

基于 3D 技术的新型根管显微外科 治疗上颌前磨牙纵折

3D 技术已应用于根管显微外科手术的模拟和引导。针对位于难以进入部位却需准确切除的牙根纵折 (VRF)，特别是单根牙齿，治疗方法仍然有限。本文综述了国内外有关 VRF 根管显微外科治疗的文献，并描述了一例基于 3D 技术成功治疗的病例。一位 27 岁的女性患者，其上颌前磨牙表现为根尖周病变和根尖吸收。安排根管显微外科手术后，通过 CBCT 检查意外发现了 VRF。利用 3D 打印的导板，以最小的损伤，精确地移除根折段。一项文献综述显示，自 1946 年以来，共发表了 12 篇关于这方面的文章。3D 打印的导板不仅有利于进行根管显微外科手术，还能可靠地指示根折位置并减少医源性损伤。

关键词：3D 打印根管导板，计算机引导手术，根管显微外科，根尖外吸收，根纵折 (VRF)

根尖周炎，归因于根管系统感染，需要进行根管治疗。然而，首次根管治疗 (root canal treatments, RCTs) 以及根管再治疗并不总能解决问题，因此，手术干预成为了下一个方案。¹⁻³ 根管显微外科手术包括：暴露和去除根尖周围病变、去除部分根尖、预备和填充根尖。

基于器械发展的进步，新型镍钛 (NiTi) 再治疗系统和根管充填技术被广泛应用于根管治疗过程中。⁴ 在根管治疗的牙齿中，有时会出现纵折 (vertical root fracture, VRF)⁵⁻⁷，尤其会出现在根尖外吸收的牙齿中。VRF⁸⁻¹¹ 是一种沿垂直轴的根折，可能只涉及根的一部分，也可能涉及到两侧。VRF 是 RCT 不希望出现的并发症，通常会导致拔牙，特别是发生在有根尖外吸收的牙齿中，这是由充填过程中的压力因素和持续的咀嚼力造成的。VRF 是根管治疗后拔牙最常见的原因之一。^{12,13}

VRF 的治疗需要准确定位根折部位，并将其与邻近的解剖结构相鉴别，这可能是一个挑战。手术切除时，为了能获得充分的通路和良好的视野，常导致邻近组织受损。尽管在手术过程中准确去除 VRF 是必要的，但迄今为止这仍然不易实现。

计算机辅助外科手术模拟系统 (computer-aided surgical simulation systems, CASS) 是近年来发展起来的。CASS 包括由计算机辅助设计和计算机辅助制造 (CAD/CAM) 技术制作的手术模拟分析和手术辅助引导导板。^{14,15} CASS 已广泛应用于口腔颌面外科、种植外科、正颌外科、正畸治疗和修复治疗。¹⁶⁻²¹ CASS 通过提高手术的准确性，²²⁻²⁶ 为临床带来了范式转变，并为新的外科技术提供了基础。

本文将介绍一种治疗上颌前磨牙 VRF 的新方法，即在根管显微外科手术中，通过 3D 技术制作的导板引导，精确去除根纵折段和覆盖的皮质骨。

方法和材料

文献检索

我们回顾了有关根管显微外科手术治疗 VRF 的文献。在下列网络数据库中检索了 1946 年以来发表的文章：Ovid Medline、PubMed、EMBASE、Web of Science 和 Google Scholar。

李佳洋，主治医师 (中)¹

陈栋，主任医师 (中)¹

韦晓玲，副主任医师 (中)¹

¹ 上海复旦大学附属口腔医院牙体牙髓科；上海复旦大学颅颌面发育与疾病重点实验室

通讯作者：

韦晓玲

xiaoling_wei@fudan.edu.cn

表 1: 关于根纵折临床处理的文献综述。

研究者	牙位	治疗	随访时间	预后
Oliet ²⁷	3、9、19	用氰基丙烯酸盐意向性再植粘接折断片段。	16个月、15个月、3个月	预后不佳
Vertucci ²⁸	13	在颊侧去除根的一半，然后施用 20% 的柠檬酸。	36个月	无病理改变
Trope 和 Rosenberg ²⁹	15	用玻璃离子水门汀意向性再植折断片段。	12个月	无病理改变
Selden ³⁰	12、19、30	制备断裂线，用 4-META 填充，再用银玻璃离子水门汀填充。植骨和引导组织再生。	2-12个月	预后不佳
	2、13	同上，但填充材料仅为白色玻璃离子水门汀。	11个月、5个月	预后不佳
	6	同上，但填充材料仅为 4-META，未行植骨。	3个月	预后不佳
Dederich ³¹	20	二氧化碳激光。	12个月	无病理改变
Kawai 和 Masaka ³²	4、13	拔牙；用树脂水门汀粘接根折线，180 度旋转再植。	36个月、33个月	无病理改变
Kudou 和 Kubota ³³	13	用树脂粘剂粘接断片，旋转再植。	18个月	无病理改变
Fidel 等人 ³⁴	8	正畸牵引和玻璃纤维桩和光固化树脂。	13个月	无病理改变
Ozturk 和 Unal ³⁵	8	双固化粘结水门汀意向再植根折段后再植。	48个月	无病理改变
Arkanl 等人 ³⁶	8	双固化粘结水门汀意向再植根折段。	18个月	无病理改变
Natu 等人 ³⁷	19	半切。	24个月	无病理改变
Hadrossek 和 Dammaschke ³⁸	8	采用硅酸钙水门汀充填预备的折断线，也可作为倒充填。然后，牙齿再植。	24个月	无病理改变

* 使用 FDI 牙齿编号系统记录牙位。

4-META : 4-甲基丙烯酸氧乙基偏苯三酸酐 (4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride)

搜索关键词是“根纵折”、“根管显微外科手术或治疗”或“外科手术”。表 1 显示了自 1946 年以来有关根管显微外科手术治疗 VRF 的文章的汇总数据。对患者信息完整且可用的病例信息进行了总结。

病例介绍

患者 27 岁，女性，因慢性根尖周炎导致上颌右侧前磨牙不适（图 1）。上颌右侧前磨牙有叩痛，牙髓电活力测试阴性。影像检查显示根尖孔敞开、根外吸收和一个大的根尖周透射影（图 2）。临床诊断为根外吸收、根尖孔敞开和慢性根尖周炎。

考虑到根尖周围病变的大小、根外吸收和敞开的根尖孔，行根尖屏障治疗，并建议根管显微外科手术治疗（图 3）。然而，在手术前的 CBCT 扫描诊断中发现了一个意外的 VRF。在告知了外科手术和预后后，患者强烈要求保留牙齿，所以决定采用显微外科手术的方法治疗这颗牙齿，并使用 3D

技术去除根纵折段。该患者无手术禁忌症。该治疗计划得到了机构审查委员会的批准。

CBCT 扫描上颌右侧前磨牙根尖部，显示一处放射低密度病变（8.3 × 6.2 × 5.6 mm）以及根纵折的确切位置（图 4）。将 CBCT 扫描数据导出为医学数字成像和通信（digital imaging and communications in medicine, DICOM）文件，导入 3D 软件定位根纵折及根尖周病变区域（图 5），以设计导板。

手术计划与模拟

将所有 DICOM 数据和通过口腔扫描仪获得的数字印模导入 3D 软件内，生成 VRF 和慢性根尖周炎的虚拟模型。然后根据治疗目标，完成虚拟手术模拟。在导板上定位根折和根尖周病变的位置和面积，测量导板到根折边缘的距离。

该导板被设计为由牙齿支持式就位。定位病灶及根折区域，确定轮廓线。导板的工作区域按照病变的边界设计，以