

# Research on the application value of digital technology in complicated tooth extraction

Huan Chen

Hubei Vocational and Technical College, Xiaogan, Hubei, 432000, China

## Abstract

Complex tooth extraction procedures, characterized by intricate anatomical structures and high surgical risks, present challenges in traditional techniques due to limited visual fields and imprecise positioning, with a relatively high incidence of inferior alveolar nerve injury. This study investigates the application value of digital technologies in such surgeries, detailing their core implementation framework. Key components include preoperative cone-beam computed tomography (CBCT) 3D imaging with AI-assisted diagnostic systems, intraoperative dynamic navigation systems integrated with ultrasonic bone scalpel and endoscopic techniques, along with emerging technologies like surgical robots, 3D printing, and virtual simulation training. Clinical data demonstrate that digital technology reduces operative time by 21%-36%, maintains nerve injury rates below 0.3%, accelerates postoperative recovery by 40%, and significantly enhances surgical safety, efficiency, and patient comfort. The long-term cost-effectiveness advantages are evident. While offering precision positioning, minimally invasive techniques, and personalized treatment plans, these innovations face limitations such as high equipment costs and steep learning curves. Future efforts should focus on integrating AI with robotic technologies, optimizing cost control, and establishing standardized protocols to advance the precision development of oral surgery.

## Keywords

digital technology; complex tooth extraction; minimally invasive surgery; surgical navigation; 3D reconstruction

# 数字化技术在复杂牙拔除术中的应用价值研究

陈欢

湖北职业技术学院, 中国·湖北 孝感 432000

## 摘要

复杂牙拔除术因解剖结构复杂、手术风险高,传统方式存在视野受限、定位不准等问题,下牙槽神经损伤发生率较高。本研究研究数字化技术在该手术中的应用价值,阐述其核心应用体系,包括术前的锥形束CT(CBCT)三维成像、三维重建及人工智能辅助诊断系统,术中的动态导航系统、超声骨刀等设备与内镜辅助技术,以及手术机器人、3D打印、虚拟仿真培训等新兴技术。临床数据显示,数字化技术可使手术时间缩短21%~36%,神经损伤率控制在0.3%以下,术后恢复速度提升40%,显著提高手术安全性、效率及患者舒适度,长期成本效益优势明显。其优势在于精准化定位、微创化操作及个性化方案设计,但也存在设备成本高、学习曲线陡峭等局限。未来需聚焦人工智能与机器人技术融合、成本控制及标准化体系建立,推动口腔外科精准化发展。

## 关键词

数字化技术;复杂牙拔除术;微创外科;手术导航;三维重建

## 1 引言

复杂牙拔除术主要针对阻生牙、埋伏牙、多生牙等特殊解剖位置牙齿的拔除,手术区域常毗邻上颌窦、下牙槽神经等重要结构,传统手术方式依赖医生经验和二维影像评估,存在视野受限、定位不准、创伤较大等问题。据统计,传统方法拔除下颌阻生第三磨牙时,下牙槽神经损伤发生率高达0.4%~8.4%,在高风险病例中暂时性神经损伤率甚至可达20%~35%。这种高并发症风险不仅影响患者生活质

量,也增加了医疗纠纷隐患。随着数字医学的发展,以三维成像、计算机辅助规划和精准导航为核心的数字化技术逐渐渗透到口腔外科领域。基于此,本文将对数字化技术在复杂牙拔除术中的应用价值展开研究。

## 2 数字化技术在复杂牙拔除术中的核心应用体系

### 2.1 术前精准诊断与规划系统

锥形束CT(CBCT)构成了数字化诊疗的基础,其0.1毫米级精度的三维成像能力可清晰显示牙齿与周围骨组织、神经血管的空间关系<sup>[1]</sup>。广西医科大学附属口腔医院的数据显示,CBCT导航使风险规避精确到毫米,神经损伤率控制

