

牙周辅助加速成骨正畸改善骨性Ⅱ类错殆畸形前牙区牙周软硬组织的临床效果分析

高雳¹ 徐琛蓉² 吴诗文¹ 黄希¹ 束天童¹ 张妍¹ 赵川江¹

¹中山大学附属口腔医院, 光华口腔医学院, 广东省口腔医学重点实验室, 广东省口腔疾病临床医学研究中心, 广州 510055; ²南方医科大学口腔医院牙周病科, 广州 510280
通信作者: 赵川江, Email: zhaochj@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 目的 评价牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)对骨性Ⅱ类错殆畸形前牙牙周软硬组织的改建作用。方法 选取2021—2024年就诊于中山大学附属口腔医院行PAOO并完成正畸治疗的21例患者,在术前和术后1年拍摄锥形束CT(CBCT)和患者前牙区的标准化数字照片。根据CBCT影像评估唇侧牙槽骨厚度(LT)和唇侧牙槽骨高度(LH),使用ImageJ软件测量每颗前牙唇侧角化龈宽度(KGW)。应用Wilcoxon符号秩和检验、U检验和H检验对数据进行统计学分析。结果 与术前相比,术后1年术区牙根冠方、根中部和根尖水平LT(T₁、T₂、T₃)均显著增加,分别为(0.71±0.08)、(1.83±0.09)和(2.36±0.16) mm,差异有统计学意义($Z_{T_1}=-7.828, P_{T_1}<0.001; Z_{T_2}=-10.825, P_{T_2}<0.001; Z_{T_3}=-10.389, P_{T_3}<0.001$);术后1年LH及KGW分别增加(5.05±0.33)和(0.78±0.13) mm,差异有统计学意义($Z_{LH}=-10.357, P_{LH}<0.001; Z_{KGW}=-6.833, P_{KGW}<0.001$);且下颌根中部LT及LH的改变量高于上颌[(T₂下颌=1.99±0.11, T₂上颌=1.51±0.16; H_{下颌}=(5.58±0.36), H_{上颌}=(3.95±0.67)],差异有统计学意义($Z_{T_2}=-2.328, P_{T_2}=0.020; Z_{H}=-2.465, P_H=0.014$);而各牙位之间的软硬组织增量差异无统计学意义。结论 PAOO具有改善牙周软硬组织的潜在功能。

【关键词】 牙周辅助加速成骨正畸; 牙周表型; 错殆畸形

基金项目:国家自然科学基金(82370958、82170959)

引用著录格式:高雳,徐琛蓉,吴诗文,等.牙周辅助加速成骨正畸改善骨性Ⅱ类错殆畸形前牙区牙周软硬组织的临床效果分析[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2025,19(4):247-255.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.04.004

Effect of periodontal accelerated osteogenic orthodontics on periodontal soft and hard tissue augmentation in anterior teeth of patients with skeletal Class II malocclusion

Gao Li¹, Xu Chenrong², Wu Shiwen¹, Huang Xi¹, Shu Tiantong¹, Zhang Yan¹, Zhao Chuanjiang¹

¹Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangdong Provincial Clinical Research Center of Oral Diseases, Guangzhou 510055, China; ²Department of Periodontology, Stomatological Hospital, School of Stomatology, Southern Medical University, Guangzhou 510280, China

Corresponding author: Zhao Chuanjiang, Email: zhaochj@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the clinical effect of periodontal accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) on periodontal soft and hard tissue modification in anterior teeth of patients with skeletal Class II malocclusion. **Methods** This study enrolled 21 patients with Class II malocclusion who underwent PAOO and orthodontics treatment in Hospital of Stomatology of Sun Yat-sen University from 2021 to 2024. Intraoral photographs and cone-beam computed tomography (CBCT) examinations were performed before PAOO surgery and one year after the surgery to measure labial alveolar bone thickness (LT), labial alveolar bone height (LH) and keratinized gingiva width (KGW). The LH, LT and KGW of the two groups were statistically analyzed by using Wilcoxon rank-sum test, Mann-Whitney U Test and Kruskal-Wallis H Test. **Results** Compared to preoperative, LT at the crestal level, mid-root level and apical level (T₁, T₂, T₃) was significantly increased at one year postoperatively ($Z_{T_1}=-7.828, P_{T_1}<0.001;$

