

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.23.033

CAD/CAM氧化锆桩核对前牙缺损患者牙齿机械及功能性能的影响

毛兴平

(江门市口腔医院口腔修复工艺中心, 广东 江门 529000)

[摘要]目的 探究CAD/CAM氧化锆桩核对前牙缺损患者牙齿机械及功能性能的影响。方法 选取2023年1月—2025年1月江门市口腔医院收治的80例前牙缺损患者作为研究对象, 按随机数字表法将其分为对照组与观察组, 各40例。对照组采用传统金属桩核修复, 观察组采用CAD/CAM氧化锆桩核修复, 比较两组美学效果、牙齿机械及功能性能及工艺质量。结果 观察组修复后颜色匹配度、形态自然度、边缘适合性及表面光泽度均优于对照组 ($P<0.05$) ; 观察组修复后抗折强度、咀嚼效率及表面硬度均高于对照组 ($P<0.05$) ; 观察组修复后加工精度、表面光洁度及烧结尺寸稳定性均优于对照组 ($P<0.05$) 。结论 CAD/CAM氧化锆桩核不仅能满足前牙缺损患者对美学效果的高要求, 还能有效恢复牙齿机械及功能性能, 其数字化制作工艺更确保了修复体的精确性与长期稳定性。

[关键词] CAD/CAM; 氧化锆桩核; 前牙缺损; 咀嚼功能

[中图分类号] R783

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2025) 23-0131-04

Effect of CAD/CAM Zirconia Post and Core on Mechanical and Functional Properties of Teeth in Patients with Anterior Tooth Defect

MAO Xingping

(Dental Prosthetics Technology Center of Jiangmen Municipal Stomatological Hospital, Jiangmen 529000, Guangdong, China)

[Abstract] **Objective** To explore the effect of CAD/CAM zirconia post and core on mechanical and functional properties of teeth in patients with anterior tooth defect. **Methods** A total of 80 patients with anterior tooth defect admitted to Jiangmen Municipal Stomatological Hospital from January 2023 to January 2025 were selected as the research subjects, and they were divided into the control group and the observation group by the random number table method, with 40 patients in each group. The control group received traditional metal post and core restoration, and the observation group received CAD/CAM zirconia post and core restoration. The aesthetic effect, mechanical and functional properties of teeth, and process quality were compared between the two groups. **Results** After restoration, the color matching, natural shape, marginal adaptation and surface gloss in the observation group were all better than those in the control group ($P<0.05$). After restoration, the fracture resistance, masticatory efficiency and surface hardness in the observation group were all higher than those in the control group ($P<0.05$). After restoration, the processing accuracy, surface finish and sintering dimensional stability in the observation group were better than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** CAD/CAM zirconia post and core can not only meet the high aesthetic requirements of patients with anterior tooth defect, but also effectively restore the mechanical and functional properties of teeth. Its digital manufacturing process further ensures the accuracy and long-term stability of the restoration.

[Key words] CAD/CAM; Zirconia post and core; Anterior tooth defect; Masticatory function

前牙缺损 (anterior tooth defect) 常因龋病、外伤等因素导致, 不仅影响患者的咀嚼功

能, 也对其面容美观造成影响^[1]。传统金属桩核虽具有较高的机械强度, 但其美学效果欠佳,

且弹性模量过高容易造成应力集中, 增加牙根折断的风险^[2, 3]。近年来, 随着材料科学与数字化技术的发展, CAD/CAM氧化锆桩核凭借其高强度、良好生物相容性及优异的美学表现, 在临床应用中逐渐受到重视^[4]。然而, 目前相关研究多集中于材料性能的探讨, 尚缺乏针对不同桩核系统在临床综合效果方面的系统对比分析。基于此, 本研究旨在探究CAD/CAM氧化锆桩核对前牙缺损患者牙齿机械及功能性能的影响, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2023年1月~2025年1月江门市口腔医院收治的80例前牙缺损患者作为研究对象, 按随机数字表法将其分为对照组与观察组, 各40例。对照组男21例, 女19例; 年龄26~57岁, 平均年龄(39.12 ± 7.83)岁; 牙位分布: 中切牙26例, 侧切牙14例。观察组男22例, 女18例; 年龄25~55岁, 平均年龄(38.64 ± 7.52)岁; 牙位分布: 中切牙28例, 侧切牙12例。两组性别、年龄、牙位分布比较, 差异无统计学意义($P>0.05$), 有可比性。本研究患者自愿参与并签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: 前牙牙体缺损需行桩核修复; 年龄18~60岁; 无严重牙周疾病。排除标准: 根管治疗未完成或根尖周病变未控制; 咬合关系异常或磨牙症; 妊娠或哺乳期女性; 有精神疾病或不能配合随访。