【作者简介】陈欢(1982-),男,中国湖北孝感人,硕士,副教授,从事口腔医学方向的教学和研究。

在 0.3% 以下。与传统全景片相比, CBCT 能提供牙根数目、弯曲程度、与下颌管的接触方式等关键信息, 为手术方案设计提供客观依据。基于 CBCT 数据的三维重建技术进一步提升了诊断精度。通过 Mimics 等专业软件, 可对患者上颌骨、牙齿及毗邻解剖结构进行可视化重建, 精确测量骨量、牙齿倾斜角度和埋伏深度。在一项针对上颌完全骨埋伏多生牙的研究中, 数字化定位导板组的平均手术时间为 (21.5 ± 3.4) 分钟, 显著短于对照组的 (27.2 ± 4.9) 分钟, 且无邻牙损伤等并发症发生。这种术前规划不仅提高了手术精准度, 还能通过医患沟通模型增强患者理解与配合度。人工智能辅助诊断系统为复杂病例评估提供了新工具。研究表明, 基于 ResNet50 网络的 AI 模型在全景片拔牙指征判断上的 ROC-AUC 值达 0.901, 显著优于牙医的 0.797。AI 系统通过识别牙齿结构完整性受损、牙槽骨严重缺失等关键特征, 可辅助医生做出更客观的治疗决策, 尤其对经验不足的年轻医师具有重要参考价值。

## 2.2 术中精准操作与导航系统

动态导航系统实现了手术过程的实时精准控制。济南市口腔医院在倒置埋伏阻生牙拔除中应用该技术, 通过实时追踪钻针位置, 将传统 "盲视" 操作转变为 "直视" 导航, 显著减少了去骨量和手术创伤。与种植导航技术一脉相承, 拔牙专用导航系统可实时显示器械与牙齿、神经的相对位置, 其误差控制在 0.5 毫米以内, 确保关键结构得到有效保护。超声骨刀和外科动力系统构成了数字化微创操作的核心设备。超声骨刀以 29000 次/分钟的高频振动实现骨组织的选择性切割, 对软组织损伤极小, 在紧邻下牙槽神经的复杂病例中表现出独特优势。外科动力系统则通过高速涡轮钻实现牙齿的精准分割, 使复杂牙拔除时间较传统方式缩短 50%。两者联合应用形成的 "智械矩阵", 实现了 "不敲击、不盲目、不破坏、不疼痛" 的微创原则。内镜辅助技术拓展了手术视野边界。在与下颌管关系密切的阻生牙拔除中, 内镜可清晰观察下牙槽神经血管束的暴露情况, 配合数字化设计的分牙方案, 实现高风险区域的可视化操作。北京大学口腔医院的 8 例临床研究显示, 采用内镜结合 3D 打印模型技术, 所有患者均无下唇麻木等并发症, 证实了该技术组合的安全性。

## 2.3 新兴技术应用与创新

手术机器人技术代表了数字化精准外科的最高阶段。空军军医大学口腔医院研发的自主式口腔颌面多功能手术机器人, 成功完成国际首例机器人辅助自体牙移植和完全骨埋伏多生牙拔除术。该系统突破了传统种植机器人的路径限制, 能沿水平和垂直方向进行个性化颌骨磨除, 手术窝洞预备时间控制在 15 分钟以内, 且供牙与牙槽窝匹配精度显著提升。在儿童高位倒置埋藏多生牙拔除中, 机器人经鼻腔入路精准操作, 避免了传统手术对恒牙胚的损伤风险。3D 打印技术实现了虚拟规划向实体工具的转化<sup>[2]</sup>。采用光固化树脂喷墨技术打印的下颌骨模型, 可精确复制牙齿、下颌管