$Z_{T2} = -10.825, P_{T2} < 0.001; Z_{T3} = -10.389, P_{T3} < 0.001$), respectively, to (0.71 ± 0.08) , (1.83 ± 0.09) , (2.36 ± 0.16) mm. LH and KGW significantly increased (5.05 ± 0.33) and (0.78 ± 0.13) mm compared to preoperative ($Z_{LH} = -10.357, P_{LH} < 0.001; Z_{KGW} = -6.833, P_{KGW} < 0.001$). The increase of mandibular T1 and LH was higher than that of maxilla [$T2_{mandible} = 1.99 \pm 0.11, T2_{maxilla} = 1.51 \pm 0.16; H_{mandible} = -(5.58 \pm 0.36), H_{maxilla} = -(3.95 \pm 0.67)$], the difference was statistically significant ($Z_{T2} = -2.328, P_{T2} = 0.020; Z_H = -2.465, P_H = 0.014$). There was no significant difference in soft and hard tissue augmentation among different teeth. **Conclusion** PAOO has the potential to improve periodontal soft and hard tissue.

【Key words】 Periodontal accelerated osteogenic orthodontics; Periodontal phenotype; Malocclusion

Fund programs: National Natural Science Foundation of China(82370958, 82170959)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2025.04.004

骨性Ⅱ类错殆是一类常见的错殆畸形,主要特征为上颌前突和(或)下颌后缩,在正畸治疗过程中易发生骨开窗、骨开裂和牙龈退缩等并发症^[1]。2001年, Wilcko等^[2]首次在正畸治疗过程中采用了牙槽骨骨皮质切开术并联合使用骨移植材料,发现术区颊侧骨皮质厚度增加,进而提出了牙周辅助加速成骨正畸(periodontal accelerated osteogenic orthodontics, PAOO)的概念。PAOO将骨皮质切开术、骨增量技术与传统正畸方法相结合,不仅能通过骨皮质切开术解除牙齿移动的阻力,并在术区产生区域加速现象(regional acceleratory phenomenon, RAP)以促进骨改建^[3],缩短正畸治疗时间,还可以增加牙槽骨量以保证牙齿的安全移动范围,从而扩大正畸适应证。

近年来,PAOO已在许多骨性Ⅲ类错殆畸形病例中成功应用,并被证明可以增加牙周软硬组织量,缩短正畸疗程和降低并发症的风险^[4-5]。目前,关于PAOO应用于骨性Ⅱ类错殆畸形患者的研究较少。Wang等^[6]的研究显示,骨性Ⅱ类错殆畸形患者接受PAOO手术后正畸牙移动加速,正畸疗程显著缩短。Zou等^[7]报道了1例行PAOO术的骨性Ⅱ类错殆畸形病例,术后4年复查显示下前牙区唇侧牙槽骨厚度及高度、牙龈厚度均显著增加,表明PAOO在骨性Ⅱ类错殆畸形治疗中具有良好的效果。本研究报道了1例PAOO改善骨性Ⅱ类下颌后缩患者双颌前牙区牙周软硬组织的典型病例,并进一步对相关病例进行回顾性临床研究,评价PAOO对骨性Ⅱ类错殆畸形前牙牙周软硬组织的改建作用。

资料与方法

一、研究对象

本研究选取2021—2024年就诊于中山大学附属口腔医院牙周病科,行PAOO并完成正畸治疗的21例骨性Ⅱ类错殆畸形患者。所有患者PAOO术

前均接受中山大学附属口腔医院牙周病科副主任医师以上级别医师的规范牙周基础治疗。

1. 纳入标准:(1)经病史采集、临床检查及影像学检查确诊为骨性Ⅱ类错殆畸形的患者,后续需要接受正畸治疗;(2)牙周健康,探诊深度(probing depth, PD) ≤ 3 mm,探诊出血(bleeding on probing, BOP)阳性位点 $< 10\%$;(3)牙槽骨骨量不足:前牙区平均唇侧牙槽骨厚度(根尖水平、根中水平或牙根冠方水平,取三者中牙槽骨最薄处) < 0.5 mm;(4)无系统性疾病;(5)无吸烟史。

