

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.16.024

3D打印技术用于可摘局部义齿金属支架修复对老年牙列缺损患者 义齿美学效果的影响

张燕

(南京六合张燕口腔诊所, 江苏 南京 210000)

[摘要]目的 探讨3D打印技术用于可摘局部义齿金属支架修复对老年牙列缺损患者义齿美学效果的影响。方法 选取2024年6月-2025年6月于南京六合张燕口腔诊所进行可摘局部义齿金属支架修复的50例老年牙列缺损患者作为研究对象,根据治疗方法不同将其分为对照组和观察组,每组25例。对照组采取带模铸造技术,观察组采取3D打印技术,比较两组临床客观指标、牙齿综合功能、修复体完整稳固性、牙龈健康状况、义齿美学效果。结果 观察组修复4周后压痛点数量、密合间隙、表面粗糙度低于对照组,咀嚼效率高于对照组 ($P<0.05$);两组咬合力比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$);两组牙齿综合功能比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$);观察组修复2周后修复体完整稳固率高于对照组 ($P<0.05$);两组牙龈健康占比比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$);观察组修复4周后义齿美学效果评分高于对照组 ($P<0.05$)。结论 在老年牙列缺损患者可摘局部义齿金属支架修复中,3D打印技术能够缩小支架密合间隙、降低表面粗糙度,减少黏膜压痛点,提升咀嚼效率、支架稳固性与义齿美学效果,不改变牙龈健康及基础牙齿功能,可改善老年患者佩戴体验。

[关键词] 3D打印技术;可摘局部义齿金属支架修复;老年牙列缺损患者;牙齿综合功能;义齿美学效果

[中图分类号] R783

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2026) 16-0099-05

Effect of 3D Printing Technology for Metal Framework Removable Partial Denture Restoration on Denture Aesthetic Effect in Elderly Patients with Dentition Defect

ZHANG Yan

(Nanjing Liuhe ZHANG Yan Dental Clinic, Nanjing 210000, Jiangsu, China)

[Abstract]**Objective** To explore the effect of 3D printing technology applied in metal framework removable partial denture restoration on denture aesthetic effect in elderly patients with dentition defect. **Methods** A total of 50 elderly patients with dentition defect who received metal framework removable partial denture restoration at Nanjing Liuhe ZHANG Yan Dental Clinic from June 2024 to June 2025 were selected, and they were divided into the control group and the observation group according to different treatment methods, with 25 patients in each group. The control group adopted the model investing technology, and the observation group adopted 3D printing technology. The clinical objective indicators, comprehensive dental function, integrity and stability of restorations, gingival health status and denture aesthetic effect were compared between the two groups. **Results** At 4 weeks after restoration, the number of pressure points, fit gap and surface roughness in the observation group were lower than those in the control group, and the masticatory efficiency was higher than that in the control group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in occlusal force between the two groups ($P>0.05$). There was no statistically significant difference in comprehensive dental function between the two groups ($P>0.05$). The integrity and stability rate of restorations in the observation group at 2 weeks after restoration was higher than that in the control group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in the proportion of gingival health between the two groups ($P>0.05$). The denture aesthetic score of the observation group at 4 weeks

after restoration was higher than that of the control group ($P<0.05$). **Conclusion** For metal framework removable partial denture restoration in elderly patients with dentition defect, 3D printing technology can reduce the framework fit gap and surface roughness, decrease mucosal pressure points, improve masticatory efficiency, framework stability and denture aesthetic effect, without altering gingival health and basic dental function, and can improve the wearing experience of elderly patients.

[Key words] 3D printing technology; Metal framework removable partial denture restoration; Elderly patients with dentition defect; Comprehensive dental function; Denture aesthetic effect

