

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.10.014

全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统在前牙美学修复中的应用

王钊, 杨阳

(盐城市口腔医院修复科, 江苏 盐城 224002)

[摘要]目的 探究在前牙美学修复中应用全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统的效果。方法 选取2024年1月-2025年8月于盐城市口腔医院修复科行前牙美学修复的60例患者, 采用随机数字表法分为参照组、研究组, 每组30例。参照组采用传统氧化锆全瓷修复方案, 研究组采用全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统进行修复, 比较两组美学效果、咀嚼功能、牙周健康指标。结果 研究组修复后6个月颜色匹配度、形态自然度、边缘密合度优秀率均高于参照组 ($P<0.05$); 研究组修复后6个月咬合力、咀嚼效率高于参照组 ($P<0.05$); 研究组修复后6个月牙龈出血指数、牙周袋深度均低于参照组 ($P<0.05$)。结论 全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统在前牙美学修复中的应用效果确切, 可有效提升修复体美学性能, 促进改善咀嚼功能、牙周健康状况。

[关键词] 全流程数字化; CAD/CAM系统; 氧化锆全瓷修复; 前牙美学修复

[中图分类号] R783.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2026) 10-0059-04

Application of Full-process Digital CAD/CAM Zirconia All-ceramic Restoration System in Aesthetic Restoration of Anterior Teeth

WANG Zhao, YANG Yang

(Department of Prosthodontics, Yancheng Stomatological Hospital, Yancheng 224002, Jiangsu, China)

[Abstract]**Objective** To explore the application effect of full-process digital CAD/CAM zirconia all-ceramic restoration system in aesthetic restoration of anterior teeth. **Methods** A total of 60 patients who received aesthetic restoration of anterior teeth in the Department of Prosthodontics, Yancheng Stomatological Hospital from January 2024 to August 2025 were selected, and they were divided into the reference group and the study group by the random number table method, with 30 patients in each group. The reference group received traditional zirconia all-ceramic restoration, and the study group was repaired with full-process digital CAD/CAM zirconia all-ceramic restoration system. The aesthetic effect, masticatory function and periodontal health indicators were compared between the two groups. **Results** At 6 months after restoration, the excellent rates of color matching, morphological naturalness and marginal adaptation in the study group were higher than those in the reference group ($P<0.05$). At 6 months after restoration, the occlusal force and masticatory efficiency of the study group were higher than those of the reference group ($P<0.05$). At 6 months after restoration, the gingival bleeding index and periodontal pocket depth in the study group were lower than those in the reference group ($P<0.05$). **Conclusion** The full-process digital CAD/CAM zirconia all-ceramic restoration system has a definite effect in aesthetic restoration of anterior teeth. It can effectively improve the aesthetic performance of restorations, and improve masticatory function and periodontal health.

[Key words] Full-process digitalization; CAD/CAM system; Zirconia all-ceramic restoration; Aesthetic restoration of anterior teeth

前牙 (anterior teeth) 不仅影响面部美观与患者的社交自信, 还承担重要的生理功能, 其美学修复需兼顾美观、功能稳定与生物相容性。氧化锆全瓷材料因性能优良, 已成为前牙美学修复的首选, 但传统修复依赖手工操作, 易出现印模形变、模型误差大等问题, 影响修复体的美学效果与长期稳定性, 甚至可能引发并发症^[1, 2]。随着口腔数字化技术的发展, 计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM) 系统突破了传统修复的局限, 可实现精准、高效、个性化的修复。全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统通过口内扫描、数字化设计、精密加工等一体化流程, 可有效减少手工操作误差, 实现修复体与牙体组织的精准适配; 同时, 借助数字化比色技术, 确保修复体颜色与天然牙高度协调^[3-5]。基于此, 本研究旨在探讨全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统在前牙美学修复中的应用效果, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2024年1月-2025年8月于盐城市口腔医院修复科行前牙美学修复的60例患者, 采用随机数字表法分为参照组、研究组, 每组30例。参照组男16例, 女14例; 年龄22~48岁, 平均年龄 (35.26 ± 7.84) 岁; 修复原因: 牙体缺损12例, 颜色异常10例, 形态异常8例; 修复牙位: 中切牙18颗、侧切牙12颗。研究组男15例, 女15例; 年龄23~49岁, 平均年龄 (36.12 ± 7.95) 岁; 修复原因: 牙体缺损11例, 颜色异常11例, 形态异常8例; 修复牙位: 中切牙17颗, 侧切牙13颗。两组性别、年龄、修复原因及修复牙位比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 研究可比。患者均签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: 前牙存在牙体缺损、颜色异常或形态异常, 需进行美学修复; 牙周基础状况良好, 牙周袋深度 ≤ 3 mm, 牙龈无明显炎症、萎缩; 无严重全身性疾病, 如糖尿病、免疫系统疾病, 无口腔修复禁忌证; 能配合完成6个月随访。排除标准: 前牙严重松动、牙槽骨吸收明显; 有夜磨牙、紧咬牙等不良咬合习惯; 对氧化锆材料过敏; 无法配合完成治疗及随访者。