2. 排除标准:(1)处于妊娠期或哺乳期;(2)长期使用影响牙周状况的药物,如皮质类固醇、双磷酸盐药物或非甾体抗炎药等;(3)口腔卫生不佳。

本研究共纳入21例病例,其中男5例、女16例,平均年龄为 (26.43 ± 7.10) 岁;共纳入166个手术牙位,其中上颌54个、下颌112个。

本研究为回顾性研究,已获得中山大学附属口腔医院医学伦理委员会批准豁免知情同意(批准文号:KQEC-2024-141-01),所有患者信息已进行去标识化处理以保护隐私。

二、研究对照

本研究以PAOO术前、术后的术区软硬组织量为自身对照,对比分析接受PAOO术后前牙区唇侧牙槽骨厚度(labial alveolar bone thickness, LT)、唇侧牙槽骨高度(labial alveolar bone height, LH)和唇侧角化龈宽度(keratinized gingiva width, KGW),以反映牙周软硬组织增量。

三、治疗过程

所有患者的PAOO手术均由中山大学附属口腔医院牙周病科副主任医师以上级别医师完成。术区作保留龈乳头切口,唇颊侧翻全厚瓣,于牙槽骨表面,在距牙槽嵴顶下2~3 mm至根尖下2~3 mm处用高速手机行骨皮质纵向切口,植入骨替代材料骨粉(Bio-

Oss, GEISTLICH, 瑞士)1 g并覆盖1张可吸收胶原膜(Bio-Gide, Geistlich Pharma AG, 25 mm × 25 mm, 瑞士),缝合。术后2周拆线并开始正畸加力。所有患者均采用固定矫治器进行非减数矫治。

四、锥形束CT影像获取及测量

所有患者于PAOO术前及术后1年进行锥形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)扫描。

1. LT的测量:分别于牙根冠方(唇侧釉牙骨质界下2 mm的位置)、中部(牙根1/2处的位置)和根尖(根尖点)水平测量唇侧骨壁厚度T1、T2和T3。先确定牙体长轴L0,以及牙根在冠方、中部与根尖与唇侧骨壁的接触点A1、A2和A3。过A1、A2和A3分别作L0的垂线,与唇侧骨壁最外缘分别相交于B1、B2和B3点。线段A1B1、A2B2和A3B3即为唇侧骨壁厚度T1、T2和T3^[8]。

2. LH的测量:首先确定唇侧牙槽嵴顶C和唇侧釉牙骨质界位置D,测量两点之间距离H,H值越小,则LH越大^[8]。各项目重复测量3次,取其均数作为测量数据(图1)。

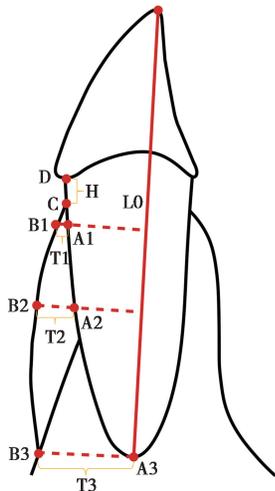


图1 唇侧牙槽骨厚度及高度测量示意图 L0为牙体长轴;A1、A2、A3分别为唇侧牙槽嵴顶下2 mm、根中1/2和根尖点;过A1、A2、A3作L0的垂线,与唇侧牙槽骨壁最外缘分别相交于B1、B2、B3;C为唇侧牙槽嵴顶;D为唇侧釉牙骨质界;T1为A1、B1间线段,即冠方水平骨厚度;T2为A2、B2间线段,即根中部水平骨厚度;T3为A3、B3间线段,即根尖水平骨厚度;H为C、D间线段,H改变量即唇侧牙槽骨高度改变量。