老年牙列缺损 (elderly dentition defect) 在临床十分常见, 会降低咀嚼效率, 诱发牙槽嵴吸收、颞下颌关节不适, 严重影响老年人的进食能力与生活质量^[1, 2]。金属支架可摘局部义齿是牙列缺损的主流修复方案, 其支架制作精度直接决定义齿密合度、佩戴舒适度及长期修复效果。传统带模铸造支架需经过多道工序, 蜡型变形、铸造收缩等误差难以避免, 易出现支架贴合差、黏膜压痛点、义齿翘动等问题^[3, 4]。老年患者口腔黏膜耐受度低, 多伴有牙槽嵴萎缩, 对支架适配性要求更高, 传统工艺的缺陷会大幅降低其佩戴依从性。数字化3D打印技术可依托口扫建立三维模型, 经计算机一体化设计后直接完成金属成型, 减少手工操作环节, 理论上可提升支架精度与表面光滑度^[5, 6]。然而现有研究多聚焦于支架机械性能与加工精度, 专门针对接受可摘局部义齿金属支架修复的老年人群, 对比两种工艺佩戴后压痛、咀嚼功能的对照研究仍较少^[7]。基于此, 本研究旨在探究3D打印技术用于可摘局部义齿金属支架修复对老年牙列缺损患者义齿美学效果的影响, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2024年6月-2025年6月于南京六合张燕口腔诊所进行可摘局部义齿金属支架修复的50例老年牙列缺损患者作为研究对象, 根据治疗方法不同将其分为对照组和观察组, 每组25例。对照组男17例, 女8例; 年龄60~78岁, 平均年龄 (68.45 ± 4.32) 岁; 缺牙数目4~11颗, 平均缺牙数目 (7.24 ± 1.86) 颗。观察组男16例, 女9例; 年龄61~79岁, 平均年龄 (68.72 ± 4.15) 岁; 缺牙数目4~12颗, 平均缺牙数目 (7.48 ± 1.73) 颗。两组性别、年龄及缺牙数目比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 研究可比。患者均自愿参加本研究, 并签署知情同意书。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准: 存在牙列缺损, 需要行可摘局部义齿金属支架修复; 年龄

≥ 60 周岁; 全身状况可耐受可摘局部义齿修复治疗, 无严重系统性疾病急性发作; 口腔余留牙牙周组织健康, 无未经控制的牙周炎或根尖周病变; 随访依从性良好。排除标准: 患有严重牙周病、口腔黏膜病变或口腔肿瘤者; 存在认知功能障碍、精神疾病或语言沟通障碍, 不能配合完成修复治疗及随访者; 对钴铬合金等修复材料过敏者; 研究期间失访、拒绝配合复查或临床资料不全者。

1.3 方法 两组患者均由同一组修复医师完成治疗, 术前均接受标准化口腔检查与处理。①口腔检查: 全面检查口腔状况, 记录牙列缺损类型、缺牙数目、余留牙健康状况及牙槽嵴条件; ②口腔卫生处理: 进行全口洁治与刮治, 控制牙周炎症, 对龋坏牙予以充填治疗; ③印模制取: 采用高精度硅橡胶印模材料 (山东沪鸽口腔医疗集团有限公司, 鲁械注准20182170360, 型号: 1型重体+3型轻体) 制取上下颌印模, 并灌注超硬石膏模型; ④颌位关系记录: 采用蜡颌记录颌托记录颌位关系, 并转移至半可调颌架; ⑤支架设计: 结合牙列缺损情况、缺牙区位置及基牙条件, 按统一标准完成可摘局部义齿支架设计。

1.3.1 对照组 采用带模铸造技术制作钴铬合金可摘局部义齿金属支架: ①将石膏模型浸泡处理后, 均匀涂布间隙涂料; ②采用蜡型材料在模型上手工雕刻支架蜡型, 包括卡环、连接体、颌支托等结构; ③将蜡型包埋于磷酸盐结合剂包埋料中, 进行高温焙烧; ④采用高频离心铸造机将钴铬合金熔铸入型腔; ⑤待铸件冷却后开圈、喷砂、打磨、抛光, 试戴调整至合适后完成支架制作。支架制成后, 后续义齿制作流程如下: ①支架口内试戴: 将打磨抛光后的支架戴入患者口内, 检查支架就位情况、卡环及颌支托与基牙的贴合度、有无翘动, 并进行调改, 必要时取压力指示剂检查并消除黏膜压痛点, 确认支架固位稳定、患者感觉舒适后进行下一步; ②人工牙排列: 将支架复位于石膏模型上, 按咬合关系及美观要求排列

人工牙,制作蜡基托,完成蜡型;③装盒与去蜡:将模型连同蜡型装入型盒,煮沸去蜡、冲洗并涂布分离剂;④树脂充填与热处理:按比例调和热凝基托树脂,充填入型腔,加压闭盒后常规水浴加热聚合固化;⑤开盒打磨:开盒取出义齿,去除飞边及残余石膏,经粗磨、细磨、抛光后完成义齿制作;⑥义齿初戴:将义齿戴入患者口内,检查固位、稳定与咬合,进行必要的调磨抛光,指导患者摘戴及口腔清洁维护,完成修复。

