

3D打印技术指导下的邻面去釉在错殆畸形患者正畸治疗中的应用

刘梦蕾, 马海萍, 丁丹丹, 韩晶
(西宁市口腔医院正畸科, 青海 西宁 810000)

[摘要]目的 探讨在错殆畸形患者正畸治疗中应用3D打印技术指导下的邻面去釉的效果。方法 选取2023年3月-2025年1月于西宁市口腔医院正畸科行正畸治疗的82例错殆畸形患者, 经随机数字表法分为对照组和观察组, 各41例。对照组给予常规邻面去釉治疗, 观察组给予3D打印技术指导下的邻面去釉治疗, 比较两组邻面去釉后灰度值与硬度值、咀嚼效率、牙周指标、正畸治疗满意度。结果 观察组邻面去釉后灰度值低于对照组, 硬度值高于对照组 ($P<0.05$); 观察组矫治6个月后咀嚼效率高于对照组 ($P<0.05$); 观察组矫治6个月后GI、SBI、PLI均低于对照组 ($P<0.05$); 观察组正畸治疗满意度总评分高于对照组 ($P<0.05$)。结论 3D打印技术指导下的邻面去釉在错殆畸形患者正畸治疗中的应用效果确切, 可实现患牙邻面精准去釉, 有效降低牙体组织灰度值, 并提升其硬度值, 有助于改善患者的咀嚼效率及牙周健康状况, 提升正畸治疗满意度。

[关键词] 3D打印技术; 邻面去釉; 错殆畸形; 正畸治疗; 咀嚼效率

[中图分类号] R783.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2026) 02-0018-04

Application of 3D Printing Technology-guided Interproximal Enamel Reduction in Orthodontics Treatment of Patients with Malocclusion

LIU Menglei, MA Haiping, DING Dandan, HAN Jing

(Department of Orthodontics, Xining Stomatological Hospital, Xining 810000, Qinghai, China)

[Abstract]**Objective** To explore the effect of 3D printing technology-guided interproximal enamel reduction in the orthodontics treatment of patients with malocclusion. **Methods** A total of 82 patients with malocclusion who received orthodontics treatment in the Department of Orthodontics, Xining Stomatological Hospital from March 2023 to January 2025 were selected as the research subjects. According to the random number table method, they were divided into the control group and the observation group, with 41 patients in each group. The control group was treated with conventional interproximal enamel reduction, and the observation group was treated with 3D printing technology-guided interproximal enamel reduction. The gray value and hardness value after interproximal enamel reduction, masticatory efficiency, periodontal indexes and orthodontics treatment satisfaction were compared between the two groups. **Results** After interproximal enamel reduction, the gray value of the observation group was lower than that of the control group, while the hardness value was higher than that of the control group ($P<0.05$). The masticatory efficiency of the observation group at 6 months after orthodontics treatment was higher than that of the control group ($P<0.05$). At 6 months after orthodontics treatment, the GI, SBI and PLI of the observation group were lower than those of the control group ($P<0.05$). The total score of orthodontics treatment satisfaction in the observation group was higher than that in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** 3D printing technology-guided interproximal enamel reduction has a definite effect in the orthodontics treatment of patients with malocclusion. It can achieve precise interproximal enamel reduction of affected teeth, effectively reduce the gray value of dental tissue and increase its hardness value, which is conducive to improving patients' masticatory efficiency and periodontal health status, as well as enhancing orthodontics treatment satisfaction.

[Key words] 3D printing technology; Interproximal enamel reduction; Malocclusion; Orthodontics treatment; Masticatory efficiency

