

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.16.020

数字化印模联合3D打印技术对牙髓炎前牙根管治疗后 全冠修复临床效果的影响

万小红

(太原恒伦悦伦口腔医院综合科, 山西 太原 030000)

[摘要]目的 探讨针对牙髓炎前牙根管治疗后全冠修复患者采用数字化印模联合3D打印技术修复对修复效果的影响。方法 选取我院2024年5月-2026年4月收治的128例因牙髓炎接受前牙根管治疗后需行全冠修复的患者(128颗患牙),以随机数字表法将其分为参照组与试验组,每组64例(64颗患牙)。两组均采用数字化印模,参照组提取印模后采用CAD/CAM切削工艺制作氧化锆陶瓷牙冠,试验组提取印模后采用3D打印技术制作氧化锆陶瓷牙冠,比较两组前牙修复效果、口腔功能、修复满意度。结果 试验组前牙修复后表面质地、边缘适合性A级占比高于参照组($P<0.05$);两组治疗后咀嚼效率均高于治疗前,且试验组高于参照组($P<0.05$);试验组修复满意度(96.88%)高于参照组(85.94%)($P<0.05$)。结论 将数字化印模联合3D打印技术应用于牙髓炎前牙根管治疗后的全冠修复,可有效提升修复体表面质感与边缘密合度,提高患者修复满意度,改善患者口腔咀嚼功能。

[关键词] 数字化印模; 3D打印; 牙髓炎; 前牙根管治疗; 修复效果

[中图分类号] R783

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2026)16-0082-04

Effect of Digital Impression Combined with 3D Printing Technology on Clinical Effect of Full-crown Restoration After Root Canal Therapy for Anterior Teeth with Pulpitis

WAN Xiaohong

(Department of General Dentistry, Taiyuan Henglun Yuelun Stomatology Hospital, Taiyuan 030000, Shanxi, China)

[Abstract]**Objective** To explore the clinical effect of digital impression combined with 3D printing technology for full-crown restoration in patients undergoing full-crown restoration after root canal therapy for anterior teeth with pulpitis. **Methods** A total of 128 patients (128 affected teeth) who underwent full-crown restoration after root canal therapy for anterior teeth with pulpitis admitted to our hospital from May 2024 to April 2026 were selected, and they were divided into the reference group and the experimental group by the random number table method, with 64 patients (64 affected teeth) in each group. Both groups underwent digital impression. The reference group received zirconia ceramic crowns fabricated via CAD/CAM milling after impression taking, and the experimental group received zirconia ceramic crowns fabricated via 3D printing technology after impression taking. The anterior tooth restoration performance, oral function and restoration satisfaction were compared between the two groups. **Results** The proportions of grade A restorations in terms of surface texture and marginal adaptation after anterior tooth restoration in the experimental group were higher than those in the reference group ($P<0.05$). The masticatory efficiency of the two groups after treatment was higher than that before treatment, and that of the experimental group was higher than that of the reference group ($P<0.05$). The restoration satisfaction rate of the experimental group (96.88%) was higher than that of the reference group (85.94%) ($P<0.05$). **Conclusion** The application of digital impression combined with 3D printing technology in full-crown restoration after root canal therapy for anterior teeth with pulpitis can effectively improve the surface texture and marginal adaptation of restorations, enhance patients' restoration satisfaction, and improve oral masticatory function.

[Key words] Digital impression; 3D printing; Pulpitis; Root canal therapy of anterior teeth; Restoration effect