1.3.2 观察组 采用3D打印技术制作钴铬合金可摘局部义齿金属支架:①数字化扫描:采用三维扫描仪对超硬石膏模型进行光学扫描,获取数字化三维数据;②计算机辅助设计(CAD):在CAD软件中,根据支架设计要求构建三维模型,优化卡环形态、连接体位置及颌支托结构;③3D打印成型:将设计好的数据导入选择性激光熔融(SLM)3D打印设备(西安铂力特增材技术股份有限公司,型号:BLT-S310 Dental),采用牙科激光选区熔化钴铬合金粉末(北京德普润新材料科技有限公司,国械注准20203170036,型号:DPR-M01)进行逐层打印,激光功率、扫描速度及层厚等参数按设备标准设定;④后处理:去除打印支架的支撑结构,进行热处理以消除残余应力,表面喷砂、抛光处理;⑤质量检测:采用三维精度检测系统评估支架尺寸精度及表面粗糙度,合格后进入义齿制作流程。支架制成后,义齿制作流程如下:①支架口内试戴:将检测合格的支架戴入患者口内,检查支架就位、固位及稳定性,检查基牙受力及黏膜压痛情况并进行调改,确认支架贴合良好、摘戴顺畅后进行下一步;②人工牙排列:将支架复位于石膏模型上,排牙并完成蜡型;③装盒与去蜡:将模型连同蜡型装盒,常规去蜡、涂布分离剂;④树脂充填与热处理:调和热凝基托树脂充填加压,常规水浴加热聚合固化;⑤开盒打磨抛光:开盒取出义齿,打磨、抛光后完成义齿制作;⑥义齿初戴:义齿戴入后检查固位、稳定与咬合,进行调磨,向患者进行口腔卫生宣教,完成修复。

1.4 观察指标

1.4.1 评估两组临床客观指标 于修复4周后复诊时检测以下临床客观指标:①压痛点数量:结合口腔专科检查与患者主观主诉,记录义齿承托区黏

膜压痛点数目;②密合间隙:采用硅橡胶法联合牙科探针,测量支架与基牙、黏膜之间的间隙大小;③表面粗糙度:采用表面粗糙度仪检测支架组织面与外表面的算术平均粗糙度(Ra值);④咀嚼效率:采用吸光度法测定,称取5 g花生米嘱患者咀嚼20 s,收集咀嚼物加入50 ml蒸馏水搅拌均匀,经标准筛过滤后取上清液,采用分光光度计在波长540 nm处测定吸光度值,咀嚼效率=(咀嚼后悬浊液吸光度值/完全粉碎后标准悬浊液吸光度值)×100%;⑤咬合力:采用咬合力计测定患者最大咬合力,重复测量3次,取平均值。

1.4.2 评估两组牙齿综合功能 于修复2周后,采用自制牙齿功能评价量表评估,该量表共包含吞咽功能(2个条目,0~6分)、咬合及固位功能(4个条目,0~12分)、语言表达功能(3个条目,0~9分)3个维度,共计9个条目,各条目采用Likert 4级计分,0分=严重障碍/无法完成,1分=明显受限,2分=轻度受限,3分=功能正常,得分越高表示牙齿综合功能恢复越理想。

1.4.3 评估两组修复体完整稳固性 于修复2周后复诊时,由同一名未参与分组的口腔修复专科医师通过口镜、探针及肉眼观察进行检查。评价标准如下:①稳固:支架完全就位,卡环及颌支托与基牙紧密贴合,无翘动、裂纹、变形或断裂,义齿摘戴顺畅且固位良好;②不稳固:支架存在裂纹、变形或断裂,或卡环/颌支托与基牙不贴合,或义齿存在明显翘动、松动,影响正常佩戴。稳固率=稳固例数/总例数×100%。

1.4.4 评估两组牙龈健康状况 于修复2周后复诊时,观察基牙牙龈色泽、形态及出血表现。评价标准:①健康:牙龈呈粉红色,边缘菲薄,质地坚韧,探诊无出血;②异常:牙龈呈鲜红或暗红色,边缘肿胀,质地松软,探诊后出血,或存在牙周袋加深及附着丧失。以患者为单位进行统计,所有基牙均健康者记为健康,任一基牙出现异常者记为异常。

1.4.5 评估两组义齿美学效果 于修复4周后,由2名未参与治疗的口腔修复专科医师独立评分,取平均值。采用自制义齿美学效果评价量表评估义齿美观效果。该量表包含4个维度:①义齿颜色与口腔内天然牙及邻牙的匹配度;②人工牙排列的对称性及形态自然度;③面部外形协调性,包括唇部支撑、面下1/3高度恢复及面部对称性;④微笑美学效果,包括微笑时牙齿暴露量、笑线弧度



