

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.17.031

数字化技术在口腔修复中的应用

杨维维

(苏州口腔医院老年特诊科, 江苏 苏州 215300)

[摘要]目的 研究在口腔修复中应用数字化技术的效果。方法 选取2022年5月-2024年5月于苏州口腔医院行口腔修复的60例患者为研究对象, 采用随机数字表法分为对照组和试验组, 每组30例。对照组采用常规修复, 试验组采用数字化技术进行修复, 比较两组修复效果、满意度及并发症发生情况。结果 试验组修复体完整、边缘适合、功能恢复良好占比均高于对照组 ($P<0.05$); 试验组对美观度、舒适度及就诊体验的满意度均高于对照组 ($P<0.05$); 试验组并发症发生率 (6.67%) 低于对照组 (26.67%) ($P<0.05$)。结论 相较于常规修复方法, 数字化技术应用于口腔修复能够更有效提升修复体的综合质量, 其制作的修复体在完整性、边缘密合性及功能性方面表现更优, 修复后并发症发生几率更低, 患者满意度更高。

[关键词] 数字化技术; 口腔修复; 修复体完整性

[中图分类号] R783

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2025) 17-0122-04

Application of Digital Technology in Oral Restoration

YANG Weiwei

(Department of Geriatric Special Clinic, Suzhou Stomatological Hospital, Suzhou 215300, Jiangsu, China)

[Abstract]**Objective** To study the effect of digital technology in oral restoration. **Methods** A total of 60 patients who underwent oral restoration in Suzhou Stomatological Hospital from May 2022 to May 2024 were selected as the research subjects, and they were divided into the control group and the experimental group by the random number table method, with 30 patients in each group. The control group received conventional restoration, and the experimental group received restoration using digital technology. The restoration effect, satisfaction and complications were compared between the two groups. **Results** The proportions of restoration integrity, marginal adaptation and good functional recovery in the experimental group were higher than those in the control group ($P<0.05$). The satisfaction with aesthetics, comfort and treatment experience of the experimental group was higher than that of the control group ($P<0.05$). The incidence of complications in the experimental group (6.67%) was lower than that in the control group (26.67%) ($P<0.05$). **Conclusion** Compared with conventional restoration methods, the application of digital technology in oral restoration can more effectively improve the comprehensive quality of restorations. The restorations made by this technology have better performance in integrity, marginal adaptation and functionality, with lower incidence of post-restoration complications and higher patient satisfaction.

[Key words] Digital technology; Oral restoration; Restoration integrity

口腔修复学 (prosthodontics) 是恢复患者口腔牙齿形态、功能与美观的重要学科, 其技术水平直接决定患者的生活质量与满意度^[1]。随着人们健康意识的提升, 患者对修复体的高度仿真性与美学稳定性需求日益增加^[2]。传统修复方法虽临床应用成熟, 但却存在诸多缺陷。传统硅橡胶印模易受唾液、医生操作技术等因素影响, 间接

降低模型准确性; 且日益增长的美学需求也对口腔修复提出了更高要求。因此, 临床亟需全面提高修复精准度、缩短诊疗流程并提升美学效果。近年来, 计算机辅助设计/计算机辅助制造 (CAD/CAM)、三维扫描、新型材料研发及虚拟/增强现实 (VR/AR) 等技术飞速发展, 并与医疗技术深度融合, 数字技术已全方位融入口腔修复诊疗

的各主要环节^[3]。数字化口腔修复通过口内扫描可直接获取牙齿、牙周组织的三维精确信息,借助智能化设计软件完成虚拟修复体设计,再通过高精度切削或3D打印制作成品修复体,形成高度高效的修复体系。该技术有效简化了工作流程,降低了操作复杂度,同时提升了修复体制作的精确度与一致性。不仅如此,高质量可视化功能为口腔修复赋予更多可能性,医护人员可根据患者个体美学特点与颜色倾向,制定个性化修复方案^[4]。相比传统修复方式,数字化修复对数据采集的准确性要求更高、交互更智能,且具备一定的美学可预测性与可控性,更能满足现代口腔修复领域中微创、精准、高效、美学的核心需求。基于此,本研究旨在探究数字化技术在口腔修复中的应用效果,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年5月-2024年5月于苏州口腔医院行口腔修复的60例患者为研究对象,采用随机数字表法分为对照组和试验组,每组30例。对照组男16例,女14例;年龄33~56岁,平均年龄(44.80 ± 5.90)岁。试验组男17例,女13例;年龄33~57岁,平均年龄(45.20 ± 6.10)岁。两组性别、年龄比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),研究可比。患者均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18~65岁;基牙牙周健康无炎症。排除标准:严重颌骨缺损或咬合异常;过敏体质;合并全身性疾病;依从性差。