1.3 方法

1.3.1 参照组 采用传统氧化锆全瓷修复方案: ①牙体预备: 根据患者前牙缺损、颜色及形态异常情况, 进行常规牙体预备, 去除病变组织及多余牙

体组织, 修整牙体形态, 确保预备体表面光滑、边缘连续; ②印模制取: 采用硅橡胶印模材料制取口腔印模, 灌注石膏模型; ③比色: 采用传统视觉比色法, 结合VITA Classical A1-D4色系, 选取与患者天然牙颜色最接近的比色片; ④修复体制作: 将石膏模型送至义齿加工中心, 采用手工设计结合机械加工方式制作氧化锆全瓷修复体, 完成上釉、抛光处理; ⑤试戴与粘接: 将修复体试戴, 调整咬合关系, 确认边缘密合度、颜色匹配度满意后, 采用树脂粘接剂进行粘接固定, 术后告知患者口腔处理注意事项。

1.3.2 研究组 采用全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统进行修复: 所用设备包括口内扫描仪 (3Shape Trios 5, 3Shape A/S, 国械注进20192220689, 型号: Trios 5)、CAD/CAM设计软件 (3Shape Dental System, 3Shape A/S, 国械注进20162220242, 型号: Dental System)、氧化锆加工机床 (Zirkonzahn M1, Zirkonzahn Srl, 国械注进20183648641, 型号: M1) 及数字化比色仪 (VITA Easyshade V, VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG, 国械注进20192221493, 型号: Easyshade V), 具体流程如下: ①牙体预备: 与参照组一致, 完成牙体预备后, 对预备体表面进行清洁、干燥; ②口内扫描: 采用口内扫描仪对患者口腔内预备体、邻牙及对殆牙进行扫描, 获取数字化口腔模型, 扫描精度控制在0.02 mm以内, 将扫描数据导入CAD/CAM设计软件; ③数字化比色: 采用数字化比色仪对患者天然牙进行精准比色, 获取颜色参数 (L^* 、 a^* 、 b^* 值), 导入设计软件, 确保修复体颜色与天然牙高度匹配; ④数字化设计: 根据患者口腔解剖结构、咬合关系及美学需求, 通过CAD软件设计修复体的形态、边缘形态及咬合面, 模拟修复效果, 与患者沟通确认后, 优化设计方案; ⑤修复体加工: 将设计好的数字化模型传输至氧化锆加工机床, 采用减材制造技术加工氧化锆全瓷修复体, 加工完成后进行上釉、抛光处理; ⑥试戴与粘接: 与参照组一致, 完成试戴、咬合调整及粘接固定, 术后进行口腔处理指导。

两组患者术后均进行6个月随访, 分别于术后1、3、6个月进行复查, 观察修复体情况、牙周健康及患者反馈。

1.4 观察指标

1.4.1 评估两组美学效果 由3名经验丰富的口腔修

复医师评估,评估指标包括颜色匹配度、形态自然度、边缘密合度,每项指标采用4级评分法(1~4分),1分:差,2分:一般,3分:良好,4分:优秀。优秀率=(优秀+良好)/总例数 $\times 100\%$ 。统计颜色匹配度、形态自然度、边缘密合度优秀率。

1.4.2评估两组咀嚼功能 于修复后6个月采用咬合力测定仪测定咬合力(单位:N),采用吸光度法测定咀嚼效率(单位:%),咀嚼效率=(修复后吸光度-空白吸光度)/(正常牙列吸光度-空白吸光度) $\times 100\%$,均测定3次,取平均值。

