

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.19.008

## 无托槽隐形矫治器对口腔正畸患儿牙周指标 及龈沟液炎性因子水平的影响

季清辰, 廖珊珊, 岳志鹏

(盐城市口腔医院正畸科, 江苏 盐城 224001)

**[摘要]**目的 探讨在口腔正畸患儿中应用无托槽隐形矫治器对其牙周指标及龈沟液炎性因子水平的影响。方法 选择2023年1月-2024年1月于盐城市口腔医院接受口腔正畸治疗的86例患儿, 按照计算机随机分组法分为对照组、观察组, 各43例。对照组给予固定矫治器治疗, 观察组给予无托槽隐形矫治器治疗, 比较两组牙周指标、龈沟液炎性因子水平及并发症发生率。结果 两组矫治后GCF、PD比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 观察组矫治后PLI、SBI低于对照组 ( $P<0.05$ ); 观察组矫治后MMP-8、sICAM-1水平均低于对照组 ( $P<0.05$ ); 观察组并发症发生率 (6.98%) 低于对照组 (23.26%) ( $P<0.05$ )。结论 在口腔正畸患儿中应用无托槽隐形矫治器可有效改善牙周指标, 降低龈沟液炎性因子水平, 有利于减少并发症, 值得临床应用。

**[关键词]** 口腔正畸; 无托槽隐形矫治器; 牙周组织; 龈沟液; 炎性因子水平

**[中图分类号]** R783.5

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1004-4949 (2025) 19-0029-04

### Effect of Bracketless Invisible Appliance on Periodontal Indicators and Inflammatory Factor Levels in Gingival Crevicular Fluid of Children Undergoing Orthodontics Treatment

JI Qingchen, LIAO Shanshan, YUE Zhipeng

(Department of Orthodontics, Yancheng Stomatological Hospital, Yancheng 224001, Jiangsu, China)

**[Abstract]****Objective** To explore the effect of bracketless invisible appliance on periodontal indicators and inflammatory factor levels in gingival crevicular fluid of children undergoing orthodontics treatment. **Methods** A total of 86 children who received orthodontics treatment in Yancheng Stomatological Hospital from January 2023 to January 2024 were selected, and they were divided into the control group and the observation group by computer-generated randomization, with 43 children in each group. The control group was treated with fixed appliance, and the observation group was treated with bracketless invisible appliance. The periodontal indicators, inflammatory factor levels in gingival crevicular fluid, and complication rate were compared between the two groups. **Results** There were no statistically significant differences in GCF and PD between the two groups after orthodontics treatment ( $P>0.05$ ). The PLI and SBI of the observation group after orthodontics treatment were lower than those of the control group ( $P<0.05$ ). The levels of MMP-8 and sICAM-1 in the observation group after orthodontics treatment were lower than those of the control group ( $P<0.05$ ). The incidence of complications in the observation group (6.98%) was lower than that in the control group (23.26%) ( $P<0.05$ ). **Conclusion** The application of bracketless invisible appliance in children undergoing orthodontics treatment can effectively improve periodontal indicators, reduce the levels of inflammatory factors in gingival crevicular fluid, and help to reduce complications, which is worthy of clinical application.

**[Key words]** Orthodontics treatment; Bracketless invisible appliance; Periodontal tissues; Gingival crevicular fluid; Inflammatory factor levels

无托槽隐形矫治器 (bracketless invisible appliance) 作为口腔正畸领域的创新技术, 因其美观性、舒适性及可摘戴性, 在儿童正畸治疗中逐渐普及<sup>[1]</sup>。与传统固定矫治器相比, 其避免了托槽和弓丝对牙周组织的机械刺激, 更有利于维护牙周健康, 减少炎症反应<sup>[2]</sup>。研究表明<sup>[3]</sup>, 正畸治疗中机械力可引发龈沟液内炎症标志物, 如基质金属蛋白酶-8 (MMP-8) 和龈沟液可溶性细胞间黏附分子-1 (sICAM-1) 水平的变化, 这些分子与牙周组织改建及免疫调控密切相关。然而, 关于隐形矫治器对儿童患者龈沟液内MMP-8和sICAM-1水平的影响, 现有研究仍有限, 需进一步探讨其生物学机制及临床相关性<sup>[4]</sup>。本研究旨在分析无托槽隐形矫治器在儿童正畸中的应用效果, 并评估其对患儿牙周指标及龈沟液炎症因子水平的影响, 以期为临床选择更优矫治方案提供依据, 现报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2023年1月-2024年1月于盐城市口腔医院接受口腔正畸治疗的86例患儿, 按照计算机随机分组法分为对照组、观察组, 各43例。对照组男19例, 女24例; 年龄7~16岁, 平均年龄 ( $12.55 \pm 3.11$ ) 岁; 牙列拥挤程度: 轻度27例, 中度16例。观察组男21例, 女22例; 年龄8~16岁, 平均年龄 ( $12.46 \pm 3.23$ ) 岁; 牙列拥挤程度: 轻度25例, 中度18例。两组性别、年龄及牙列拥挤程度比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 研究可比。患儿家属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: 确诊为牙齿畸形, 符合正畸治疗指征; 年龄7~16岁; 无牙周疾病。排除标准: 有既往正畸治疗史; 合并全身炎症性疾病。

