

虚拟仿真技术在口腔医学教育中的应用

薛佳伟

上海歌林口腔门诊部有限公司

DOI:10.12238/bmtr.v7i3.14441

[摘要] 虚拟仿真技术通过计算机生成沉浸式模拟环境,为口腔医学教育提供了创新解决方案。本文探讨了其在实践教学中的应用价值:通过高精度三维模型与力反馈设备,实现牙体预备、根管治疗等基础技能的标准化训练,并支持复杂手术的动态模拟,有效降低临床资源依赖与伦理风险。研究显示,虚拟仿真技术可显著提升学生操作熟练度与决策准确性,缩短技能掌握周期,同时通过虚拟患者系统增强医患沟通能力。本文提出技术优化与教育模式创新的策略,为口腔医学教育数字化转型提供参考。

[关键词] 虚拟仿真技术; 口腔医学教育; 实践教学; 技能培训

中图分类号: R322.4+1 **文献标识码:** A

Application of Virtual Simulation Technology in Oral Medicine Education

Jiawei Xue

Shanghai Gelin Dental Clinic Co., Ltd

[Abstract] Virtual simulation technology provides innovative solutions for dental education by generating immersive simulation environments through computers. This article explores its application value in practical teaching: through high-precision 3D models and force feedback devices, standardized training of basic skills such as tooth preparation and root canal treatment can be achieved, and dynamic simulation of complex surgeries can be supported, effectively reducing clinical resource dependence and ethical risks. Research shows that virtual simulation technology can significantly improve students' operational proficiency and decision-making accuracy, shorten the skill mastery cycle, and enhance doctor-patient communication skills through virtual patient systems. This article proposes strategies for technological optimization and educational model innovation, providing reference for the digital transformation of dental education.

[Key words] Virtual simulation technology; Oral medicine education; Practical teaching; Skill training

引言

口腔医学是一门高度依赖实践操作能力的学科,其教育目标不仅要求学生掌握扎实的理论知识,还需具备精准的临床操作技能与医患沟通能力。然而传统教学模式在实现这一目标时面临诸多挑战。一方面临床教学资源有限,真实患者数量与病例多样性难以满足学生反复练习的需求,而模型操作与尸体解剖等传统手段存在成本高昂、伦理争议及操作真实性不足等问题。另一方面,随着口腔医学技术的快速发展,新技术的教学需求激增,而传统教学模式的更新速度难以匹配。在此背景下,虚拟仿真技术凭借其可重复性、安全性与成本效益等优势,成为口腔医学教育改革的突破口。该技术通过计算机生成高度逼真的三维口腔环境,结合力反馈设备、触觉模拟器及虚拟患者系统,实现从基础技能到复杂手术的全流程模拟。学生可在虚拟环境中反复练习操作,系统实时反馈精度与错误,显著提升技能掌握效率。同时虚拟仿真技术可模拟罕见病例与紧急场景,弥补临床资

源的不足,并规避真实患者操作中的伦理风险。其远程协作功能为跨地域教学提供可能,助力优质教育资源共享。

1 虚拟仿真技术概述

1.1 技术定义与分类

虚拟仿真技术是指通过计算机生成高度逼真的三维模拟环境,结合传感器、交互设备及算法模型,实现用户与虚拟对象的实时交互操作与动态反馈。其核心在于通过数字化手段还原真实场景,使学习者在无风险环境中完成技能训练与决策实践。根据技术实现方式,虚拟仿真技术可分为硬件与软件两大类:硬件包括力反馈设备、触觉模拟器及3D打印模型。软件涵盖虚拟患者系统、手术模拟软件及数据分析平台。

1.2 技术发展历程

虚拟仿真技术在口腔医学教育中的应用经历了从二维静态模拟到三维动态交互的演进。早期技术仅能呈现静态图像或简单动画,缺乏交互性与沉浸感。随着计算机图形学与传感器技术

的进步,三维动态模拟逐渐成为主流。近年来,人工智能(AI)与大数据技术的融合为虚拟仿真技术注入新动能。AI算法可基于大量临床数据优化虚拟患者行为模型,使其反应更贴近真实患者;大数据分析则能实时评估学生操作轨迹,提供个性化改进建议。

1.3 技术优势

虚拟仿真技术在口腔医学教育中的核心优势体现在以下三方面:

1.3.1 可重复性: 支持无限次操作练习

传统教学模式受限于耗材成本与患者资源,学生难以反复练习复杂操作。虚拟仿真技术通过数字化环境打破了这一限制。例如在牙体预备训练中,学生可针对同一病例进行多次备洞操作,系统实时记录每次操作的深度、角度及时间,并通过对比分析生成改进路径。此外,虚拟仿真技术可模拟罕见病例,帮助学生积累特殊病例处理经验,弥补临床资源不足。

1.3.2 安全性: 避免真实患者风险

口腔医学操作涉及侵入性治疗,学生初期操作失误可能导致患者疼痛或并发症。虚拟仿真技术通过虚拟患者系统构建安全环境,学生可在无风险条件下练习高风险操作。例如某虚拟种植牙软件可模拟不同骨质条件下的植入阻力,学生需根据反馈调整力度与角度,避免因操作不当导致骨损伤。虚拟患者系统还能模拟患者突发状况,训练学生的应急处理能力,降低临床实践中的伦理风险。

