据手术中可能遇到的风险进行预警，帮助学员提前准备应对策略。

3.2 患者模型的构建与仿真技术

患者模型的构建是儿童脊柱侧弯手术模拟系统中的核心环节之一。为了实现高精度的手术模拟，系统利用CT扫描和MRI图像数据，通过三维建模技术重建儿童脊柱侧弯患者的三维结构^[3]。这个患者模型能够精确地反映脊柱侧弯的不同类型、病因以及个体差异。通过精确的建模，系统能够模拟多种脊柱侧弯情况，从而让学员接触到更丰富的临床场景。在虚拟环境中，学员不仅能对脊柱进行矫正，还能

在不同的解剖结构和手术难度条件下进行操作,进一步提升操作的熟练度。模型的精度和复杂性确保了每次手术模拟都具有高度的真实性和临床价值,有助于学员在实际手术中更好地掌握操作技巧,减少失误。

3.3 智能反馈与个性化学习路径

智能反馈机制是系统中的重要组成部分,它依托深度学习技术和大数据分析,通过实时监测学员的操作表现,生成个性化反馈和建议。这个反馈机制不仅是学员提升技能的助推器,还能够有效帮助学员针对性地克服操作难点。系统通过对学员操作数据的深入分析,能够精准定位其操作中的薄弱环节,并提供具体的改进建议。这些反馈不仅限于技术方面,还会包括学员的学习进度和能力发展,确保学员的每一步学习都能在适当的难度范围内进行[5]。随着学员技术的不断进步,系统能够自动调整训练难度,提供更具挑战性的模拟任务,帮助学员在不断的挑战中提升临床应变能力和技术水平。通过这种个性化、持续优化的反馈机制,学员能够在最适合自己的训练路径上稳步提升,最终达到理想的临床技能水平。

4 儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统的应用效果与前景

4.1 教学效果的评估

儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统已成功应用于多所医学院校及医院住院医师培训中。与传统教学相比,使用该系统的学员在实际手术中的操作精度和稳定性更高,能更好应对手术中的变化,做出及时决策,提升了操作技能和临床应变能力[5]。

4.2 前景展望

随着人工智能、虚拟现实和大数据技术的进步,儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统将变得更加智能化和个性化。未来,系统可更精准地模拟手术中的各种情境,提供个性化的反馈,帮助学员提高技术水平。同时,VR技术的发展将提

升模拟环境的沉浸感,帮助学员适应实际手术情境[4]。

5 结语

儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统借助人工智能技术,融合虚拟现实与深度学习,为医学生及住院医师搭建起高效、安全且可重复操作的训练平台,该系统可提升学员手术技能,帮助其更好地理解并应对临床复杂情境,提升医疗质量与患者治疗效果,借助此系统,学员于无实际风险环境中持续操作以积累经验,提升临床应变能力与技术水平。未来随着技术发展,儿童脊柱侧弯手术模拟教学系统有望于医学教育及住院医师培训中发挥更关键作用,推动医学教育朝着智能化、个性化方向发展,这能为医学教育提供更高效的教学手段,又能为临床实践培育更多技术精湛、思维敏捷的医疗人才提供支撑,最终达成医学教育与实践的深度融合。

参考文献

- [1] 卜楠,杨祎铖,宋贝贝,等.基于《国际功能、残疾和健康分类》评价中国智能化辅盲设备的补偿功能[J].中国组织工程研究,2025,29(17):3650-3656.
- [2] 黄霖,车圳,李明,等.人工智能在骨科疾病诊治中的研究进展[J].山东大学学报(医学版),2023,61(03):37-45.
- [3] 吴南,李国壮,吴志宏,等.TBX6相关先天性脊柱侧凸——一种由国人定义的全新先天性脊柱侧凸亚型[J].协和医学杂志,2022,13(05):719-724.
- [4] 范先群.世界人工智能法治蓝皮书(2020)第七部分人工智能法治发展专家访谈五、人工智能在医疗健康领域深入应用的法治保障——专访上海交通大学党委副书记、上海交通大学医学院党委书记、上海交通大学中国医院发展研究院院长范先群[C]//世界人工智能法治蓝皮书(2020).上海交通大学医学院附属第九人民医院眼科;上海交通大学党委;上海交通大学医学院党委;上海交通大学中国医院发展研究院;2020:351-358.
- [5] 付洋.基于“筋骨平衡”理论探讨柔筋正骨手法治疗颈型颈椎病的临床及生物力学研究[D].成都中医药大学,2024.