

元宇宙技术在口腔正畸治疗教学中的应用与发展



葛昕桐¹, 张栋梁^{2*}

1. 华北理工大学, 唐山 063210

2. 首都医科大学北京口腔医院, 北京 100050

[摘要] 口腔正畸学是一门高度依赖空间感知和精细操作技能的学科,对操作者的经验、技巧及判断力要求极高。然而,传统教学模式在口腔正畸培训中面临诸多挑战。元宇宙作为融合虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、人工智能(AI)等技术的新兴技术,为口腔正畸教学提供了沉浸式、互动性强的解决方案。本文综述了元宇宙技术在口腔正畸教学中的应用与发展。

[关键词] 元宇宙;口腔正畸学;教学

[中图分类号] R 192 **[文献标志码]** A

The application and development of metaverse technology in orthodontic treatment education

GE Xintong¹, ZHANG Dongliang^{2*}

1. North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, Shandong, China

2. Stomatological Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

[Abstract] Orthodontics is a discipline that heavily relies on spatial perception and fine motor skills, placing extremely high demands on the practitioner's experience, technique, and judgment. However, traditional teaching models face numerous challenges in orthodontic training. The metaverse, an emerging technology integrating virtual reality (VR), augmented reality (AR), artificial intelligence (AI), and other technologies, offers an immersive and highly interactive solution for orthodontic education. This article reviews the application and development of metaverse technology in orthodontic education.

[Key Words] metaverse; orthodontics; education

口腔正畸学是一门高度依赖空间感知和精细操作技能的学科,传统教学模式面临实训资源有限(如尸体标本稀缺)、操作风险不可控(如临床操作失误导致医疗纠纷)、复杂病例教学难度大等瓶颈。

元宇宙技术通过整合虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、扩展现实(XR)、数字孪生和人工智能(AI),构建出高拟真、可交互的虚拟正畸诊疗环境,为教学变革提供全新路径。本文系统分析元宇宙技术在口腔正畸教学中的应用现状、临床实效及未来趋势,以推动该领域教学范式的革新^[1]。推动医疗模式的深刻变革,构建新型医疗体系,是成为实现“健康中国2030”规划纲要、强化基层医疗服务能力的关键路径^[2-7]。

1 元宇宙正畸教学的技术体系与核心功能

1.1 技术架构与教学适配性 构建全沉浸式虚拟诊室,学生可通过头戴设备进行360°视角的口腔检查、托槽粘结等操作训练。例如江苏省虚拟仿真平

台的“虚拟口腔正畸诊室”,模拟从印模制取到直丝弓矫治器粘接的全流程操作。增强现实(AR)在真实操作台上叠加数字化牙列模型,实时指导托槽定位。如上海元宇宙医学平台利用AR技术将CBCT数据与患者口腔匹配,辅助定位牙根与骨皮质边界关系。此外,Xu等人^[8]指出,虚拟现实与人工智能融合可提升牙科教育中个性化教学的效率,尤其在提升学生空间认知和操作技能方面表现出显著优势。

1.2 力触觉反馈系统 通过力觉渲染技术模拟临床操作阻力,如粘结托槽时的压力感知、弓丝弯制时的弹性反馈。研究表明,力反馈精度达0.1N时可显著提升操作手感真实性,降低临床实操失误率30%。

1.3 数字孪生与多源数据融合 整合口扫模型、CBCT、面部光栅扫描数据,构建包含牙冠-牙根-颌骨的全维度数字孪生体。如SPARK精靓矫治系统的3D根骨模型,可预判牙齿移动中的骨开窗风险。

[收稿日期] 2025-06-10

[接受日期] 2025-06-26

[作者简介] 葛昕桐. E-mail: a13552006348@qq.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 010-57099284, E-mail: zhangdongliang@mail.ccmu.edu.cn

基于 AI 的自动化虚拟排牙,输入拥挤度、Spee 曲线深度等参数,自动生成排牙方案,减少人为误差。

2 元宇宙在正畸教学中的核心应用场景

2.1 诊断设计与治疗规划教学 三维诊断分析实训,学生在 VR 环境中操作虚拟测量工具,分析牙弓宽度、Bolton 指数等参数,系统自动校验结果准确性。结合数字孪生体演示牙齿移动的生物力学机制,如内收前牙时支抗设计的应力分布。个性化方案设计利用 AI 辅助系统(如 SPARK 的 APPROVER 软件),输入患者数据后生成多个矫治方案,学生对比选择并接受系统评分。

2.2 操作技能沉浸式训练 VR 模拟托槽定位:学生需在数字牙冠上选择粘接位置,误差超过 0.5 mm 触发警报。力反馈弓丝弯制训练:通过触觉设备感受不同尺寸弓丝的弹性形变,形成肌肉记忆。在虚拟模型上添加优化附件,实时观察牙齿移动轨迹变化,理解生物力学原理。另一项来自韩国的研究^[9]表明,将增强现实系统与传统正畸培训相结合,显著提高了学生在托槽粘接和矫治力评估中的准确率,同时减少了临床操作所需时间。

