

Exploration of the Application of Digital Technology in Stomatology Teaching and Clinical Practice

Xiaolu Liu Linwei Peng

Haiyuan College of Kunming Medical University, Kunming, Yunnan, 650101, China

Abstract

This study focuses on the practical value and development pathways of deeply integrating digital technology into oral medicine teaching and clinical practice. Traditional teaching methods rely on physical models, two-dimensional images, and limited hands-on observation, making it difficult for students to develop a three-dimensional and dynamic understanding of diseases. Clinical practice faces challenges due to the complexity of root canal anatomy, the subjectivity of periodontal probing, and the hidden nature of early caries diagnosis. The introduction of digital technologies—such as 3D scanning, virtual simulation, artificial intelligence algorithms, and remote diagnostic systems—provides an opportunity for transformation. The AI-assisted diagnostic system has a sensitivity of 92% in detecting early proximal caries, significantly higher than the 80% achieved by senior clinicians interpreting alone. 3D-printed guides have been successfully used in the navigation of complex root canal treatments.

Keywords

Digital technology; Oral medicine; Virtual reality teaching;

数字化技术在口腔内科学教学与临床实践中的应用探索

刘晓璐 彭麟微

昆明医科大学海源学院, 中国·云南昆明 650101

摘要

本研究聚焦数字化技术深度介入口腔内科学教学与临床实践的现实价值与发展路径。传统教学模式依赖实物模型、二维图片与有限的操作观察, 学生难以构建立体动态的疾病认知。临床实践环节——根管解剖的复杂性、牙周袋探诊的主观性、早期龋齿的隐匿性诊断常面临挑战。数字化技术——三维扫描、虚拟仿真、人工智能算法、远程诊疗系统的引入为变革提供了契机。研究观察到混合现实教学环境显著提升了学生对复杂口腔解剖结构的理解能力, 某案例中实验组空间定位测验准确率比传统组高38%。人工智能辅助诊断系统对早期邻面龋的识别灵敏度达92%, 显著高于资深医师单独判读的80%。3D打印导板已成功应用于疑难根管治疗导航。数字化技术的融合不仅改变了教与学的形态, 更重新定义了诊疗的精度和效率边界, 揭示其从赋能工具向核心变革力量转变的趋势。探讨应用瓶颈——设备成本、数据安全、标准化缺失以及亟需的跨学科人才——是释放其全部潜能的关键。

关键词

数字化技术; 口腔内科学; 虚拟现实教学; 人工智能诊断; 3D打印

1 引言

口腔内科学—涵盖龋病、牙髓病、根尖周病、牙周病等—是口腔医学的核心领域。传统教学方式—基于幻灯片宣讲、石膏模型认知、观摩临床示教—存在固有局限性: 学生对牙齿内部根管系统的立体构象、牙周组织病变的微观进展理解模糊; 操作技能训练机会稀缺且风险高。临床实践中, 医师高度依赖经验积累与主观判断: 根管遗漏、隐裂牙识别困难、牙周骨破坏的精确评估不足, 直接影响治疗效果。患者对精准、舒适、高效诊疗的期望值持续攀升。与此同时,

多种数字化技术呈现爆发式发展: 口内扫描获取精确三维牙列数据; 计算机辅助设计与制造实现修复体椅旁即刻化; 虚拟现实构造逼真的操作训练场; 深度学习算法识别影像中微妙病变模式, 这股数字化洪流正席卷口腔医学各个角落。

2 数字化技术对口腔内科学教学的影响

2.1 教学模式的数字化重构

口腔内科教学长期受困于抽象与具象间的转换障碍。根管治疗—理解内部蜿蜒曲折的通道系统对初学者构成首要挑战。引入虚拟现实混合现实技术: 某院校构建了交互式根管系统教学模块, 学生佩戴MR眼镜可透视牙齿内部解剖, 自由旋转放大切割模型, 同步叠加真实病例影像。追踪数据显示该组学生对MB2根管辨识正确率跃升至95%, 远