1.3 方法

1.3.1 对照组 采用传统金属桩核修复: ①牙体预备完成后, 使用聚醚硅橡胶材料制取工作印模与对颌印模; 操作中严格遵循材料说明书的混合比例及操作时间要求, 并灌制超硬石膏模型; ②在模型上制备蜡型, 采用直径1.2 mm蜡线成形, 确保桩核与根管壁之间保持约50 μm 的均匀间隙。选用镍铬合金(Ni:Cr=78:22)进行铸造, 设置铸造机熔金温度为1450 $^{\circ}\text{C}$, 离心铸造时间为30 s; ③铸造完成后, 使用110 μm 氧化铝颗粒在0.25 MPa压力下进行喷砂处理, 随后依次以红、黄、白绒轮配合专用抛光膏进行机械抛光; 粘接前, 使用37%磷酸对根管牙本质壁酸蚀20 s, 冲洗干净后涂布牙本质处理剂, 最后采用树脂粘接剂将金属桩核粘固于根管内; ④桩核粘固完成后, 行全瓷冠

修复完成最终修复。

1.3.2 观察组 采用CAD/CAM氧化锆桩核修复, 其修复体制作严格遵循技工室标准化流程: ①数字化模型获取与设计: 通过口内扫描或模型扫描获取数字化模型, 借助CAD软件设计桩核形态, 确保与剩余牙体组织密合度 $\geq 95\%$; 设计参数(如桩长、直径、锥度等)均依据前牙解剖特点进行优化; ②计算机辅助制造(CAM)加工: 将设计数据导入CAM系统, 选用直径1.0 mm铣刀依次进行粗加工与精加工, 全程辅以冷却水润滑; 平均单颗修复体加工时间为25 min; ③烧结与美学处理: 加工后的氧化锆桩核置于高温烧结炉中按设定程序烧结(最高温度1480 $^{\circ}\text{C}$, 保温120 min), 实现完全致密化, 烧结后收缩率约为25%; 随后使用Biomic染色液进行着色与上釉处理, 以模拟天然牙色泽与光泽; 对美学要求较高的病例, 可应用微分层技术, 在修复体颊侧制作0.3~0.5 mm薄瓷层, 结合内外染色实现自然的光学过渡; ④质量检验: 每颗修复体均通过显微镜检查边缘适合性, 并采用硬度计与万能试验机进行力学性能测试, 确保符合临床标准; ⑤临床粘接与修复: 采用树脂粘接系统将氧化锆桩核粘固于根管内, 最终完成全瓷冠修复。

1.4 观察指标

1.4.1 评估两组美学效果 ①颜色匹配度: 在标准D65光源下, 由3名经验丰富的技工采用双盲法, 依据Vita Classical比色板对修复体与邻牙在色泽、明度、饱和度方面进行比对; 评分采用5分制: 5分(极佳, 肉眼无法分辨色差)、4分(良好, 轻微可接受色差)、3分(一般, 存在可见色差但不影响美观)、2分(较差, 明显色差)、1分(差, 严重色差), 最终取平均分进行统计分析; ②形态自然度: 由同一专家组对修复体的解剖外形、轮廓突度、发育沟及边缘嵴的形态再现程度进行评价, 同样采用5分制: 5分(形态逼真, 与天然牙无异)、4分(形态自然, 细微差异)、3分(形态尚可, 略有差异)、2分(形态呆板, 差异明显)、1分(形态失真), 最终取平均分作为评价结果; ③边缘适合性: 使用牙科专用显微镜测量修复体边缘与代型肩台之间的垂直间隙; 于修复体唇侧、舌侧、近中、远中4个区域各取3个测量点, 共计12个测量点, 计算平均间隙值; 平均

间隙值越大，表示边缘适合性越差；④表面光泽度：采用便携式光泽度仪（测量角度60°），在修复体唇面中央区域连续测量3次，取平均值并记录为光泽单位；光泽度越高，代表修复体表面越光滑，反射光能力越强，美学表现也相应更优。