1.3 方法

1.3.1 对照组 采用常规修复:采用传统硅橡胶印模技术制取口腔印模,灌制超硬石膏模型(河北瀚如科技有限公司)后,交由同一名资深技师操作,使用标准化铸造蜡(厚度均匀控制在0.3~0.5 mm)手工制作蜡型;随后选用非贵金属镍铬合金(或钴铬合金),通过失蜡铸造法制作金属基底冠(具体流程:采用磷酸盐包埋材料,按说明书配比完成包埋,参照材料推荐熔炼温度进行铸造);堆筑烧结饰面瓷层时,严格遵循瓷粉系统提供的比色标准与烧结程序(初始干燥温度650 ℃,保温3 min;真空环境下以45 ℃/min速率升温至910 ℃,保温1 min;随后缓慢冷却),经多次烧结成型。修复体完成后,由医师在口内进行精细调合与抛光,期间需多次返工调整修复体的透光性及邻面接触点:临床试戴时,采用超薄型与厚

型咬合纸分步检查静态咬合,结合硅橡胶咬合印记评估动态功能,实现咬合接触的精准调整;通过牙线及薄型邻接检查片客观评估邻接关系,借助口内探针及显微镜辅助判断边缘密合度,确保修复体功能与形态和谐统一。修复体美学效果的评估与确认需通过系列标准化流程完成:采用Vita Classical比色板在标准光源下进行颜色比对,确保修复体与邻牙色泽和度协调;通过数码摄影获取口内正面、侧面微笑影像,分析修复体形态与天然牙的匹配程度;由医师与患者共同在口内直观评估并确认美学效果,必要时进行细微调整^[5]。

1.3.2 试验组 采用数字化技术进行修复:该过程融合了计算机辅助技术与口腔美学原理,治疗开始阶段,结合高精度口内扫描仪(Trios 3, 3Shape公司,丹麦)采集患者牙列、牙龈和咬合关系的三维数据,同时录制患者自然微笑状态下唇齿的动态关系视频,形成个性化的美学数据库^[6, 7]。修复体制作阶段采取材料学和制造技术协同优化的策略,对预染色的氧化锆块进行梯度切削,控制刀具路径在一块材料里同步生成高透光的釉质外层和高强度的牙本质内层,做到仿生学分层结构。对于树脂修复体,采用光固化3D打印技术(3Dmax, DMG, 德国),调整打印分层厚度为50 μm,逐层堆叠含有纳米陶瓷填料的复合树脂,采用口腔三维扫描系统获取修复体及预备体的数字模型,使用专业检测软件(Geomagic Control X)将扫描数据与原始设计模型进行三维偏差分析,通过色谱图量化评估整体及关键边缘区域的拟合精度,确保偏差值控制在临床可接受的50 μm阈值内。临床戴牙时,使用口内扫描仪对戴入后的修复体进行再次扫描,通过相同软件与设计模型进行二次配准比对,确认精度。利用增强现实技术把虚拟修复体投射到患者口内的实际位置,在显示器上同步显示修复体就位后的动态微笑效果,医师与患者可共同基于比色板编号、形态库参考图等标准化工具,确认修复体的美学参数^[8, 9]。正式粘接前用光学相干断层扫描技术检查修复体边缘间隙,再借助动态咬合分析系统验证各个方向的咬合力分布情况,确保功能与美学的一致性,治疗过程建立数字档案,包含初始口内扫描数据,设计参数,制作日志和最终的修复体三维模型。