【作者简介】刘晓璐(1982-), 女, 中国北京人, 本科, 副教授, 从事口腔内科学, 口腔医学教学研究。

超对照组的62%。该沉浸式体验极大压缩了从理论认知到空间想象的时间周期。口腔扫描与3D打印的组合则解决了操作模拟的逼真度问题。不再使用通用模型，学生可基于扫描的真实患者数据设计根管通路方案，打印出的患牙模型为后续开髓、根管预备、充填提供高仿真实操平台。一学期后考核，实验组学员根管器械分离发生率显著低于传统模型训练组—错误率由15%下降至4%—揭示数字化仿真实训能高效规避临床初期的高风险操作失误。

2.2 临床诊疗的精准化升级

数字化工具正成为临床医师不可或缺的“智慧感官”。人工智能图像分析—尤以识别早期龋病与牙根纵裂见长。一项多中心研究纳入3000张口内片与咬翼片，对比AI系统与三位高年资医师对邻面早期龋的诊断效能：AI组识别灵敏度达92.4%，特异性88.7%；高年资医师组平均灵敏度为80.1%，特异性86.5%。深度学习算法捕捉釉质下细微脱矿密度的能力超越人眼固有局限。在根管治疗领域，基于CBCT数据的根管三维重建与3D打印手术导板引导术者直达复杂根管口。牙周炎的客观评估难题引入数字探针工具—内置压力传感器的探针实时记录袋深附着水平数据，减少人为测量误差与主观波动—数据变异系数从人工测量的20%降低至7%，大幅提升疾病分期分级的可靠性。

2.3 医患协同与远程可能性的延展

数字化技术重塑了诊室内外的医患互动形态。椅旁口腔扫描仪数分钟内获取全口数字印模，取代传统取模的呕吐、异物感，同时直接显示逼真的牙齿形态色泽—屏幕上的“可视化沟通”让患者直观理解自身口腔问题、参与治疗决策。一位中度牙周炎患者看到自身模拟的骨质吸收3D图像后，口腔卫生维护依从性从60%提升至95%。数字化诊疗平台—包括患者教育APP、远程复诊系统—拓展了服务边界与连续性。更重要的一诊疗过程产生的海量数字轨迹：扫描模型、影像序列、操作记录构成宝贵的学习资源库—支撑回顾性研究、循证医学分析以及未来个性化诊疗方案的智能生成。技术正在弥合信息鸿沟并拓展口腔内科服务的时空维度。

3 数字化技术的核心分析

3.1 虚拟仿真在核心技能训练中的主导地位

虚拟仿真系统已然成为口腔内科基础与高阶技能训练的核心载体。这类系统高度模拟临床环境与操作手感，提供无风险、可重复、沉浸式的技能演练场。牙髓治疗练习模块—学员可在虚拟患牙上进行完整操作序列：开髓、根管探查预备至三维充填—系统实时反馈操作角度、力度、切削量精度数据；错误操作如髓室底穿、根管侧穿会被即时视觉与力反馈警示。研究跟踪某机构学员，使用高仿真VR系统训练20小时后的操作流畅性与准确性等同于在模型上训练50小时的传统组。对于高风险的活髓切断术或根尖外科手术教

学，仿真系统是学员接触真实患者前无可替代的“安全沙盘”—一个新手外科医师在虚拟环境中练习了30例根尖手术后，首次真人实操即达到预期疗效。技能掌握的速度曲线明显被数字化手段加速、压平^[1]。