错殆畸形 (malocclusion) 是临床上常见的口腔疾病, 可影响口腔功能及面容美观度, 需及时采取口腔正畸治疗纠正错殆问题, 并调整咬合关系, 有助于整体提升口腔健康状态^[1]。错殆畸形的常规矫治主要采用固定矫治器、隐形矫正器、功能矫治器等, 但是治疗周期长、舒适度差, 亟待优化改进^[2]。部分正畸患者还需配合邻面去釉, 辅助调整牙列, 为牙齿移动创造空间, 但传统去釉操作主要依赖医生手工操作, 精准度难以有效控制, 需进一步提升其准确性^[3]。近年来, 3D打印技术引入口腔治疗领域, 为口腔正畸及邻面去釉提供了数字化方案, 可打印精确导板, 精准控制邻面去釉操作, 但是其对错殆畸形矫治效果影响尚不明确^[4]。基于此, 本研究结合2023年3月-2025年1月于西宁市口腔医院正畸科行正畸治疗的82例错殆畸形患者临床资料, 旨在探究3D打印技术指导下的邻面去釉在错殆畸形患者正畸治疗中的应用效果, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2023年3月-2025年1月于西宁市口腔医院正畸科行正畸治疗的82例错殆畸形患者, 经随机数字表法分为对照组和观察组, 各41例。对照组男23例, 女18例; 年龄17~43岁, 平均年龄 (24.34 ± 1.85) 岁; 病程1~10年, 平均病程 (5.57 ± 0.48) 年; 错殆畸形类型: 排列异常20例, 开唇露齿21例; 安氏分类: 1类18例, 2类23例。观察组男22例, 女19例; 年龄16~42岁, 平均年龄 (24.31 ± 1.89) 岁; 病程1~10年, 平均病程 (5.46 ± 0.42) 年; 错殆畸形类型: 排列异常21例, 开唇露齿20例; 安氏分类: 1类19例, 2类22例。两组性别、年龄、病程、错殆畸形类型及安氏分类比较, 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: 符合错殆畸形诊断; 符合正畸治疗指征; 首次正畸治疗者; 接受以邻面去釉获得矫治空间; 可配合正畸治疗。排除标准: 合并颞下颌关节紊乱; 合并精神障碍者; 存在牙龈炎、龋齿、贫血者; 合并恶性肿瘤者; 合并口腔黏膜病者; 妊娠期或哺乳期女性; 中途失访。

1.3 方法 两组均在治疗前进行头面部、口腔摄片, 根据检查结果建立全口模型, 设计去釉量, 通过隐形矫治器进行治疗。

1.3.1 对照组 给予常规邻面去釉治疗: 通常在正畸治疗中期实施, 即牙齿排列基本整齐后、关闭间隙前, 具体时机需医师结合牙模分析结果、X线片及Bolton指数评估, 制定个体化治疗方案。根据隐形矫治方案步骤, 医生采用手工操作, 利用BR-46金刚石车针 (福泉庄乾科技有限公司, 黔械注准2019170111)、1.385C中砂去釉砂条 (拓维亚有限公司, TORVM, 俄罗斯, 国械备20210570号) 对目标牙体邻面进行去釉处理, 并及时采用卡尺测量牙间隙, 直至磨牙量达到满意程度。去釉结束后, 于牙体表面涂布多乐氟防龋试剂。整个正畸过程中进行多次去釉操作, 集中于矫治中期 (总疗程约治疗开始后3~8个月), 操作需配合矫治器逐步关闭间隙。

1.3.2 观察组 给予3D打印技术指导下的邻面去釉治疗: 去釉操作前, 采用口腔专用CT [Planmeca OY, 国食药监械 (进) 字2009第2310607号] 采集患者牙模数据, 通过Mimics反求技术建立全口模型及三维CAD模型。使用配套软件实施力学分析, 模拟矫正器的载荷、形变及应力关系, 调整矫治力度和方向等参数满意后, 采用RKCAD系统3D打印机打印去釉导板, 并通过系统分析矫治力有效时间和预期矫正效果。动态观察患者矫治进程, 达到理想牙列矫治效果后, 经三维重建和虚拟排牙技术, 测算骨量和牙量, 确定去釉的牙位、牙面位置及去釉量, 确定去釉参数, 制作邻面去釉模板。经3D打印技术打印模板毛坯, 通过喷砂、抛光等处理模具, 调整形成最终的去釉模板, 根据去釉模板实施精确去釉, 所使用的金刚石车针和去釉砂条与对照组一致, 去釉结束后处理同对照组。

1.4 观察指标

1.4.1 测量两组邻面去釉后灰度值与硬度值 采用计算机辅助图像分析处理系统, 经偏振数码照采集影像, 测量牙体组织邻面去釉后的灰度值; 同时, 采用HDX-1000型显微硬度仪 (全自动洛氏硬度计) 测量邻面去釉后的硬度值。连续测量3次灰度值、硬度值, 取平均值。