五、测量唇侧角化龈宽度

分别于术前及术后1年拍摄患者口内正面咬合照。使用ImageJ软件测量每颗前牙唇侧KGW(牙冠唇颊面正中从龈缘至膜龈联合的距离),测量时应沿着牙冠中心垂直线方向。为获取图像像素和实际长度单位的比例,分别测量CBCT和ImageJ软件中每位患者上颌中切牙切缘长度,各项目重复测量3次,

取其均数作为测量数据。校正KGW计算公式如下

$$\text{校正 KGW} = \frac{\text{CBCT中测得上颌中切牙切缘长度}}{\text{ImageJ中测得上颌中切牙切缘长度}} \times \text{ImageJ测得 KGW}$$

式中,KGW为牙冠唇颊面正中从龈缘至膜龈联合的距离。

六、统计学处理方法

使用SPSS 27.0软件进行统计分析,所有描述性数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示。分别采用Shapiro-Wilk检验及Levene检验验证数据是否满足正态分布及方差齐性条件,发现一些数据集遵循非正态分布。使用Wilcoxon符号秩和检验比较PAOO术前及术后的LT、H和KGW值,采用U检验和H检验比较上下颌及不同牙位术前及术后LT、H和KGW变化量,检验水准双侧 $\alpha=0.05$ 。

结 果

一、牙周辅助加速成骨正畸术前与术后1年唇侧牙槽骨厚度及高度的比较

与术前相比,术后1年LT均显著增加,差异有统计学意义($Z_{T1}=-7.828, Z_{T2}=-10.825, Z_{T3}=-10.389, P$ 均 <0.001 ,表1),增加量由大到小依次为根尖水平 $[(2.36 \pm 0.16) \text{ mm}]$ 、根中部 $[(1.83 \pm 0.09) \text{ mm}]$ 和冠方水平 $[(0.71 \pm 0.08) \text{ mm}]$;术后1年H平均降低 $(5.05 \pm 0.33) \text{ mm}$,差异有统计学意义($Z=-10.357, P<0.001$,表1),说明术后LH增加。分别分析上下颌牙位术后的牙槽骨量变化,发现其LH、LT均显著增加。与总体类似,上下颌牙位的LT均在根尖水平变化最为显著,分别为 (2.25 ± 0.28) 和 $(2.42 \pm 0.20) \text{ mm}$,差异均有统计学意义($Z_{\text{上颌T3}}=-5.830, P_{\text{上颌T3}}<0.001; Z_{\text{下颌T3}}=-8.622, P_{\text{下颌T3}}<0.001$,表2~3)。

表1 所有牙位牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前及术后1年唇侧牙槽骨厚度及宽度($\bar{x} \pm s, \text{ mm}$)

测量时间	手术牙位数(个)	T1	T2	T3	H
术前	166	0.38 ± 0.66	0.41 ± 0.56	2.96 ± 1.90	7.53 ± 4.36
术后1年	166	1.09 ± 1.03	2.24 ± 1.07	5.32 ± 2.22	2.48 ± 1.65
改变量		0.71 ± 0.08	1.83 ± 0.09	2.36 ± 0.16	-(5.05 ± 0.33)
Z值		-7.828 ^a	-10.825 ^a	-10.389 ^a	-10.357 ^b
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:T1为冠方水平骨厚度;T2为根中部水平骨厚度;T3为根尖水平骨厚度;H为唇侧釉牙骨质界与唇侧牙槽嵴顶间距离;^a基于负秩,^b基于正秩。

二、牙周辅助加速成骨正畸术前与术后1年唇侧角化龈宽度的比较

术后1年平均KGW增加 $(0.78 \pm 0.13) \text{ mm}$,差异有统计学意义($Z=-6.833, P<0.001$,表4)。上下颌

表2 上颌牙牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前及术后1年唇侧牙槽骨厚度及宽度($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