3.2 人工智能驱动的诊断与风险预测体系

人工智能技术—特别是基于深度学习的图像识别与模式分析—正深刻影响口腔内科的临床思维链。系统训练于海量标注的口腔影像数据集，识别肉眼难以觉察的早期征象：釉质表层下浅层脱矿带（早期龋），X线片上根管口钙化点形态（预示疏通难度），CBCT图像中牙根表面的微裂痕（提示纵裂牙风险）。某AI风险预测模型，整合患者全景片、口内照、唾液生化值及遗传信息，对牙周炎5年进展速率预测准确率达85%—远超传统单一指标预测。AI算法还可分析电子病历文本，挖掘病史陈述与临床表现的隐性关联模式—提示医师注意潜在误诊或高风险并发症。这赋予疾病早期预警、个性化干预新视角—从被动等待病变发展到主动预测干预。

3.3 数字化流程整合与个性化治疗蓝图

数字化技术核心价值之一在于打通诊室内部数据孤岛，实现一体化诊疗流程。口内扫描获取的牙齿形态数据无缝对接CAD软件—设计椅旁嵌体、高嵌体甚至髓腔通路孔；设计方案驱动铣削设备快速制作修复体—实现“一次就诊、即刻修复”。复杂根管治疗病例：扫描数据结合CBCT三维信息重建患牙与根周骨组织关系；导航软件规划根管疏通路径并避开危险区域；3D打印机按蓝图输出个性化树脂导板—该导板在患者口内精确定位，引导钻针直达预设深度与角度。这构成了“诊查—设计—制造—执行”一条龙路径。系统根据患者扫描模型模拟不同治疗方案效果，生成可视化治疗蓝图—患者清晰预见不同选择的形态、功能及长期预后差异—使知情同意不再空泛抽象，决策基于充分透明的数字预演^[2]。

4 数字化技术在口腔内科学教学与临床实践中的应用

4.1 教育公平化的数字桥梁与资源虹吸效应

数字化技术蕴藏弥合教育资源鸿沟的潜力。优质虚拟仿真课程、高清手术操作示教视频、交互式三维病案库可实现远程访问共享—无论学员身处名校或资源匮乏的基层机构，理论上皆能接触前沿教学资源。现象背后潜藏挑战：顶尖机构凭借雄厚财力率先装备高端数字设备、开发原创教学资源，形成优质资源“虹吸效应”—基层院校若仅能购买廉价标准模型库，教育质量的数字鸿沟可能被拉大而非缩小。平衡技术普及与资源公平配置亟待政策创新。

4.2 辅助决策工具的临床角色定位—辅助而非替代

以AI识别早期龋为例，尽管灵敏度高，仍有7.6%假阳性率可能—过度诊断导致不必要的干预。算法尚无法整合

患者全面信息：个体疼痛耐受差异、社会经济承受力、美学诉求变化甚至口腔行为习惯—这些细微差异深刻影响最终治疗路径取舍。一例被 AI 系统标记为高风险需干预的患者，综合评估其微创治疗意愿、患牙咀嚼负荷低、依从性高后，医师决策采取高氟制剂局部涂布观察—该方案在 AI 算法库内权重极低，却契合实际。“人智协作”理想模式是一 AI 筛出可疑目标并提示证据链，医师凭借经验、人文关怀进行二次深度解读和价值排序—判断何时依靠数据、何时超越数据才是核心素养。

4.3 数据安全与伦理边界设定的困境

数字化应用产生海量患者生物特征数据：精确牙列模型、三维面型、高清病变影像、微生物组学数据、诊疗全过程记录。存储云端虽便捷，但敏感数据的泄露、未授权访问或黑客攻击风险激增。一次口内扫描数据可能包含逾 30 万个人特征点—丢失或滥用后果远超一般个人信息泄露。匿名化处理在高分辨率影像重建面前亦显脆弱。患者诊疗数据用于 AI 系统训练需严格伦理框架：知情同意机制是否透明？数据去标识化如何彻底？商业公司二次利用规则的边界在哪里？某数字平台遭曝光将数百万患者匿名口内扫描数据转售模型开发公司—引发对隐私权商业化边界的争议。患者影像资料的二次存储期限、跨境传输管理规则缺口凸显治理空白。口腔数字化领域急需结合医疗特点、技术特性和社会价值观建立专项隐私保护与数据治理规范—守护患者信任这一数字化医疗生态的根基。