前牙 (anterior teeth) 作为口腔美学与前伸咬合功能的核心区域, 受解剖位置、结构特点和日常使用习惯等因素影响, 导致其容易发生牙髓病变。据统计, 我国成人前牙因牙髓病变需接受根管治疗的比例达18.61%, 严重影响患者口腔功能与口腔健康状态^[1]。根管治疗作为牙髓病变治疗的首选方案, 长期临床实践发现其治疗后易因牙体组织失去牙髓营养供应而增加脆性, 加之窝洞预备造成的牙体结构缺损, 导致根管治疗后更易在长期咬合应力的作用下发生折裂^[2]。精准、高效的修复方案作为保障前牙根管治疗后长期留存的核心环节, 以往传统修复流程依赖于硅橡胶取模、石膏模型灌注及手工蜡型制作等, 虽然技术路径已经相当成熟, 但步骤繁琐、周期较长, 印模过程中还可能出现气泡、变形等问题, 影响修复效果^[3]。近年来, 随着数字化技术在口腔修复领域的快速发展, 数字化CAD/CAM切削技术与3D打印技术在前牙临时冠制作中各有优劣: CAD/CAM切削工艺材料性能稳定, 但存在刀具损耗、形态适配性有限等不足; 3D打印技术成型效率高, 对复杂牙体结构的适配性更佳, 但其临床就位精度与边缘适合性尚缺乏充分验证^[4]。基于此, 本研究以128例因牙髓炎接受前牙根管治疗后需行全冠修复的患者 (128颗患牙) 为例, 观察数字化印模联合3D打印对修复效果的影响, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取太原恒伦悦伦口腔医院综合科2024年5月-2026年4月收治的128例因牙髓炎接受前牙根管治疗后需行全冠修复的患者 (128颗患牙), 以随机数字表法将其分为参照组和试验组, 每组64例 (64颗患牙)。参照组男30例, 女34例; 年龄20~45岁, 平均年龄 (31.38 ± 2.69) 岁; 病程1~3年, 平均病程 (1.85 ± 0.45) 年; 患牙: 中切牙22例, 侧切牙25例, 尖牙17例。试验组男32例, 女32例; 年龄22~41岁, 平均年龄 (31.55 ± 2.52) 岁; 病程1~4年, 平均病程 (1.69 ± 0.56) 年; 患牙: 中切牙24例, 侧切牙24例, 尖牙16例。两组性别、年龄、病程、患牙位置比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 研究可比。两组患者均对研究知情同意并签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: 年龄20~45岁; 患牙为上颌或下颌前牙者 (中切牙、侧切牙、尖牙); 符合根管治疗指征, 且根管治疗后患牙牙

体组织缺损较大, 需行全冠修复者; 对侧同名牙或邻牙健康, 可作为美学与功能评估的对照参照者; 根管治疗结束至修复开始的时间间隔至少在1周以上者; 患牙牙体缺损程度为Ⅰ~Ⅲ级, 其中Ⅲ级缺损者已完成纤维桩核修复, 冠部剩余牙体组织高度 ≥ 2 mm者; ⑦咬合关系稳定, 冠修复空间 (咬合面磨除量) ≥ 1.5 mm者; 缺损边缘位于龈上或齐龈, 邻面缺损未超过龈下2 mm者。排除标准: 患牙存在明显松动, 探诊深度 > 3 mm者; 患牙存在根管治疗失败征象者; 妊娠期或哺乳期女性; 合并单冠固定修复禁忌证者; 存在严重磨牙症、紧咬牙习惯者; 合并未控制的全身系统性疾病者; 对氧化锆、复合树脂等修复材料或相关麻醉药物过敏者; 每日吸烟数在10支以上, 无法配合临床戒烟者; 既往在目标患牙区域接受过正畸治疗且尚未稳定者; 根管治疗后X线片显示根尖周透射影较治疗前无缩小或增大者; 目标牙牙根长度过短或根管壁过薄, 无法承受全冠修复后咬合力者。

1.3 方法 两组均采用数字化印模。参照组以 CEREC Omnicam 扫描仪 (西诺德牙科设备公司, 国械注进20172177240) 作为扫描仪器, 对患者实施常规口内扫描, 依次扫描对颌牙、预备体及邻接关系, 提取印模数据后以 CEREC 4.5 软件对患者进行修复体个性化设计, 采用 CAD/CAM 切削工艺为患者制作氧化锆陶瓷牙冠 (义获嘉伟瓦登特公司, 国械注进20142176059, 型号: IPS e.max ZirCAD Prime)。试验组扫描仪器与参照组相同, 对患者实施常规口内扫描, 依次扫描对颌牙、预备体及邻接关系, 提取印模数据后将其导入3D打印专用设计软件, 对患者实施个性化修复体三维建模, 以3D打印技术 (打印层厚 ≤ 50 μm) 为患者制作氧化锆陶瓷牙冠, 打印完成后需经高温烧结致密化处理。两组牙体预备完成后至永久修复体戴入前均佩戴临时树脂冠, 维持牙龈形态与邻接关系。修复体制作完成7~10 d后去除临时冠, 对患者预备体及肩台区域进行有效清洁, 指导患者进行修复体试戴, 询问患者试戴感受, 根据其感受进行适当调整, 以临时粘接剂固定。2周后待患者确认不会产生不适感, 同时咬合关系稳定, 牙龈未发生红肿情况, 则将修复体取下, 有效清除临时粘接剂后, 均统一使用含MDP单体的树脂粘接剂 (3M Deutschland GmbH, 国械注进20143176221, 型号: 41283) 进行永久性粘固。