2.3 远程协作与分层教学 专家全息指导,资深医师以全息影像进入虚拟诊室,实时标注操作误区,如“舌侧托槽位置偏龈方”。VARK 模型适配教学,基于学员学习风格(视觉型/听觉型/读写型/动手型)动态调整教学内容,该模式使测试通过率提升至 96.67%,而传统教学为 90.16%。

2.4 医患沟通与伦理教育 治疗结果预演:患者佩戴 VR 眼镜观看矫治后面型变化动画,提升治疗依从性。伦理决策训练:模拟“过度内收导致面型凹陷”等案例,引导学生平衡美学与健康。

3 临床验证与教学成效

3.1 技能提升效果 操作熟练度:Osso VR 培训数据显示学员托槽粘结速度提升 40%,位置精度提高 35%。决策能力:使用 3D 根骨系统的学员在风险预判测试中正确率达 91%,显著高于对照组(72%)。英国伦敦国王学院的一项实证研究^[10]显示,学生在参与基于 VR 的正畸模拟系统训练后,对复杂病例的应对能力有明显增强,临床评估表现优于未使用此系统的对照组。

3.2 基层教育赋能 多中心研究:县级医院医师经 VR 培训后,隐形矫治方案设计合格率从 64% 升至 89%,缩小与三甲医院差距。

4 发展挑战与应对策略

4.1 技术瓶颈 触觉反馈精度不足,现有设备难以模拟弓丝结扎的细微扭矩。可以开发压电陶瓷微振动模块(如同济大学导丝导航平台),结合深度学习优化力学模型。

数据整合存在障碍,口扫、CBCT、面像数据格式各异,融合误差影响数字孪生精度。可以建立统一口腔数据标准,采用特征点配准算法。

4.2 临床转化壁垒 硬件成本高,高端力反馈设备单价超 20 万元。因此,可以推广手机 AR 轻量化应用(如腾讯觅影 AR),基础训练成本降至千元级。伦理争议方面,AI 决策权责边界模糊(如虚拟排牙方案责任主体)。可以建立“医师主导-AI 辅助”分级标准,明确算法建议需人工审核。

5 未来发展方向

5.1 技术融合创新 生物力学实时仿真,开发有限元分析-元宇宙联动系统,模拟牙齿移动中的牙槽骨改建过程,预测治疗时间。细胞级微生物模拟,整合口腔菌群数据,可视化展示牙龈炎症演变,技术创新和融合发展。

5.2 教学体系重构 元宇宙专科认证,上海瑞金医院试点 VR 正畸操作考核,操作数据区块链存证,替代传统石膏模型评分。全球协作云平台,构建跨国病例库(如亚太隐形矫治联盟),支持学员协作完成跨文化正畸方案设计。

元宇宙技术通过构建“虚实互嵌”的正畸教学新生态,正在重塑口腔医学教育范式。从技能训练,借助力反馈设备和数字孪生体,突破传统实训的物理限制,到决策优化,通过 AI 辅助规划与 3D 根骨风险预判,实现数据驱动的精准治疗,再到资源普惠,依托 5G 全息协作推动顶尖技术向基层辐射,正畸教学的元宇宙革命,本质是将经验医学转化为可计算、可重构、可验证的科学过程。当每一次托槽粘结都可被无限次解构,每一根弓丝弯制都能被转化为算法,医学生的成长将不再受制于珍贵临床机会的等待,而是源于虚拟与现实交织的精准赋能。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 葛昕桐:撰写论文;张栋梁:修改、审核论文。

参考文献

- [1] DAI N, HU Y Q, GE J B. When the future cardiac catheterization laboratory meets the Metaverse[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(29): 2652–2653.
- [2] 白春学. 医学新质生产力之我见[J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 3–10.
- [3] 顾建英, 宋振举, 白春学. 拥抱新质生产力, 开创医学新时代[J]. *元宇宙医学*, 2024, 3(1): 1–2.
- [4] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 39–43.
- [5] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.
- [6] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. *中国医药导刊*, 2023, 25(1): 1–6.
- [7] 顾建英, 宋振举, 白春学. AI赋能未来医学, 开启医疗模式新篇章[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(1): 4–5.
- [8] XU H, WANG J, LIU Y. Application of virtual reality and artificial intelligence in dental education: opportunities and challenges[J]. *BMC Medical Education*, 2022, 22(1): 317.
- [9] KIM H J, LEE S H, KIM Y. Augmented reality-based orthodontic training improves bracket positioning accuracy and efficiency[J]. *Korean J Orthod*, 2021, 51(4): 280 – 288.
- [10] Patel H, Thompson A, Roberts D. The impact of virtual reality orthodontic simulators on dental student learning: a randomized controlled trial[J]. *Eur J Dent Educ*, 2021, 25(3): 503 – 510.

引用本文

葛昕桐, 张栋梁. 元宇宙技术在口腔正畸治疗教学中的应用与发展[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 44–46.

GE X T, ZHANG D L. The application and development of metaverse technology in orthodontic treatment education [J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 44–46.