1.4.2 评估两组咀嚼效率 矫治前及矫治6个月后采用吸光度法测定咀嚼效率, 指导患者咀嚼相同品牌的花生米4 g (去皮分瓣), 时长30 s, 咀嚼残渣吐入收集容器内, 再反复漱口, 漱口水也纳入收集容器内, 制作悬浊液样本, 光谱波长590 nm, 经721型分光光度计 (上海化工仪器厂) 测定样本的吸光度值, 重复测量3次, 取平均值^[5]。

1.4.3 记录两组牙周指标 矫治前及矫治6个月后实施牙周指标测评, 包括牙龈指数 (GI) (分值0~3分)、龈沟出血指数 (SBI) (分值1~4分) 及牙菌斑指数 (PLI) (分值0~3分)^[6]。各指标评分越高, 表示牙周炎症越严重。

1.4.4 评估两组正畸治疗满意度 通过本院自拟正畸治疗满意度调查问卷评估, 问卷包括牙列整齐度、舒适度、口腔功能、美观度4个维度, 各维度分值0~30分, 总分0~120分, 评分与正畸治疗满意度呈正相关性。预调查显示问卷Cronbach's α 系数为0.87, 效信度良好。两组正畸治疗结束后,

由2名专职人员发放问卷并收回, 两组收回有效问卷均为100.00%。

1.5 统计学方法 采用SPSS 20.0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 两组邻面去釉后灰度值与硬度值比较 观察组邻面去釉后灰度值低于对照组, 硬度值高于对照组 ($P < 0.05$), 见表1。

2.2 两组咀嚼功能比较 观察组矫治6个月后咀嚼效率高于对照组 ($P < 0.05$), 见表2。

2.3 两组牙周指标比较 观察组矫治6个月后GI、SBI、PLI均低于对照组 ($P < 0.05$), 见表3。

2.4 两组正畸治疗满意度比较 观察组正畸治疗满意度总评分为(112.45 ± 3.97)分, 高于对照组的(101.52 ± 4.58)分 ($t = 13.781, P < 0.05$)。

表1 两组邻面去釉后灰度值与硬度值比较 ($\bar{x} \pm s, \%$)

组别	n	灰度值	硬度值
观察组	41	142.36 \pm 17.24	226.36 \pm 15.47
对照组	41	198.67 \pm 20.73	179.68 \pm 16.35
t		25.363	21.043
P		< 0.05	< 0.05

表2 两组咀嚼效率比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	矫治前	矫治6个月后
观察组	41	0.95 \pm 0.02	0.93 \pm 0.03
对照组	41	0.94 \pm 0.02	0.86 \pm 0.04
t		0.035	18.409
P		> 0.05	< 0.05

表3 两组牙周指标比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

组别	n	GI		SBI		PLI	
		矫治前	矫治6个月后	矫治前	矫治6个月后	矫治前	矫治6个月后
观察组	41	0.75 \pm 0.11	0.78 \pm 0.12	1.08 \pm 0.13	1.10 \pm 0.12	0.72 \pm 0.11	0.75 \pm 0.10
对照组	41	0.74 \pm 0.12	0.82 \pm 0.14	1.09 \pm 0.12	1.41 \pm 0.14	0.73 \pm 0.10	0.84 \pm 0.13
t		0.025	5.639	0.023	10.394	0.034	7.739
P		> 0.05	< 0.05	> 0.05	< 0.05	> 0.05	< 0.05

3 讨论

错殆畸形的发生率较高, 而正畸治疗是该类口腔疾病的主要治疗方法。邻面去釉是口腔正畸的辅助治疗手段, 去釉操作可为牙齿移动创造空间, 解决牙列不齐等问题, 但是传统操作技术主要依赖口腔医生经验, 精度难以保证。近年来,

3D打印技术的引入, 为口腔正畸治疗提供了新的发展方向^[7, 8]。3D打印技术通过个性化导板设计, 实现了邻面去釉的精准分析, 为邻面去釉提供了数字化、个性化的解决方案^[9]。3D打印技术通过精确导板设计, 实现了微创化操作, 可有效提升正畸治疗精准性, 可解决常规邻面去釉依赖