4.4 技术复杂性带来的新型技术依赖症

数字化设备为诊疗赋能，同时滋生新型“技术依赖”风险。医师过度依赖 AI 辅助诊断可能导致自身阅片能力退化；过分信赖 3D 打印导板定位根管口，可能削弱对根管解剖变异的本能手感探索能力。软件版本频繁更新中断临床流；故障突发时缺乏应急纸质预案可酿差错。高昂的维护与升级成本可能挤占医疗核心预算—一款高端口扫仪年维护费可达购置价的 15%-20%。技术崇拜倾向下一忽视基础病史采集与临床检视，迷信设备数据输出—导致误诊或过度治疗的事例已有报告。数字化是一把双刃剑—需警惕技术依赖削弱临床基本功和核心判断韧性^[1]。

4.5 跨学科协同与人才培养结构适应性变革

数字化口腔内科时代亟需打破学科壁垒。临床医师需具备基础计算机知识—理解算法逻辑而非视为黑箱；掌握三维数据结构—读懂处理软件的输出意义。工程师需要深入理

解临床痛点—精准扫描牙本质裂纹所需的分辨率是多少？算法训练应聚焦诊断哪些具体病损特征？医工交叉融合是数字技术真正落地的根基。当前培养体系存在错配：口腔医学教育缺乏系统性信息学、数据科学内容；工程师极难深入临床工作全流程感知实际需求。医学院应增设生物医学信息学模块，重点讲授数据解读与临床智能系统应用逻辑。设立“口腔数字医学技师”新岗位势在必行—既懂临床需求又精通 3D 模型处理、软件优化与设备基础维护—这类人才构成临床团队与技术平台的桥梁。某数字化示范中心引入计算机背景工程师常驻诊疗现场，协助医师将临床灵感快速转化为软件功能原型迭代—沟通成本显著降低、解决方案紧贴实践。专业化协作网络是释放数字化潜能的底层架构。

5 结语

数字化技术深刻重塑口腔内科学—从教学到临床实践的内在结构与表现形式。虚拟仿真创造无风险高保真技能训练环境，三维重建与导航提升诊疗精密性，AI 分析拓展疾病认知深度与预警边界，远程工具拓展服务可达性。核心技术价值在于解构传统局限—打破理解瓶颈、超越感官障碍、突破地域限制。探索进程远未结束。融合中浮现复杂挑战：教育公平鸿沟、人智协作边界、数据隐私伦理、技术依赖风险、人才结构错配。解决之道蕴含于系统性思维：建设兼顾效率与公平的资源配置机制，发展人智互补型临床决策模式，制定融合医学伦理的技术治理标准，持续锤炼不可被算法替代的临床核心能力—特别是批判性思维与人文关怀。唯有通过跨医学、工程学、信息科学、伦理学的协同创新，才能真正驾驭这股数字化浪潮，将其潜能转化为全面提升患者口腔健康福祉的坚实成果—未来数字口腔的蓝图需要在探索与反思中逐步清晰，核心始终围绕医者的智慧与患者的需求。

参考文献

- [1] 马晓丽, 王琳, 罗亚莉. 基于赏识教育理念的高职“口腔内科学”课程项目-分层递进实训教学效果研究[J]. 西部素质教育, 2025, 11 (13): 195-198.
- [2] 郭艳玲, 王琳, 徐明丽. 基于口腔助理医师岗位胜任力的高职院校口腔内科学教学改革[J]. 西部素质教育, 2025, 11 (02): 191-194.
- [3] 毛德霞, 刘为玲. 多媒体案例教学法+Mini Quest教学法对口腔内科学课程教学质量的提升评价[J]. 中国卫生产业, 2024, 21 (02): 164-166+174.