1.4 观察指标 准^[5]从表面质地、边缘适合性2个维度评价前牙修复效果，具体评价标准见表1。

1.4.1评估两组前牙修复效果 以改良USPHS评价标

表 1 改良 USPHS 评价标准

评价指标	分级	评价标准
表面质地	A	修复体表面光滑、质地均匀，釉质纹理或天然牙表面特征模仿自然，无肉眼可见或探针可及的气孔、裂纹、划痕或粗糙区
	B	修复体表面存在轻微粗糙、细小划痕或纹理欠自然，但经抛光后可改善，不影响菌斑附着及美学效果
	C	修复体表面明显粗糙、有气孔或裂纹，探针有明显阻力，极易导致色素沉着或菌斑积聚，或存在崩瓷风险
边缘适合性	A	修复体边缘与牙体间探针无法探及明显缝隙（缝隙 $< 50 \mu\text{m}$ ），肉眼不可见裂隙，边缘光滑连续，无悬突或不足
	B	探针可探及微小缝隙（缝隙 $50\sim 120 \mu\text{m}$ ），但未暴露牙本质或粘接剂基底，或存在极轻微悬突/不足
	C	修复体边缘存在明显缝隙（缝隙 $> 120 \mu\text{m}$ ），探针可明显插入，或边缘悬突严重、明显不足，暴露牙本质或基底，可能导致继发龋或牙周刺激

1.4.2评估两组口腔功能 以称重法对患者治疗前和治疗1个月后的咀嚼效率进行评估，咀嚼效率越高说明口腔功能越好。

1.4.3调查两组修复满意度 以自制调查问卷从咀嚼功能、舒适度、美观度、语音功能4个方面评价修复满意度。本次问卷派发128份，回收128份，问卷回收率100%。问卷总分100分，80~100分为非常满意，60~79分为满意，60分以下为不满意。满意度=非常满意率+满意率。

1.5 统计学方法 采用SPSS 28.0统计学软件进行数据分析，计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，行 t 检验；计数资料以 $[n(\%)]$ 表示，行 χ^2 检验； $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组前牙修复效果比较 试验组前牙修复后表面质地、边缘适合性A级占比高于参照组（ $P<0.05$ ），见表2。

2.2 两组口腔功能比较 两组治疗后咀嚼效率均高于治疗前，且试验组高于参照组（ $P<0.05$ ），见表3。

2.3 两组修复满意度比较 参照组非常满意40例，满意15例，不满意9例；试验组非常满意50例，满意12例，不满意2例。试验组修复满意度为96.88%（62/64），高于参照组的85.94%（55/64）（ $\chi^2=4.873$ ， $P=0.027$ ）。

表 2 两组前牙修复效果比较 $[n(\%)]$

组别	n	表面质地			边缘适合性		
		A	B	C	A	B	C
参照组	64	44 (68.75)	15 (23.44)	5 (7.81)	40 (26.56)	17 (10.94)	7 (3.13)
试验组	64	60 (93.75)	4 (6.25)	0	62 (96.88)	2 (3.13)	0
χ^2		13.128	7.479	5.203	23.360	13.906	7.405
P		0.000	0.006	0.023	0.000	0.000	0.007

表 3 两组口腔功能比较 $(\bar{x} \pm s, \%)$

组别	n	治疗前	治疗后
参照组	64	72.51 $\pm$ 4.05	82.05 $\pm$ 6.03*
试验组	64	71.65 $\pm$ 3.81	90.01 $\pm$ 6.47*
t		1.237	7.200
P		0.218	0.000

注：与同组治疗前比较，* $P<0.05$ 。

3 讨论

牙髓炎前牙根管治疗后由于会失去牙髓营养，牙本质会逐渐脱水变脆，日常受侧向咬合力量时，劈裂风险至少会比活髓牙高3倍以上。同时，牙髓炎前牙根管治疗后，患牙牙体易变暗，影响美观^[6-8]。临床通常推荐根管治疗后行全冠修复以保护患牙。近年来，随着口腔修复学进入数字化时

代,以CAD/CAM切削及3D打印为代表的技术革新为全冠修复提供了新路径^[9],其中,数字化印模联合3D打印技术可实现修复体的一体化快速成型,有望进一步优化前牙全冠修复流程与临床效果。