### 1.3 方法

1.3.1 对照组 给予固定矫治器治疗: 采用ShinyeMBT直丝弓矫治系统 (杭州新亚牙科器材有限公司)。术前取研究模型, 拍摄全景片及头颅侧位片进行测量分析, 制定个性化矫治方案; 所有操作均由同一名具有5年以上正畸经验的主治医师完成。采用磷酸酸蚀剂 (3M公司, 美国) 处理牙面30 s, 冲洗吹干后涂布光固化粘接剂 (Transbond XT, 3M公司, 美国), 使用MBT预置转矩的金属托槽 (0.022 in槽沟系统) 进行

粘接; 粘接顺序从下颌开始, 依次为前牙、前磨牙、磨牙。遵循由细到粗、由软到硬的更换原则, 初始排齐阶段: 0.014 in镍钛圆丝 (4周); 整平阶段: 0.016 in镍钛圆丝 (4周); 转矩控制阶段: 0.016 in  $\times$  0.022 in镍钛方丝 (4周); 精细调整阶段: 0.017 in  $\times$  0.025 in不锈钢方丝 (8周)。每月复诊1次, 检查托槽粘接情况、弓丝受力状态, 并依据牙齿移动情况进行弓丝更换。总治疗周期12~18个月, 根据错殆畸形严重程度调整。

1.3.2 观察组 给予无托槽隐形矫治器治疗: 采用时代天使隐形矫治系统 (上海时代天使医疗器械有限公司)。通过iTero口内扫描仪获取数字化模型, 使用ClinCheck软件进行三维治疗方案设计; 治疗方案包括牙齿移动步骤、附件设计及矫治力量控制, 所有方案均由同一名主治医师审核确认。依据设计方案, 使用光固化树脂 (Filtek Z350, 3M公司, 美国) 在指定牙位粘接优化附件, 附件形态包括矩形、椭圆形等, 尺寸为1.5~3.0 mm。每日佩戴时间不少于22 h, 每2周更换1副矫治器; 矫治器材料为多层高分子复合材料, 厚度为0.75 mm。每2周复诊1次, 检查矫治器就位情况、附件完整性、牙齿移动与矫治器匹配度、口腔卫生状况。总治疗周期10~15个月, 治疗中如出现矫治器不贴合情况, 及时进行调整。

### 1.4 观察指标

1.4.1 检测两组牙周指标 矫治前后对牙周指标进行检测。①龈沟液含量 (GCF): 采用滤纸条收集的龈沟液; ②龈沟探诊深度 (PD): 采用带力控弹簧的UNC-15探针检测, 探针平行牙长轴, 插至“阻力点” (袋底最冠方), 健康人群为1~3 mm,  $\geq 4$  mm即定义为存在牙周袋; ③菌斑指数 (PLI): 采用钝头牙周探针检测, 探针轻划牙面, 仅观察龈缘1 mm区域内的“菌斑厚度”, 总分0~3分,  $\leq 0.7$ 分提示基本清洁; 0.8~1.6分提示需加强家庭清洁;  $\geq 1.7$ 分提示高龋/龈炎风险; ④牙龈出血指数 (SBI): 采用WHO 0.5 mm钝头探针检测, 总分0~3分, 0.1~0.9分为轻度炎症; 1.0~1.9分为中度炎症;  $\geq 2.0$ 分为重度炎症。

1.4.2 检测两组龈沟液炎症因子水平 矫治前后采用酶联免疫吸附试验检测龈沟液MMP-8、sICAM-1水平。

1.4.3 记录两组并发症发生率 观察矫治期间发生牙列局部拥挤、牙龈红肿、牙龈萎缩等并发症的情况。

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 $\chi^2$ 检验;  $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组牙周指标比较 两组矫治后GCF、PD比

较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 观察组矫治后PLI、SBI低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 见表1。

2.2 两组龈沟液炎症因子水平比较 观察组矫治后MMP-8、sICAM-1水平均低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 见表2。