及唇齿关系。各维度按0~3分4级评分(0分=差, 1分=一般, 2分=良好, 3分=优秀), 总分范围为0~12分, 得分越高表示义齿美学效果越好。

1.5 统计学方法 采用SPSS 22.0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 两组临床客观指标比较 观察组修复4周后压痛点数量、密合间隙、表面粗糙度低于对照组,

咀嚼效率高于对照组($P < 0.05$); 两组咬合力比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表1。

2.2 两组牙齿综合功能比较 两组牙齿综合功能比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表2。

2.3 两组修复体完整稳固性及牙龈健康状况比较 观察组修复2周后修复体完整稳固率高于对照组($P < 0.05$); 两组牙龈健康占比比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表3。

2.4 两组义齿美学效果比较 观察组修复4周后义齿美学效果评分为 (9.85 ± 1.62) 分, 高于对照组的 (8.42 ± 1.93) 分($t = 2.842, P = 0.007$)。

表1 两组临床客观指标比较($\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	压痛点数量(个)	密合间隙(mm)	表面粗糙度(μm)	咀嚼效率(%)	咬合力(N)
观察组	25	1.24 ± 0.52	0.21 ± 0.08	0.85 ± 0.21	82.35 ± 6.42	215.36 ± 22.45
对照组	25	3.16 ± 0.88	0.45 ± 0.12	1.72 ± 0.36	71.28 ± 5.86	208.72 ± 21.63
<i>t</i>		9.527	8.364	10.215	6.582	1.072
<i>P</i>		0.001	0.001	0.001	0.001	0.289

表2 两组牙齿综合功能比较($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	<i>n</i>	吞咽功能	咬合及固位功能	语言表达功能
观察组	25	5.26 ± 0.35	8.12 ± 0.78	8.05 ± 0.62
对照组	25	5.17 ± 0.27	8.03 ± 0.82	7.92 ± 0.68
<i>t</i>		1.018	0.387	0.703
<i>P</i>		0.314	0.701	0.486

表3 两组修复体完整稳固性及牙龈健康状况比较 $[n(\%)]$

组别	<i>n</i>	修复体完整稳固率	牙龈健康
观察组	25	24 (96.00)	23 (92.00)
对照组	25	18 (72.00)	21 (84.00)
χ^2		4.153	0.756
<i>P</i>		0.042	0.384

3 讨论

老年牙列缺损会破坏牙列咬合支撑结构, 缺损后咀嚼效率下降, 长期可造成牙槽嵴持续性吸收^[8, 9]。金属支架可摘局部义齿是老年牙列缺损的重要修复手段^[10]。传统带模铸造依赖手工制作蜡型结合高温铸造成型, 多道人工操作环节容易引入形变误差。老年患者口腔黏膜薄、疼痛耐

受阈值低, 支架微小的贴合不良即可造成黏膜压痛。因此, 探寻精度更高、适配性更好的支架加工工艺, 对改善老年患者修复体验具有重要临床价值^[11, 12]。

本研究结果显示, 观察组修复4周后压痛点数量、密合间隙、表面粗糙度低于对照组, 咀嚼效率高于对照组($P < 0.05$)。究其原因: 传统带模铸造工艺中, 手工雕刻蜡型易出现厚薄不均, 铸造冷却收缩难以精准调控, 导致支架组织面粗糙、与黏膜之间间隙分布不均, 咀嚼受力时局部应力集中, 进而诱发黏膜压痛点。而3D打印技术通过三维扫描获取精准模型数据, 经计算机完成支架结构优化, 利用选择性激光熔融技术实现一体化成型, 规避了蜡型制作、包埋等中间工序带来的形变问题, 支架尺寸精度更高、表面质量更