1.4 观察指标

1.4.1 评估两组修复效果 修复后统计两组修复体完整(无裂纹/崩瓷)、边缘适合(探针无卡挂)、

功能恢复良好（咀嚼效率达80%以上）占比，进行组间比较，修复体完整、边缘适合、功能恢复良好占比越高表示修复效果越好。

1.4.2评估两组满意度 采用视觉模拟评分法（VAS）从美观度、舒适度、就诊体验3个方面评分，分值均为0~10分，分数越高表示患者满意度越高。

1.4.3记录两组并发症发生情况 包括牙龈刺激反应、修复体松动/脱落、继发龋。

1.5 统计学方法 采用SPSS 22.0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 两组修复效果比较 试验组修复体完整、边缘适合、功能恢复良好占比均高于对照组（ $P < 0.05$ ），见表1。

2.2 两组满意度比较 试验组对美观度、舒适度及就诊体验的满意度均高于对照组（ $P < 0.05$ ），见表2。

2.3 两组并发症发生情况比较 试验组并发症发生率低于对照组（ $P < 0.05$ ），见表3。

表1 两组修复效果比较 $[n(\%)]$

组别	n	修复体完整	边缘适合	功能恢复良好
对照组	30	25 (83.33)	22 (73.33)	21 (70.00)
试验组	30	29 (96.67)	28 (93.33)	28 (93.33)
χ^2		2.143	4.320	5.855
P		> 0.05	< 0.05	< 0.05

表2 两组满意度比较 $(\bar{x} \pm s, \text{分})$

组别	n	美观度	舒适度	就诊体验
对照组	30	7.52 ± 1.21	7.10 ± 1.31	7.84 ± 1.12
试验组	30	9.24 ± 0.20	8.92 ± 0.91	9.43 ± 0.21
t		7.012	6.543	7.325
P		< 0.05	< 0.05	< 0.05

表3 两组并发症发生情况比较 $[n(\%)]$

组别	n	牙龈刺激反应	修复体松动/脱落	继发龋	发生率
对照组	30	4 (13.33)	3 (10.00)	1 (3.33)	8 (26.67)
试验组	30	1 (3.33)	1 (3.33)	0	2 (6.67)*

注：*与对照组比较， $\chi^2=6.875$ ， $P < 0.05$ 。

3 讨论

口腔修复属于功能重建与美学恢复兼具的综合治疗领域，其技术发展一直以精度与美学双重要求为导向，传统修复模式由技工经验支配手工流程，从印模制作到修复体加工存在大量经验依赖环节。美学效果通常取决于技师的经验，临床医患交流仅限于二维比色板参照，修复体戴入后常因形态不协调、透光性差异等问题引发返工。经验驱动模式易导致修复周期延长，且美学效果常沦为难以量化的参考要素^[10]。近些年，以

口内扫描、CAD/CAM、三维打印等为代表的数字化技术正改变这一现状，数字化技术通过口内扫描可直接获取高精度的三维数据，取代部分传统印模，其中智能设计软件、修复体的形态、边缘、咬合和透光度等均可通过参数控制，提升制作的精准性与可重复性。此外，数字化微笑设计（DSD）工具可实现术前可视化美学设计，让患者提前预览修复后效果，有效提升患者对治疗效果的满意度^[11]。该技术可替代部分传统物理印模，规避了印模材料收缩变形、托盘压迫导致软

组织形变等固有问题,为后续精准设计奠定数据基础。修复体设计环节依托智能设计软件的生物仿真引擎,系统会自动分析患者面部中线、笑线曲度、牙龈缘对称性等宏观美学参数;同时可根据个性化需求,添加基牙与邻牙的微形态特征(如发育沟走向、切端磨耗面),生成兼具功能与美学属性的虚拟修复体。软件自带的色彩映射算法,能模拟不同光照条件下修复体与天然牙的光学交互效应,例如在强光环境下自动强化切端半透明层以模拟年轻恒牙特征,在暖光场景下调整修复体颈部色饱和度以匹配邻牙的老化变色效果;这种动态美学预判机制,使修复体设计从静态匹配升级为环境自适应模式。