2.3 两组并发症发生率比较 观察组并发症发生率低于对照组 ( $P < 0.05$ ), 见表3。

表1 两组牙周指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	n	GCF ( $\mu\text{l}$ )		PD (mm)		PLI (分)		SBI (分)	
		矫治前	矫治后	矫治前	矫治后	矫治前	矫治后	矫治前	矫治后
观察组	43	0.76 $\pm$ 0.20	0.79 $\pm$ 0.22*	2.28 $\pm$ 0.21	2.32 $\pm$ 0.17*	0.87 $\pm$ 0.24	0.98 $\pm$ 0.13*	0.56 $\pm$ 0.11	0.66 $\pm$ 0.07*
对照组	43	0.74 $\pm$ 0.22	0.80 $\pm$ 0.24*	2.30 $\pm$ 0.19	2.30 $\pm$ 0.15*	0.88 $\pm$ 0.23	1.21 $\pm$ 0.16*	0.57 $\pm$ 0.14	0.73 $\pm$ 0.09*
t		0.441	0.201	0.463	0.578	0.197	7.316	0.368	4.026
P		0.660	0.841	0.645	0.565	0.844	0.000	0.714	0.000

注: 与同组矫治前比较, \* $P < 0.05$ 。

表2 两组龈沟液炎症因子水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ , ng/ml)

组别	n	MMP-8		sICAM-1	
		矫治前	矫治后	矫治前	矫治后
观察组	43	36.38 $\pm$ 3.10	22.30 $\pm$ 3.14*	140.55 $\pm$ 15.31	165.25 $\pm$ 20.31*
对照组	43	35.87 $\pm$ 3.42	26.58 $\pm$ 4.03*	139.83 $\pm$ 14.24	177.85 $\pm$ 22.90*
t		0.725	5.494	0.226	2.699
P		0.471	0.000	0.822	0.008

注: 与同组矫治前比较, \* $P < 0.05$ 。

表3 两组并发症发生率比较 [ $n (\%)$ ]

组别	n	牙列局部拥挤	牙龈红肿	牙龈萎缩	发生率
观察组	43	1 (2.33)	1 (2.33)	1 (2.33)	3 (6.98)*
对照组	43	4 (9.30)	3 (6.98)	3 (6.98)	10 (23.26)

注: \*与对照组比较,  $\chi^2=4.441$ ,  $P=0.035$ 。

## 3 讨论

儿童口腔健康问题备受社会关注, 口腔正畸治疗需求呈持续增长趋势。无托槽隐形矫治器作为一种新型正畸技术, 凭借其独特的美学优势与佩戴舒适性, 在儿童口腔正畸领域展现出显著的应用潜力<sup>[5]</sup>。然而, 当前临床实践中, 医师对于该矫治器的力学特性及适应证选择仍存在认知差异, 这可能影响治疗效果并增加并发症发生风险<sup>[6]</sup>。因此, 系统评估无托槽隐形矫治器在儿童正畸治疗中的临床疗效, 并通过分析龈沟液炎症因子的变化探讨其对牙周微环境的影响, 对于优化儿童正畸矫治方案、改善儿童口腔健康状况具

有重要的临床意义。

本研究结果显示, 两组矫治后GCF、PD比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 观察组矫治后PLI、SBI低于对照组 ( $P < 0.05$ ); 观察组矫治后MMP-8、sICAM-1水平均低于对照组 ( $P < 0.05$ )。分析认为, 传统固定矫治器的托槽和弓丝易摩擦口腔黏膜, 刺激牙龈组织, 导致菌斑堆积和局部炎症反应; 而无托槽隐形矫治器表面光滑, 无尖锐结构, 有效减少了对牙周组织的机械刺激, 从而降低牙龈出血风险<sup>[7, 8]</sup>。无托槽隐形矫治器通过可摘戴的透明牙套施加间断性矫治力, 相比固定矫治器产生的持续性力量,