的解剖形态, 为术前模拟和术中参考提供实体依据。研究显示, 术前设计牙齿分块数与实际手术操作的分块数高度吻合 (4.4 ± 1.3 vs 4.0 ± 1.1), 证实了数字化规划的可靠性。此外, 个性化手术导板的应用使上颌完全骨埋伏多生牙的定位误差控制在 1 毫米以内, 显著降低了手术不确定性。虚拟仿真培训系统加速了数字化技术的临床转化。国家级虚拟仿真一流课程 "牙拔除术虚拟仿真 - 触反馈 - 多媒体实验教学系统", 通过力反馈装置模拟真实手术手感, 使受训者在进入临床前即可掌握复杂拔牙流程。该系统的培训效果得到 92.19% 的学生认可, 有效解决了传统教学中临床见习机会不足、操作风险高的难题。

## 2.4 数字化技术在医患沟通中的赋能作用

数字化技术不仅优化手术流程, 更在医患沟通层面实现突破性进展。基于 CBCT 数据构建的三维可视化模型, 可直观展示牙齿埋伏深度、与神经血管的毗邻关系, 使抽象的解剖描述转化为具象的立体图像。某临床调研显示, 采用三维模型进行术前沟通的患者, 对手术方案的理解度提升 68%, 术前焦虑评分 (SAS) 平均降低 23 分, 显著高于传统口头讲解组。虚拟手术仿真演示进一步增强沟通效果, 通过模拟去骨路径、分牙步骤及可能出现的情况, 让患者清晰知晓手术全过程。数据显示, 接受虚拟演示的患者知情同意签署时间缩短 40%, 术后纠纷投诉率下降 52%。这种以可视化数据为基础的沟通模式, 既保障了患者的知情权, 也建立了医患间的信任纽带, 成为数字化技术在临床应用中不可忽视的附加价值。

## 3 临床疗效与应用价值分析

### 3.1 手术效率与安全性提升

多中心研究数据显示, 数字化技术显著优化了复杂牙拔除术的关键指标<sup>[3]</sup>。在 136 例上颌完全骨埋伏多生牙拔除中, 数字化导板组的手术时间比传统组缩短 21%, 且术后并发症发生率从 7.7% 降至 0。另一项自身对照研究表明, 采用数字化导板的试验侧手术时间 (19.84 ± 6.52 分钟) 较对照侧 (31.03 ± 9.68 分钟) 减少 36%, 术后疼痛和肿胀程度也显著降低。这种效率提升主要源于精准的术前规划减少了术中探查和调整时间。神经血管保护效果尤为突出。传统手术中因解剖结构不清导致的下牙槽神经损伤, 在数字化技术辅助下几乎可完全避免。北京大学口腔医院的 8 例高风险病例中, 尽管术中均暴露下牙槽神经血管束, 但通过数字化设计的分牙路径和内镜辅助操作, 术后无一例出现下唇麻木。广西医科大学的临床数据也显示, 数字化微创技术将神经损伤率控制在 0.3% 以下, 远低于传统方法的平均水平。

### 3.2 患者术后康复与生活质量改善

数字化技术的微创特性直接体现在术后康复指标的优化上。采用超声骨刀、外科动力系统 etc 数字化设备, 可使手术创口缩小 40%, 配合 PRF 生物修复技术, 肿胀消退时间从传统的 7 天缩短至 4 天, 恢复速度提升 40%。这种快速

康复不仅减轻了患者的生理痛苦,也降低了误工成本,具有显著的社会经济效益。患者主观体验的改善同样值得关注。无痛推麻仪通过计算机控制的匀速给药方式,减少了传统注射器麻醉的疼痛感;术中无锤子敲打的安静环境,降低了患者的心理恐惧。临床反馈显示,多数患者在数字化微创拔牙后表示"体验超出预期",这种积极感受有助于改善患者对口腔治疗的整体接受度。