1.4.2 评估两组牙齿机械及功能性能 ①抗折强度：使用万能试验机进行静态载荷测试；将修复体粘固于标准代型上，加载头以1.0 mm/min的速率沿修复体长轴方向施加压力，直至发生断裂，记录最大失效载荷，并计算抗折强度；②咀嚼功能：在咀嚼模拟试验机中，以5 Hz频率、50 N载荷进行50万次循环加载，模拟口腔力学环境；通过对比模拟测试前后对标准试验食物的破碎能力变化，计算咀嚼效率；③表面硬度：使用表面轮廓仪测量咀嚼模拟测试前后修复体咬合面的粗糙度（Ra值）变化。

1.4.3 评估两组工艺质量 ①加工精度：利用三维坐标测量机对扫描获得的修复体数据与原始CAD设计模型进行三维偏差分析，通过计算全局均方根误差，评估CAM系统的铣削加工精度；②表面光洁度检测：使用表面粗糙度仪测量修复体轴面及

咬合面的算术平均粗糙度，评价其经铣削与烧结后的表面光滑程度；③烧结尺寸稳定性：分别测量修复体在烧结前后的关键尺寸（如总长度、桩直径等），计算线性收缩率（%），并与材料厂商提供的理论收缩率进行对比，以评估工艺过程中尺寸控制的准确性。

1.5 统计学方法 采用SPSS 26.0统计学软件进行数据分析，计数资料采用[n (%)]表示，行 χ^2 检验；计量资料采用（ $\bar{x} \pm s$ ）表示，行t检验。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组美学效果比较 观察组修复后颜色匹配度、形态自然度、边缘适合性及表面光泽度均优于对照组（ $P < 0.05$ ），见表1。

2.2 两组牙齿机械及功能性能比较 观察组修复后抗折强度、咀嚼效率及表面硬度均高于对照组（ $P < 0.05$ ），见表2。

2.3 两组工艺质量比较 观察组修复后加工精度、表面光洁度及烧结尺寸稳定性均优于对照组（ $P < 0.05$ ），见表3。

表1 两组美学效果比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	n	颜色匹配度（分）	形态自然度（分）	表面光泽度（GU）	边缘适合性（ μm ）
观察组	40	4.35 ± 0.32	4.42 ± 0.37	85.34 ± 6.12	25.36 ± 4.14
对照组	40	3.82 ± 0.51	3.95 ± 0.45	72.51 ± 8.45	38.52 ± 5.73
<i>t</i>		5.567	5.102	7.891	9.132
<i>P</i>		0.001	0.001	0.001	0.001

表2 两组牙齿机械及功能性能比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	n	抗折强度（MPa）	咀嚼效率（%）	表面硬度（HV）
观察组	40	1207.20 ± 153.06	89.57 ± 5.22	1251.39 ± 80.01
对照组	40	851.50 ± 128.04	78.34 ± 6.15	984.20 ± 75.58
<i>t</i>		11.273	8.134	10.973
<i>P</i>		0.001	0.001	0.001

表3 两组工艺质量比较（ $\bar{x} \pm s$ ）

组别	n	加工精度（ μm ）	表面光洁度（Ra）	烧结尺寸稳定性（%）
观察组	40	15.22 ± 2.57	0.45 ± 0.08	18.51 ± 1.23
对照组	40	22.45 ± 3.12	0.68 ± 0.11	24.83 ± 1.75
<i>t</i>		9.871	8.932	11.246
<i>P</i>		0.001	0.001	0.001

3 讨论

前牙缺损患者不仅面临咀嚼功能下降的困扰,更常因牙齿形态与色泽异常而产生心理压力及社交顾虑,因而对修复体的美学效果与长期功能稳定性具有较高的期待^[5]。传统金属桩核虽可提供基础固位与支撑,但其金属底色易造成修复体透光性差、色泽发灰,影响美学表现;同时,较高的弹性模量在受力时可能导致应力集中,增加牙根折断的风险^[6, 7]。相比之下,CAD/CAM氧化锆桩核具有良好的生物相容性、与牙本质接近的弹性模量,以及出色的半透性与可定制染色特性,为同时实现美学修复与功能重建提供了更为理想的解决方案^[8]。