1.3.3 成本效益: 减少耗材与设备损耗

传统口腔医学教育依赖大量耗材与设备,成本高昂且维护复杂。虚拟仿真技术通过数字化手段显著降低教学成本。3D打印模型虽能复现实体结构,但单次制作成本仍达数百元,而虚拟模型可无限次使用且无需维护。某口腔医学院对比发现,引入虚拟仿真系统后,年均耗材费用降低65%,设备损耗率下降80%。此外虚拟仿真技术可集中管理教学资源,避免因教师经验差异导致的教学质量波动,进一步提升教育效率。

2 虚拟仿真技术在口腔医学教育中的应用场景

2.1 基础技能训练

虚拟仿真技术在口腔基础技能训练中发挥着标准化与精准化的核心作用。牙体预备、根管治疗等操作需高度依赖肌肉记忆与空间感知能力,传统教学依赖教师主观判断,难以保证训练的一致性。虚拟仿真系统通过高精度三维模型与力反馈设备,将操作步骤分解为可量化的参数,实现标准化模拟。

2.2 复杂手术模拟

虚拟仿真技术为正畸治疗规划、种植牙手术等复杂操作提供了三维可视化与动态交互平台。在正畸治疗中,学生可通过虚拟系统导入患者CBCT数据,生成牙齿与颌骨的三维模型,模拟托槽粘接、弓丝调整等步骤,并预测治疗后的咬合关系。例如,某款正畸模拟软件可量化分析牙齿移动路径,自动计算弓丝弯制参数,学生需根据反馈优化方案,培养临床决策能力。种植牙手术模拟中,虚拟导航系统结合触觉反馈技术,可复现不同骨质条

件下的植入阻力。

2.3 医患沟通与伦理教育

虚拟仿真技术通过虚拟患者系统构建沉浸式沟通场景,提升医学生的共情能力与伦理决策水平。VPS可模拟不同病情与情绪状态的患者,学生需根据患者反应调整沟通策略。虚拟患者系统内置情绪识别算法,当学生未能有效安抚焦虑患者时,系统会通过语音语调变化与肢体动作强化负面情绪,迫使学生重新设计沟通方案。伦理场景模拟是虚拟仿真技术的另一重要应用。系统可模拟患者因经济原因拒绝治疗、要求过度医疗等场景,学生需在虚拟环境中权衡患者意愿、医疗规范与资源分配。

2.4 远程教学与协作

虚拟仿真技术结合5G与云计算,突破地域限制,实现跨地域专家实时指导与资源共享。在远程教学中,专家可通过虚拟系统实时查看学生操作画面,并在三维模型上标注关键点,学生端同步接收反馈。某偏远地区口腔医学院与三甲医院合作,利用5G网络开展远程种植牙教学。专家通过虚拟导航系统远程操控学生端的触觉模拟器,实时调整钻针力度与方向,学生可同步感受操作反馈。数据显示,远程指导组的种植体植入精度与临床操作时间与现场教学组无显著差异,且学生满意度达92%。此外虚拟仿真技术推动全球口腔教育资源共享。

3 虚拟仿真技术的教育效果评估

3.1 学生能力提升

虚拟仿真技术通过量化指标显著提升了学生的操作熟练度、准确性及决策速度。以牙体预备训练为例,传统教学中学生需通过反复练习才能掌握备洞深度与角度,而虚拟仿真系统可实时记录操作数据,并生成可视化报告。某高校对比实验显示,使用虚拟仿真系统的学生在备洞深度误差达标率上较传统组提升41%,操作时间缩短33%。在根管治疗模拟中,系统通过三维重建根管形态,要求学生根据实时阻力反馈调整器械方向,实验组学生的根管偏移率降低29%,且完成时间较传统组减少25%。此外,虚拟仿真技术通过模拟复杂病例训练学生的临床决策速度,实验组在紧急情况下的平均反应时间较传统组缩短18秒,决策正确率提升37%。

3.2 教师反馈

虚拟仿真技术显著提升了教学效率并推动个性化教学实现。传统教学中,教师需反复示范操作步骤,耗时且难以保证一致性。虚拟仿真系统通过预设标准化流程,将教师从重复性示范中解放出来。某口腔医学院引入虚拟种植牙导航系统后,教师示范时间减少60%,更多时间用于分析学生操作数据,针对性指导薄弱环节。系统可自动生成学生能力画像,教师据此设计分层教学方案。对操作熟练度低的学生增加虚拟练习频次,对决策能力弱的学生强化复杂病例模拟。某教师反馈显示,使用虚拟仿真技术后,学生个体差异导致的进度滞后问题减少52%,且课堂互动质量评分提升40%。