医生经验、精度不足等问题^[10]。近年来,3D打印技术发展迅速,通过大数据分析,降低了学习曲线,使复杂操作标准化。相关文献报道显示^[11, 12],将3D打印技术应用于邻面去釉,可提升操作有效性,邻面去釉后的灰度值相对较低,而硬度值高于传统操作模式,对于牙体、牙周的损伤较小。

本研究结果显示,观察组邻面去釉后灰度值低于对照组,硬度值高于对照组($P<0.05$);观察组矫治6个月后GI、SBI、PLI均低于对照组($P<0.05$)。分析原因:3D打印导板引导下,邻面去釉的误差得以减少,可提高操作的一致性和安全性,避免了牙体过度损伤,对口腔内环境影响较小,并可减少对牙髓的刺激,因此患者邻面去釉的效果更佳,对患者牙周指标的影响也较小^[13, 14]。本研究结果还显示,观察组矫治6个月后咀嚼效率高于对照组($P<0.05$);观察组正畸治疗满意度总评分高于对照组($P<0.05$)。分析原因:3D打印技术应用后,可制备精准分析的导板,术中导板贴合牙齿,引导磨除釉质,避免了精准操作、微创去釉,可实现较为理想的矫治状态,因此患者牙齿咀嚼功能恢复较好,舒适度更佳,满意度也相对较高^[15]。

综上所述,3D打印技术指导下的邻面去釉在错殆畸形患者正畸治疗中的应用效果确切,可实现患牙邻面精准去釉,有效降低牙体组织灰度值,并提升其硬度值,有助于改善患者的咀嚼效率及牙周健康状况,提升正畸治疗满意度。

[参考文献]

- [1] 诸葛南山,刘莹,刘婷婷.3D导板引导下微创骨皮质切开术用于口腔正畸治疗中的效果[J].中国医疗美容,2025,15(8):119-123.
- [2] 杨凤莲,李玉顺.微种植体支抗联合3D打印导板在成人复杂牙列畸形正畸治疗中的应用[J].兵团医学,2025,23(2):41-35.
- [3] 薛鑫,王静,黄银莉,等.3D数字化正畸在成人正畸治疗中的应用效果[J].宁夏医学杂志,2024,46(3):210-214.
- [4] 陈冰,黄尘瑶,温从鹏.3D打印技术指导下牙列邻面去釉在错殆畸形正畸治疗中的应用观察[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2025,30(1):19-23.
- [5] 庄妍,王心彧,曹怡琳,等.3D打印上颌单根扭转牙个性化正畸装置的三维有限元分析[J].中国组织工程研究,2025,29(30):6409-6415.
- [6] 周杨一帆,张京剧,廖崇珊,等.3D导板引导下微创骨皮质切开术辅助正畸治疗骨性II类错殆畸形的临床研究[J].口腔颌面外科杂志,2024,34(2):108-114.
- [7] 何晓玲,陈丹,唐坤伦.基于3D打印技术的鼻-牙槽术前矫治器对单侧完全性唇腭裂患儿鼻唇形态的矫治效果观察[J].中国美容医学,2024,33(12):55-59.
- [8] 樊佳兵,付雪飞,张军梅,等.3D打印导板引导正畸微种植钉植入的精确性[J].中国组织工程研究,2025,29(24):5102-5108.
- [9] 许丽琦,林军.三维软组织预测在正畸正颌联合治疗中的应用进展[J].中国医疗美容,2024,14(11):115-118.
- [10] 石菲菲,葛文慧,许来俊.数字化3D打印技术在口腔医学中的临床应用进展[J].山东医药,2023,63(11):104-108.
- [11] 王占礼,韩爽,魏小娇,等.137例不同垂直骨面型成年女性患者正畸治疗后面部变化的软组织三维研究[J].安徽医科大学学报,2024,59(9):1664-1669.
- [12] 廖健,谢磊,李峥峥,等.人工智能+口腔正畸远程诊疗系统创新与实践[J].中国数字医学,2024,19(9):14-20.
- [13] 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.
- [14] 李炎杰,陈明珠,胡江天.数字化集成技术在多学科联合辅助正畸治疗中的应用前景[J].昆明医科大学学报,2024,45(8):1-6.
- [15] 林泽,陈军,李雪.数字化3D打印技术在口腔舌侧正畸托槽粘接中应用研究[J].中国实用口腔科杂志,2016,9(2):104-107.

收稿日期: 2025-12-20 编辑: 扶田