优,与基牙及牙槽嵴贴合更加紧密,咬合力分布趋于均匀,既减少了对黏膜的局部刺激,也提升了对食物的研磨能力。两组咬合力比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。两种工艺制备的支架机械强度均可满足老年患者日常咀嚼负荷,加工工艺主要改善支架的适配精度,并不改变其整体承力性能^[13, 14]。观察组修复4周后义齿美学效果评分高于对照组($P<0.05$),表明3D打印支架的精准成型不仅改善功能,还能提升修复体的美观效果。数字化设计可精确调控人工牙排列角度、笑线弧度及面下1/3垂直距离,使唇齿关系与面部比例更趋协调;同时,3D打印支架边缘规整、厚度均匀,基托与黏膜过渡更为自然流畅,减少了传统铸造因手工修整造成的边缘不整与形态失真,义齿颜色匹配度、形态自然度及面部外形协调性更佳,有助于增强老年患者的社交信心。观察组修复2周后修复体完整稳固率高于对照组($P<0.05$);两组牙龈健康占比比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。3D打印依托数字化设计可精准预留缓冲间隙,支架边缘规整、毛刺少,不易发生翘动变形,因此支架完整稳固性更具优势^[15]。本研究两组术前均实施标准化牙周基础治疗,术后口腔健康宣教方案统一,故牙龈健康状况未表现出组间差异。两组牙齿综合功能比较,差异无统计学意义($P>0.05$),提示3D打印与传统带模铸造制作的金属支架均能够实现老年患者基础吞咽、咬合固位及语言功能的恢复,组间差异并不体现在基础功能重建上,而是集中于支架加工精度及黏膜舒适度等方面。本研究仍存在一定局限性:为单中心临床研究,样本量有限,随访观察周期较短,仅观察修复后2~4周的短期疗效,未能评估支架长期使用后的变形、牙槽嵴进一步吸收及义齿远期固位变化等指标。后续可开展多中心、大样本、长随访周期的研究,进一步评价3D打印金属支架在老年可摘局部义齿修复中的长期临床表现。

综上所述,在老年牙列缺损患者可摘局部义齿金属支架修复中,3D打印技术能够缩小支架密合间隙、降低表面粗糙度,减少黏膜压痛点,提升咀嚼效率、支架稳固性与义齿美学效果,不改变牙龈健康及基础牙齿功能,可改善老年患者佩戴体验。

[参考文献]

- [1]张利,田瑞雪,张容秀,等.数字化技术制作可摘局部义齿修复老年人Kennedy I、II类牙列缺损的临床疗效[J].中华解剖与临床杂志,2025,30(1):36-41.
- [2]金文静,张伟,张杰夫.3D打印技术用于可摘局部义齿金属支架修复的临床疗效[J].北京生物医学工程,2025,44(6):617-622.
- [3]叶荣荣,钟群,王珏,等.3D打印与带模铸造法制作的可摘局部义齿对患者主观感受的影响[J].上海口腔医学,2022,31(3):295-299.
- [4]钟拥军,李振强,刘艳艳,等.数字化印模对Kennedy二类牙列缺损可摘局部义齿临床适合性的影响[J].口腔颌面修复学杂志,2022,23(2):111-114.
- [5]张丽虹,宋杰,刘刚,等.3 shape扫描石膏模型联合3D打印制作可摘局部义齿支架的临床疗效[J].宁夏医学杂志,2024,46(9):825-827.
- [6]曾河清,牟荣,余跃.SLM 3D打印技术与失蜡铸造技术在可摘局部义齿支架制作中的应用[J].海南医学,2024,35(8):1120-1123.
- [7]钱飞,吴玉禄,刁晓鸥,等.数字化可摘局部义齿支架模型的建立与结构强度的有限元分析[J].实用口腔医学杂志,2022,38(1):97-101.
- [8]宋雨菲,程焕芝,范海霞,等.3D打印技术在口腔医学、颌面外科修复重建中的作用与优势[J].中国组织工程研究,2025,29(22):4823-4831.
- [9]张力,姚丽娜,袁玮,等.数字印模在牙支持式可摘局部义齿修复中的应用[J].口腔颌面修复学杂志,2021,22(3):193-197,221.
- [10]钱飞,辛海涛,李玉姣,等.数字化可摘局部义齿支架设计优化方法研究[J].口腔医学,2022,42(12):1073-1079.
- [11]张力,姚丽娜,袁玮,等.数字印模技术在下颌游离端可摘局部义齿制作中的应用[J].口腔医学,2021,41(12):1111-1116.
- [12]于书娟,刘洪臣.数字化种植修复技术在部分长寿命老年患者牙列缺损中的应用[J].中华老年口腔医学杂志,2022,20(4):219-222,256.
- [13]蒋忠伟,杨贝宁,张帆,等.数字化技术辅助张口受限患者活动义齿修复1例[J].口腔医学研究,2023,39(5):466-468.
- [14]朱青,李慧贤,赵鹏,等.基于数字化三维打印技术的个体化修复在牙列缺损种植中的应用价值研究[J].机器人外科学杂志(中英文),2025,6(12):2147-2152.
- [15]董海涛,郭春岚,张新媛,等.铸造支架活动义齿加软衬技术修复下颌骨缺损1例[J].北京口腔医学,2021,29(2):102-104.