本研究结果显示,试验组修复体完整、边缘适合、功能恢复良好占比均高于对照组($P<0.05$),表明数字化技术应用于口腔修复中的效果优于传统修复组。分析原因,数字化口内扫描可有效避免传统印模材料的变形和操作失误^[12],获取的数据能够准确反映口腔软硬组织的形态,CAD设计软件可精准控制修复体的形态、厚度和咬合关系,配合高性能的切削和烧结设备,保证修复体的一体成型和力学性能,同时氧化锆等全瓷材料的发展也提高了修复体的强度和仿生效果,在长期的功能负荷下表现更加稳定^[13, 14]。试验组对美观度、舒适度及就诊体验的满意度均高于对照组($P<0.05$)。数字化微笑设计(DSD)让医师术前美学分析、可视化模拟成为可能,患者能直观参与设计,预期管理与治疗满意度提高,修复体颜色、通透度、形态通过参数化设计得以精准实现,光学特性接近天然牙,美学效果更自然,一次就诊、即刻修复等高效流程也可缩短疗程,进而改善患者的就医体验^[15, 16]。此外,试验组并发症发生率(6.67%)低于对照组(26.67%)($P<0.05$)。分析原因,数字化修复体边缘适应性较为理想,一体化成型可减少内部缺陷、界面应力,修复体长期稳定性高,术前虚拟设计优化穿龈轮廓、邻接关系,避免牙周组织机械、生物性刺激,从而有效降低并发症发生几率。

综上所述,相较于常规修复方法,数字化技术应用于口腔修复能够更有效提升修复体的综合质量,其制作的修复体在完整性、边缘密合性及功能性方面表现更优,修复后并发症发生几率更低,患者满意度更高。

[参考文献]

- [1]柳忠豪,刘峰,陈江,等.口腔修复数字化美学设计流程专家共识[J].实用口腔医学杂志,2024,40(2):156-163.
- [2]唐天弘,朱陈元,翁维民.数字化印模技术应用于口腔种植修复的精度分析[J].口腔颌面修复学杂志,2024,25(2):97-102.
- [3]蔡亮,窦娟,邓千里,等.数字化导板引导的口腔种植修复术对牙列缺损患者种植精准度、牙周健康及修复美学效果的影响[J].广西医学,2022,44(16):1836-1839.
- [4]李丽君.数字化技术在口腔修复中的应用效果观察[J].中国社区医师,2022,38(30):34-36.
- [5]林继明.数字化技术用于牙列缺失患者口腔种植修复中的效果[J].深圳中西医结合杂志,2022,32(12):103-105.
- [6]金华旦.《口腔种植中的数字化技术》出版:数字化技术在全口固定式种植义齿修复中的应用[J].介入放射学杂志,2024,33(6):706.
- [7]孙平,许玲莉,胡济安.数字化微笑设计技术在口腔修复学美学教学中的应用[J].浙江医学教育,2022,21(3):179-183.
- [8]沈鲤,谭智,青海,等.数字化技术设计股前外侧皮瓣在修复重建颌面部缺损中的应用效果[J].中国美容医学,2022,31(2):82-84.
- [9]肖霞,滕艳,潘越,等.三维打印数字化导板引导联合口腔内扫描在义齿修复中的应用效果分析[J].中国美容医学,2024,33(3):147-150.
- [10]李兴强,李淑薇,刘长阳,等.数字化导板在游离腓骨肌皮瓣修复下颌骨缺损中的应用[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2024,38(11):1045-1049,1055.
- [11]李辉.数字化技术在口腔上前牙区种植修复中的临床效果及对种植体根部偏移量的影响[J].外科研究与新技术,2023,12(3):213-215.
- [12]刘子燕,戴群,肖芳.数字化种植导板在口腔种植修复中的应用[J].口腔疾病防治,2019,27(5):337-340.
- [13]孙方方,景建龙,吴国锋.数字化铣削技术制作聚醚酮酮口腔修复体的初步临床报告[J].实用口腔医学杂志,2019,35(6):908-912.
- [14]曾伟.不同皮瓣修复口腔颌面部肿瘤手术缺损的效果及术后美观比较[J].中国医药科学,2023,13(15):181-185.
- [15]闫焱鑫.数字化导航技术在显微根尖手术中的应用与进展——评《口腔种植修复》[J].世界中医药,2024,19(18):2880.
- [16]范亚伟,孙福星,张鹏飞.数字化技术在口腔上前牙区种植修复中的临床研究[J].山西医科大学学报,2018,49(7):870-873.