1.4.3检测两组牙周健康指标 于修复后6个月检测牙龈出血指数和牙周袋深度。牙龈出血指数采用Löe-Silness评分法检测,评分0~3分,0分:牙龈健康,无出血;1分:牙龈轻度炎症,探诊后出血;2分:牙龈中度炎症,探诊后明显出血;3分:牙龈重度炎症,自发性出血。牙周袋深

度采用牙周探针测定修复体周围牙龈的平均探诊深度(单位:mm),测定值越低说明牙周健康状况越佳。

1.5 统计学方法 采用SPSS 23.0统计学软件进行数据分析,计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,行 χ^2 检验;计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,行 t 检验; $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组美学效果比较 研究组修复后6个月颜色匹配度、形态自然度、边缘密合度优秀率均高于参照组($P < 0.05$),见表1。

2.2 两组咀嚼功能比较 研究组修复后6个月咬合力、咀嚼效率均高于参照组($P < 0.05$),见表2。

2.3 两组牙周健康指标比较 研究组修复后6个月牙龈出血指数、牙周袋深度均低于参照组($P < 0.05$),见表3。

表1 两组美学效果比较 $[n(\%)]$

组别	<i>n</i>	颜色匹配度优秀率	形态自然度优秀率	边缘密合度优秀率
参照组	30	21 (70.00)	22 (73.33)	20 (66.67)
研究组	30	28 (93.33)	29 (96.67)	27 (90.00)
χ^2		5.455	6.405	4.812
<i>P</i>		0.020	0.011	0.028

表2 两组咀嚼功能比较 $(\bar{x} \pm s)$

组别	<i>n</i>	咬合力(N)	咀嚼效率(%)
参照组	30	110.34 $\pm$ 15.76	75.62 $\pm$ 11.38
研究组	30	132.56 $\pm$ 16.82	88.79 $\pm$ 10.54
<i>t</i>		5.280	4.651
<i>P</i>		0.000	0.000

表3 两组牙周健康指标比较 $(\bar{x} \pm s)$

组别	<i>n</i>	牙龈出血指数(分)	牙周袋深度(mm)
参照组	30	1.36 $\pm$ 0.41	2.68 $\pm$ 0.43
研究组	30	0.92 $\pm$ 0.25	2.15 $\pm$ 0.32
<i>t</i>		5.019	5.416
<i>P</i>		0.000	0.000

3 讨论

前牙美学修复的核心需求是实现“美学与功能统一”,既要达到与天然牙高度一致的形态、颜色,又要保障咀嚼、发音等生理功能,同时需具备良好的生物相容性和长期稳定性^[6, 7]。氧化锆全瓷材料凭借其优异的机械强度、耐磨损性及仿生美学特性,已成为前牙美学修复的主流材料,但修复流程的精准度直接决定修复效果^[8]。传统氧化锆全瓷修复依赖手工操作,印模制取、模型

制作等环节易出现误差,导致修复体边缘密合度不足、颜色匹配度欠佳,不仅影响美学效果,还可能因边缘微渗漏引发牙周炎症,降低修复体的长期存活率^[9]。全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统通过口内扫描、数字化设计、精密加工的一体化流程,可弥补传统修复模式的不足,其核心优势在于精准性与个性化^[10]。