本研究结果显示,观察组修复后颜色匹配度、形态自然度、边缘适合性及表面光泽度均优于对照组($P<0.05$),这是由于氧化锆材料因其高半透明性和强度梯度特性,可更好地模拟天然牙的光学特征,有效避免了传统金属桩核因不透光导致的美学缺陷^[9]。CAD/CAM数字化加工工艺保障了修复体的高精度成型与边缘密合,减少了微渗漏及由此引发的继发问题^[10]。此外,配合Bionic染色与微分层技术,能够实现颜色层次的精细调控,使修复体与邻牙在色泽和纹理上自然融合,满足高标准美学需求^[11]。经上釉与抛光处理后,氧化锆修复体表面光泽度可达到GU>80,接近天然牙釉质质感,而传统金属桩核因材质限制难以达到同等光泽水平。观察组修复后抗折强度、咀嚼效率及表面硬度均高于对照组($P<0.05$)。究其原因:氧化锆陶瓷具有超过1200 MPa的抗弯强度,能够有效承载前牙区咬合力;其弹性模量与牙本质更为接近,有助于实现应力均匀传导,降低牙根折裂风险^[12, 13]。动态咀嚼模拟测试中,氧化锆桩核表现出更高的咀嚼效率与更低的表面粗糙度变化,咬合关系稳定且耐磨性良好,有利于长期功能维持^[14, 15]。观察组修复后加工精度、表面光洁度及烧结尺寸稳定性均优于对照组($P<0.05$)。三维偏差分析表明氧化锆修复体全局误差可控,烧结收缩可预测,保障了尺寸准确性,有助于实现修复体的被动就位和一次戴入,从而推动了高质量修复体的标准化生产进程。

综上所述,CAD/CAM氧化锆桩核不仅能满足前牙缺损患者对美学效果的高要求,还能有效恢复咀嚼功能,其数字化制作工艺更确保了修复体的精确性与长期稳定性。

参考文献

- [1]孙建伟,文星.CAD/CAM氧化锆桩核与玻璃纤维桩树脂核在上颌前牙区修复患者中的效果比较[J].实用临床医药杂志,2020,24(6):76-78.
- [2]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.
- [3]胡莲,郭海鑫,蔡晓亚.CAD/CAM氧化锆全瓷冠与金属烤瓷冠在牙冠修复中的应用效果[J].河南医学研究,2024,33(20):3746-3749.
- [4]吴玉禄,王嘉莹,龚旭,等.从修复工艺角度浅谈牙科CAD/CAM氧化锆材料的应用与进展[J].实用口腔医学杂志,2024,40(4):587-592.
- [5]邬雪颖,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.
- [6]刘磊,沈丽丽,丁鑫.人工智能设计与传统CAD/CAM设计的氧化锆全冠修复磨牙缺损的临床效果对比[J].口腔生物医学,2024,15(5):276-280.
- [7]陶进京,黄罡,衣颖杰,等.虚拟支架在CAD/CAM铣削氧化锆粘接桥中的应用[J].中国美容医学,2021,30(6):139-142.
- [8]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.
- [9]张彦霞,施蕊,张风华,等.不同修复方式对根管治疗后后牙楔状缺损效果及对牙周组织的影响[J].中国临床研究,2020,33(2):211-213,217.
- [10]沈婧,曹光明,乔文丽,等.CAD/CAM氧化锆全瓷冠和钴铬合金烤瓷冠在全冠单冠修复患者中的应用效果对比[J].中国美容医学,2023,32(8):122-125.
- [11]李燕侠,马毅慧,董青山.前磨牙大面积牙体缺损根管治疗术后不同修复方式的3年临床效果评价[J].华南国防医学杂志,2022,36(4):261-264.
- [12]陆瑛,吴宁,马彬,等.CAD/CAM氧化锆全瓷冠修复体的美学效果及对牙周组织炎症状态的影响[J].中国美容医学,2020,29(12):126-129.
- [13]田国兵,温鹏霞,赵彬,等.不同修复方式下上颌第一前磨牙穿髓型楔状缺损牙体和修复体的生物力学分析[J].山东医药,2022,62(26):30-35.
- [14]赵琛,白月辉,刘阳,等.基牙抛光方式和时间对CAD/CAM氧化锆全瓷冠适合性的影响[J].上海口腔医学,2023,32(3):236-240.
- [15]杨海珍,张红梅,张帆,等.玻璃基陶全瓷氧化锆全瓷及纤维桩核氧化锆冠修复对后牙体缺损患者咀嚼能力及龈沟液炎症损伤指标的影响[J].河北医学,2023,29(11):1857-1863.