本研究中,试验组前牙修复后表面质地、边缘适合性A级占比高于参照组,咀嚼效率及修复满意度高于参照组($P<0.05$),提示将数字化印模联合3D打印技术应用于因牙髓炎接受前牙根管治疗后需行前牙全冠修复的患者临床治疗中,可以进一步提升前牙修复体的表面质地、边缘适合性,改善患者口腔功能及修复满意度。分析原因为,两组均采用口内扫描获取数字印模,可有效避免传统硅橡胶取模-灌模-翻模等环节造成的物理误差累积,帮助患者获得更加良好的边缘适合性与解剖形态^[10]。然而CAD/CAM切削氧化锆陶瓷时,受车针几何限制,难以在修复体内部线角、轴角及边缘等精细区域实现均匀的厚度控制,这种厚度偏差可能导致修复体局部应力集中、抗折强度下降,并可能影响边缘密合度及内部适合性^[11]。李颐颐等^[12]指出,3D打印技术完全忠于数字化设计的三维数据,可突破切削车针的刀具路径限制,实现修复体厚度的精准均一化;对于前牙美学要求极高的前牙根管治疗患者,可有效满足其美学需求。此外,数字化印模结合3D打印技术由于可以帮助患者获得更致密光滑表面,进而有效减少食物黏附与摩擦阻力,使患者在咀嚼过程中使食物滑动更加顺畅,降低粗糙表面对颌天然牙的异常磨耗,从而改善咀嚼效率^[13]。相比之下,以CEREC Omnicam扫描仪提取印模后制作氧化锆陶瓷牙冠的过程中,切削氧化锆陶瓷块时会对患者修复体表面造成轻微划痕,虽然后期可以通过上釉抛光解决划痕问题,但切削造成的浅层微结构损伤难以完全修复,依旧会在一定程度上影响患者修复体表面光洁度及修复满意度^[14, 15]。

综上所述,将数字化印模联合3D打印技术应用于牙髓炎前牙根管治疗后的全冠修复,可有效提升修复体表面质感与边缘密合度,提高患者修复满意度,改善其口腔咀嚼功能。

[参考文献]

[1]练其武,曾婷艳,刘尔莎,等.数字化印模联合3D打印对

前牙根管治疗后修复的临床效果分析[J].医学美学美容,2021,30(4):10-11.

[2]于健,徐国超,肖佳灵.2种不同覆盖范围全瓷高嵌体对根管治疗后磨牙缺损修复的疗效评价[J].中华全科医学,2022,20(1):31-34.

[3]甘玉琳,温飞利,李志芳.数字化印模结合3D打印技术在根管治疗后前牙修复中的应用价值[J].深圳中西医结合杂志,2020,30(22):140-141.

[4]宋春艳,马思佳,孟宇鹏,等.3D生物打印在牙再生领域的研究进展[J].粘接,2021,48(10):81-85.

[5]Bayne SC,Schmalz G.Reprinting the classic article on USPHS evaluation methods for measuring the clinical research performance of restorative materials[J].Clin Oral Invest,2005,9(4):209-214.

[6]翟继锐,郭嘉文,苏婉瑶,等.基于检索增强生成技术的临床决策支持系统的构建及其在根管治疗后牙体缺损修复中的应用[J].中华口腔医学杂志,2026,61(7):986-995.

[7]党妮,闫鑫.不同材料髓腔固位嵌体修复根管治疗后牙体缺损临床效果评价[J].贵州医药,2022,46(11):1762-1764.

[8]郭雪颖,叶页,钟群.玻璃纤维桩与贵金属桩在前牙大面积牙体缺损修复中的效果评价[J].上海口腔医学,2020,29(3):325-328.

[9]陈文丽,谢小飞,刘芳,等.根管治疗后高嵌体与纤维桩核冠修复后牙牙体缺损的临床疗效观察[J].中华全科医学,2021,19(5):767-770.

[10]夏德庚,张庆宇,矫君君,等.前牙修复失败患者再行多学科联合美学修复1例报告及文献复习[J].吉林大学学报(医学版),2022,48(4):1058-1064.

[11]安灵利,包雪梅.三维有限元法在牙体缺损固定修复应力研究中的应用[J].口腔颌面修复学杂志,2024,25(1):68-74.

[12]李颐颐,张桂荣.应用数字化印模结合3D打印技术修复根管治疗后前牙的临床效果评价[J].中国实用口腔杂志,2020,13(2):93-96.

[13]李美琴,苏晓平,邓丽,等.纤维桩、纳米复合树脂结合氧化锆烤瓷冠对根管治疗后牙楔状缺损患者美学效果及牙周组织的影响[J].现代生物医学进展,2022,22(6):1126-1130.

[14]胡梦甜,潘树矿,丁凤,等.玻璃纤维桩全冠修复在后牙严重牙体缺损中应用效果[J].临床军医杂志,2024,52(8):847-849.

[15]汪茂青,李文慧.数字化技术联合全瓷冠修复对上颌前牙牙体缺损的治疗效果研究[J].陕西医学杂志,2024,53(11):1491-1494.

收稿日期: 2026-8-2 编辑: 刘雯