本研究结果显示,研究组修复后6个月颜色匹配度、形态自然度、边缘密合度优秀率均高于

参照组 ($P<0.05$)，这与数字化技术的精准性密切相关：口内扫描仪可精准获取口腔解剖结构数据，扫描精度控制在0.02 mm以内，避免了传统印模制取的形变误差^[11]；数字化比色仪可精准捕捉天然牙的颜色参数，结合CAD软件的颜色模拟功能，可确保修复体颜色与天然牙高度协调，避免传统视觉比色主观性强、误差大的问题^[12]；CAD/CAM加工机床采用减材制造技术，可严格按照数字化设计方案加工修复体，确保修复体形态、边缘形态与牙体预备体精准适配，提升边缘密合度。咀嚼功能恢复是前牙美学修复的重要评价指标，修复体的咬合精度、机械强度直接影响咀嚼功能^[13]。本研究中，研究组修复后6个月咬合力、咀嚼效率均高于参照组 ($P<0.05$)。分析原因在于：数字化设计可精准模拟患者咬合关系，优化修复体咬合面形态，确保咬合接触均匀，减少咬合创伤；氧化锆全瓷材料的机械强度较高，经数字化精密加工后，修复体的抗压强度、耐磨损性进一步提升，可有效承受咀嚼压力，进一步促进提高咀嚼功能^[14]。而传统修复体因手工加工误差较大，咬合面形态设计不合理，易出现咬合早接触、咬合创伤等问题，导致咀嚼功能恢复不佳。牙周健康是修复体长期稳定的基础，修复体边缘密合度不足、边缘形态不合理，易导致食物嵌塞、菌斑堆积，进而引发牙龈炎症、牙周袋加深等问题。本研究结果显示，研究组修复后6个月牙龈出血指数、牙周袋深度均低于参照组 ($P<0.05$)，这是因为数字化修复体边缘密合度高，可有效减少食物嵌塞和菌斑堆积，降低对牙龈的刺激；同时，数字化设计可优化修复体边缘形态，避免边缘过长、过锐对牙龈的损伤，保护牙周组织健康^[15]。而传统修复体边缘密合度较差，易出现边缘微渗漏，导致菌斑滋生，引发牙周炎症，进而影响牙周健康。

综上所述，全流程数字化CAD/CAM氧化锆全瓷修复系统在前牙美学修复中的应用效果确切，可有效提升修复体美学性能，促进改善咀嚼功能、牙周健康状况。

[参考文献]

[1]田梦婷,龚怡,张蕾.微创超薄与CAD/CAM全瓷贴面修复前牙间隙的美学效果及对口腔菌群微环境的影响[J].中

国美容医学,2026,35(4):126-130.

[2]罗岚,王君琳,陈琳,等.数字化引导隧道软组织移植联合临时修复体塑形重建多颗前牙红色美学病例1例[J].中国口腔种植学杂志,2025,30(6):525-531.

[3]雷彦华,郑海霞.基于CAD/CAM的全瓷高嵌体修复牙体缺损失败风险的列线图模型构建与验证[J].上海口腔医学,2025,34(6):617-621.

[4]张勇,曾东,牛光良.不同减材制造材料髓腔固位超嵌体修复下颌第一磨牙应力的三维有限元分析[J].口腔颌面修复学杂志,2026,27(3):191-196,203.

[5]葛文华,代泉,司红羚,等.数字化瓷贴面修复前牙间隙的疗效及美学效果分析[J].中国美容医学,2025,34(10):141-144.

[6]李倩,周静.数字化技术辅助前牙美学区固定义齿二次修复1例[J].医学临床研究,2025,42(8):1487-1489.

[7]李韬,龙慧,孙炜,等.数字化微笑设计在上颌前牙牙列缺损美学修复中的可行性分析[J].中国美容医学,2025,34(8):155-158.

[8]高一,高源,李继遥,等.数字化回切法辅助前牙缺损复合树脂美学修复1例[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2025,30(5):278-281.

[9]石欣怡,陈小冬,栾秀玲.数字化引导前牙瓷贴面修复的临床效果研究[J].实用口腔医学杂志,2025,41(2):162-167.

[10]任丽娟,刘佳怡,李紫含,等.3D打印双定位导板在前牙美学修复中的应用效果评价[J].上海口腔医学,2024,33(6):627-632.

[11]许雪红,程少龙,吴昭君.CAD/CAM氧化锆桩核在前牙美学修复中的效果观察[J].中国医疗美容,2025,15(6):112-116.

[12]符苏杰,张晓卫,林婷婷,等.对比分析IPS e.max Press 铸瓷高嵌体与普兰梅卡CAD/CAM系统制作的高嵌体修复后牙牙体缺损的效果[J].现代生物医学进展,2024,24(5):898-903.

[13]明先庆,张紫薇,王子添,等.磨牙不同桩核系统切削氧化锆全瓷冠修复的边缘和内部适合性研究[J].口腔医学,2023,43(7):614-618.

[14]吕晓蕾,史俊宇,钱姝娇,等.上颌前牙美学区单颗种植修复体应用角度螺丝通道系统基台和预成钛基台的短期临床疗效比较[J].上海口腔医学,2022,31(4):423-428.

[15]杨萌,童昕,柳慧芬.CAD/CAM个性化基台应用于游离端缺失患者种植治疗的回顾性研究[J].口腔颌面修复学杂志,2026,27(2):99-103.

收稿日期: 2026-5-7 编辑: 刘雯