3.3 患者满意度

接受过虚拟仿真训练的医生在临床中表现出更高的患者满

意度。虚拟仿真技术通过标准化操作训练与伦理场景模拟,降低了临床失误率与医患沟通障碍。某三甲医院追踪200例接受虚拟仿真训练医生治疗的牙周炎患者,结果显示其治疗过程中疼痛评分较传统组降低1.8分,且术后并发症发生率减少23%。在医患沟通方面,虚拟患者系统训练使学生更擅长识别患者情绪并调整沟通策略。某研究显示,接受虚拟伦理场景模拟的学生在临床中处理患者异议的成功率提升34%,患者投诉率下降27%。此外,虚拟仿真技术通过减少临床操作时间,提升了患者就医体验。某患者满意度调查显示,91%的受访者认为“医生操作更精准、沟通更耐心”,较传统组提升19个百分点。

4 现存挑战与对策

4.1 技术局限性

虚拟仿真技术在口腔医学教育中的核心瓶颈之一是触觉反馈的真实性不足。当前触觉模拟器虽能模拟钻针阻力或牙龈触感,但难以复现真实口腔环境中的复杂力学特性。例如在牙体预备训练中,虚拟系统可能无法精准区分牙釉质与牙本质的硬度差异,导致学生操作手感与临床实际存在偏差。此外,触觉延迟可能干扰操作流畅性,增加学生适应难度。

解决方案:多模态反馈技术的集成是突破局限的关键。通过融合视觉、触觉、听觉等感官通道,构建沉浸式训练环境。新型牙科模拟器采用压电陶瓷驱动技术,将触觉延迟缩短至20ms以内,并引入温度模拟模块,使学生操作时能感知到“冷热刺激”。此外结合脑机接口技术,系统可动态调整反馈强度,进一步提升真实感。

4.2 教育接受度

虚拟仿真技术的推广面临部分教师的抵触心理,主要源于对技术可靠性的质疑及传统教学习惯的惯性。某调查显示,35%的口腔医学教师认为虚拟系统“缺乏临床温度”,28%的教师担心技术故障影响教学进度。教师需投入额外时间学习新技术操作,而部分院校缺乏相关激励机制,导致教师参与积极性不足。

解决方案:需从培训与激励双维度入手。开展分层培训计划,针对不同技术水平的教师设计课程,如基础操作培训、故障应急处理,并邀请技术专家与临床教师联合授课,增强信任感。建立激励机制,将虚拟仿真教学纳入教师绩效考核,如课时认定、科研成果加分,并设立专项奖励基金。某医学院对使用虚拟仿真系统开展创新教学的教师给予年度评优加分,教师参与率从42%提升至78%。通过学生反馈数据,如操作成绩提升率,量化技术效果,进一步消除教师疑虑。

4.3 成本与资源分配

虚拟仿真设备的采购与维护成本高昂,是制约其普及的主要障碍。一套高端牙科模拟器价格可达数十万元,且需定期更新软件与硬件,年均维护费用占设备总价的15%-20%。对于资源有限的基层院校或偏远地区,高成本导致设备覆盖率不足,加剧教育不平等。某西部地区口腔医学院因预算限制,仅能配置2台虚拟仿真设备,无法满足200名学生的训练需求。

解决方案:需构建多方协同的成本分担机制。其一推动校企合作,由企业捐赠设备或提供租赁服务,院校以临床数据共享、技术验证作为回报。某企业与高校共建“虚拟仿真实验室”,企业获得学生操作数据用于算法优化,院校节省采购成本60%。其二争取政府专项资助,将虚拟仿真技术纳入“教育信息化2.0”等政策支持范围。某省教育厅设立口腔医学教育数字化专项基金,覆盖全省80%的口腔医学院校。其三建设区域资源共享平台,通过云计算技术实现设备远程调用。某省级平台整合10所高校的虚拟仿真资源,学生可通过账号跨校预约使用,设备利用率提升3倍。随着开源硬件与模块化设计的普及,虚拟仿真设备的成本有望进一步降低。

5 结束语

未来虚拟仿真技术将加速与虚拟现实、增强现实及人工智能的融合,构建“感知-交互-决策”一体化教学平台。VR技术通过沉浸式头显与全身追踪设备,使学生身临其境地模拟手术场景,并通过手势识别技术实现无接触操作,降低交叉感染风险。虚拟仿真技术将推动口腔医学教育从“标准化教学”向“精准化培养”转型。通过采集学生操作数据、决策行为及伦理场景反应,系统可构建多维能力画像,并动态调整训练内容。虚拟仿真技术将打破地域壁垒,构建跨国协作的口腔医学教育网络。通过5G/6G网络与云计算平台,全球院校可共享虚拟病例库、教学方案及专家资源。

[参考文献]

- [1]刘瑞红,李然.虚拟仿真技术在口腔医学专业教学中的应用研究[J].中国新通信,2025,27(03):90-92.
- [2]邹岩,周维,毛梦莹,等.基于虚拟仿真技术的进阶式手部技能训练在口腔医学专业本科生教学中的应用[J].口腔材料器械杂志,2024,33(02):116-119.
- [3]张翠英,杨书平,杨小艳,等.虚拟仿真技术在医学教育中的应用效果[J].黑龙江科学,2023,14(15):130-132.

作者简介:

薛佳伟(1978--),男,汉族,江苏省海门县人,本科,主治医师,口腔医学。