更符合牙周组织的生理改建规律。这种间断力作用模式能够有效减少牙根吸收风险,降低牙周膜损伤发生率,为牙齿移动创造更安全的生物学环境<sup>[9, 10]</sup>。在口腔卫生维护方面,无托槽隐形矫治器的可摘戴特性使患儿能够在进食和口腔清洁时取下矫治器,从而实现对牙齿各面的彻底清洁。这一优势使患儿能够正常使用牙刷、牙线等口腔清洁工具,有效控制菌斑积聚,减少龈下微生物定植<sup>[11]</sup>。而固定矫治器因托槽、弓丝等复杂结构形成的清洁死角,易导致菌斑堆积,增加牙龈炎等牙周炎症发生风险<sup>[12]</sup>。从材料表面特性方面分析,无托槽隐形矫治器采用的高分子材料具有优异的表面光滑度,有效降低了细菌黏附倾向;而传统金属托槽表面易形成生物膜,为致病性微生物提供了滋生环境,可能加剧牙周组织的炎症反应<sup>[13]</sup>。龈沟液作为牙周组织微环境的动态反映,其成分变化可直接揭示口腔局部炎症反应及组织重塑过程。MMP-8作为牙周组织基质降解的核心酶,主要作用于胶原纤维和弹性蛋白,其活性过度升高可导致牙周支持组织破坏;sICAM-1作为免疫调节的关键分子,通过介导白细胞与内皮细胞的黏附参与炎症反应的启动与调控<sup>[14]</sup>。从分子机制层面分析,无托槽隐形矫治器的透明高分子材料具有良好的生物相容性,减少了对龈缘和黏膜的物理摩擦,从而降低了局部组织的应激性炎症反应。这种材料特性可能通过抑制核因子- $\kappa$ B等炎症信号通路的活化,减少炎性细胞因子的释放,进而降低sICAM-1的表达水平<sup>[15]</sup>。同时,无托槽隐形矫治器的可摘戴设计便于患者进行有效口腔清洁,减少了牙菌斑的滞留和生物膜的过度增殖,这直接抑制了中性粒细胞的活化与MMP-8的分泌。这种双重作用机制不仅减轻了正畸治疗相关的牙周负担,也为维持矫治器与牙体间的微环境稳定提供了保障。此外,观察组并发症发生率低于对照组( $P < 0.05$ )。分析原因,固定矫治器的托槽和弓丝常引发口腔黏膜磨损和溃疡,而无托槽隐形矫治器的平滑设计避免了此类问题;无托槽隐形矫治器的间断力更温和,相比于固定矫治器的持续力,减少了牙根外吸收发生,对咬合关系的调整更精准,可减少因咬合干扰导致的牙周损伤。

综上所述,在口腔正畸患儿中应用无托槽隐形矫治器可有效改善牙周指标,降低龈沟液炎症因子水平,有利于减少并发症,值得临床应用。

### [参考文献]

- [1]刘劲.无托槽隐形矫治与固定矫治技术在口腔正畸治疗中的应用效果[J].吉林医学,2024,45(11):2685-2688.
- [2]杨雅娴,晁秀玲.无托槽隐形矫治器与固定矫治器对青少年非拔牙正畸患者牙周健康及生活质量的影响比较[J].河南大学学报(医学版),2024,43(1):54-59.
- [3]郇罕,王慧敏.无托槽隐形矫治器与固定矫治器对正畸治疗患者龈沟液可溶性细胞间黏附分子-1、白介素-1 $\beta$ 、基质金属蛋白酶-8及超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶水平的影响[J].陕西医学杂志,2021,50(11):1408-1419.
- [4]李靖.无托槽隐形矫治器和传统固定矫治器在青少年正畸患者的应用比较[J].贵州医药,2025,49(5):737-739.
- [5]王茜,王伟砚,李光辉.无托槽隐形矫治器治疗骨性II类错殆的疗效分析[J].成都医学院学报,2024,19(3):442-445.
- [6]张丽,邓海花,赵子义.无托槽隐形矫治器对口腔正畸患者龈沟液中炎症因子水平及牙周状况的影响[J].中国医学创新,2023,20(32):6-10.
- [7]汤雅,谢超.隐形矫治器在青少年安氏II类错殆畸形治疗中的应用[J].河南医学研究,2022,31(1):109-112.
- [8]潘厚文,朱柏恺,朱妍菲,等.无托槽隐形矫治器压低上颌磨牙的生物力学分析[J].医用生物力学,2025,40(4):814-820.
- [9]谢冰,陈卓.无托槽隐形矫治与固定矫治术对正畸患者牙周健康状况的影响[J].中国医疗美容,2021,11(6):94-97.
- [10]霍美玲,辛欣,张颖,等.无托槽隐形矫治器与传统固定矫治器对青少年正畸患者牙周健康影响的对比分析[J].医学综述,2022,28(5):1014-1018.
- [11]张力山,白晓滢,聂汶涵.基于多准则决策模型对隐形和固定矫治器治疗儿童错殆畸形的效益-风险分析[J].郑州大学学报(医学版),2024,59(3):415-419.
- [12]罗晓婷,刘颖萍.无托槽隐形矫治器与固定矫治器对口腔正畸治疗患者口腔微生物菌群和龈沟液sICAM-1、MMP-8水平的影响[J].临床和实验医学杂志,2024,23(20):2219-2223.
- [13]吴细霞,顾梦,拓端阳,等.自锁托槽和无托槽隐形矫治器对正畸患者牙周组织炎症状态的影响[J].口腔材料器械杂志,2023,32(2):138-142.
- [14]孙慧颖,张帆,郭莉莉.无托槽隐形矫治器与固定矫治器对多数牙正锁殆矫治效果的对比研究[J].中国美容医学,2025,34(4):151-155.
- [15]李若莹,武建龙,王碧,等.无托槽隐形矫治器与金属托槽矫治器正畸治疗效果的对比分析[J].中国医学物理学杂志,2021,38(5):620-624.

收稿日期: 2025-9-14 编辑: 扶田