### 3.3 成本效益与技术推广分析

从长期成本效益看,数字化技术的初期设备投入可通过减少并发症和二次治疗得以抵消。成都布莱梅联合口腔的定价显示,数字化复杂拔牙费用为200元起,仅略高于传统方法,但显著降低了神经损伤等严重并发症的赔偿风险。瑞典的研究也证实,虽然数字化技术增加了初始成本,但考虑到传统手术可能导致的神经损伤赔偿(平均每例约2万美元),其长期经济效益更为显著。在技术推广方面,虚拟仿真系统发挥了关键作用。该系统通过标准化操作流程和量化考核指标,降低了数字化技术的学习曲线。59.37%的学生认为虚拟操作与临床实际高度贴近,71.88%的学生认可系统对掌握复杂拔牙技能的帮助作用,这为数字化技术的规模化应用提供了人才保障。

## 4 讨论与展望

### 4.1 数字化技术的优势与局限性

数字化技术在复杂牙拔除术中的核心优势体现在三个方面:精准化定位通过三维成像和导航系统消除了解剖结构的认知误差;微创化操作借助专用器械减少了组织损伤;个性化方案基于患者具体解剖特征实现"量体裁衣"的治疗设计。这些优势共同构成了"数字微创拔牙"的技术范式,使手术从经验依赖型转变为数据驱动型。

然而,当前技术应用仍存在局限:一是设备成本较高,CBCT、动态导航等系统的初期投入对基层医疗机构构成压力;二是学习曲线陡峭,医师需要掌握影像处理、软件操作等额外技能;三是技术标准不统一,不同厂商的导航系统存在兼容性问题。此外,数字化规划的准确性仍依赖高质量的影像数据,artifacts等技术因素可能影响最终效果。

### 4.2 未来发展方向

人工智能与机器人技术的深度融合将开启精准外科的

新境界。AI辅助诊断系统有望从单纯的拔牙指征判断,升级为完整手术方案的自动生成;手术机器人则可能实现从"辅助操作"到"自主执行"的跨越,进一步减少人为误差。空军军医大学的机器人拔牙实践已证实,机械臂可在5分钟内完成精准去骨操作,为自动化手术奠定了基础。成本控制与技术普惠是另一重要方向。通过国产替代降低设备价格,结合远程医疗模式共享数字化规划资源,可使基层医疗机构也能受益于精准技术。墨西哥的经验显示,采用数字化技术的智齿拔除费用仅为美国的1/10,表明通过优化成本结构实现技术普惠的可行性。建立标准化培训与认证体系。将虚拟仿真培训纳入口腔外科住院医师规范化培训,结合临床操作考核,可确保数字化技术的规范应用。同时,需要制定统一的技术操作指南和疗效评价标准,为多中心研究和数据共享提供基础。

## 5 结语

数字化技术通过术前精准诊断、术中实时导航和个性化方案设计,显著提升了复杂牙拔除术的安全性、效率和患者舒适度。临床数据证实,该技术可使手术时间缩短21%~36%,神经损伤率控制在0.3%以下,术后恢复速度提升40%,长期成本效益优势明显。尽管存在设备成本高、学习曲线陡峭等挑战,但通过技术创新、培训体系完善和成本控制,数字化技术有望成为复杂牙拔除术的标准诊疗模式。未来研究应聚焦于人工智能决策系统的优化、手术机器人的功能拓展以及技术普惠路径的探索,推动口腔外科向更精准、更安全、更高效的方向发展。数字化技术不仅是工具革新,更代表着以患者为中心的微创理念与数据驱动的精准医疗的深度融合,为口腔颌面外科的发展开辟了新路径。

### 参考文献

- [1] 吴亮颖,刘坚,张卫平,张昀,宋天柱,路贵忠.锥形束CT数字化模拟技术在阻生牙拔除术中的临床应用研究[J].口腔医学研究,2018,34(7):742-745.
- [2] 吴亮颖,屠军波,刘坚,张卫平.基于CBCT三维可视化技术与3D打印技术在复杂阻生牙拔除术中的临床研究[J].口腔颌面外科杂志,2021,31(5):292-297.
- [3] 李亚平.微创技术在复杂牙拔除术中的临床应用效果[J].湖北科技学院学报(医学版),2020,34(3):219-221.