测量时间	手术牙位数(个)	T1	T2	T3	H
术前	54	0.70±0.83	0.71±0.58	1.89±1.42	5.88±5.17
术后1年	54	1.48±1.03	2.22±0.95	4.14±1.39	1.93±1.30
改变量		0.77±0.14	1.51±0.16	2.25±0.28	-(3.95±0.67)
Z值		-4.948 ^a	-5.937 ^a	-5.830 ^a	-5.502 ^b
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:T1为冠方水平骨厚度;T2为根中部水平骨厚度;T3为根尖水平骨厚度;H为唇侧釉牙骨质界与唇侧牙槽嵴顶间距离;^a基于负秩,^b基于正秩。

表3 下颌牙牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前及术后1年唇侧牙槽骨厚度及宽度($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

测量时间	手术牙位数(个)	T1	T2	T3	H
术前	112	0.22±0.49	0.27±0.49	3.47±1.90	8.32±3.68
术后1年	112	0.90±0.98	2.26±1.13	5.89±2.32	2.74±1.73
改变量		0.68±0.09	1.99±0.11	2.42±0.20	-(5.58±0.36)
Z值		-6.177 ^a	-8.967 ^a	-8.622 ^a	-8.765 ^b
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:T1为冠方水平骨厚度;T2为根中部水平骨厚度;T3为根尖水平骨厚度;H为唇侧釉牙骨质界与唇侧牙槽嵴顶间距离;^a基于负秩,^b基于正秩。

表5 上、下颌牙牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前及术后1年唇侧牙槽骨厚度及高度、角化龈宽度变化量对比($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

术区位置	手术牙位数(个)	平均改变量				
		KGW	T1	T2	T3	H
上颌	54	1.06±0.19	0.77±0.14	1.51±0.16	2.25±0.28	-(3.95±0.67)
下颌	112	0.64±0.16	0.68±0.09	1.99±0.11	2.42±0.20	-(5.58±0.36)
Z值		-0.705	-0.902	-2.328	-0.424	-2.465
P值		0.481	0.367	0.020	0.672	0.014

注:KGW为角化龈宽度;T1为冠方水平骨厚度;T2为根中部水平骨厚度;T3为根尖水平骨厚度;H为唇侧釉牙骨质界与唇侧牙槽嵴顶间距离。

表6 不同牙位牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前及术后1年唇侧牙槽骨厚度及高度、角化龈宽度变化量对比($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

手术牙位	手术牙位数(个)	平均改变量				
		KGW	T1	T2	T3	H
上颌中切牙	18	1.16±0.31	1.01±0.19	1.71±0.29	1.98±0.48	-(3.63±1.16)
上颌侧切牙	18	0.53±0.30	0.95±0.32	1.51±0.32	3.03±0.45	-(4.16±1.10)
上颌尖牙	18	1.50±0.35	0.35±0.21	1.31±0.24	1.74±0.48	-(4.06±1.29)
下颌中切牙	36	0.61±0.34	0.77±0.16	2.14±0.18	2.55±0.40	-(5.96±0.53)
下颌侧切牙	38	0.67±0.25	0.63±0.14	2.03±0.20	2.42±0.34	-(5.67±0.62)
下颌尖牙	38	0.64±0.26	0.63±0.17	1.80±0.20	2.31±0.30	-(5.14±0.70)
H值		4.009	5.131	8.316	4.556	7.016
P值		0.548	0.400	0.140	0.472	0.219

注:KGW为角化龈宽度;T1为冠方水平骨厚度;T2为根中部水平骨厚度;T3为根尖水平骨厚度;H为唇侧釉牙骨质界与唇侧牙槽嵴顶间距离。

牙位术后 KGW 也分别增加(1.06±0.19)和(0.64±0.16) mm,差异均有统计学意义($Z_{\text{上颌}} = -5.050, P_{\text{上颌}} < 0.001; Z_{\text{下颌}} = -4.832, P_{\text{下颌}} < 0.001$,表4)。

表4 牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前及术后1年唇侧角化龈宽度($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

测量时间	手术牙位数(个)	KGW		
		上颌	下颌	所有牙位
术前	166	5.28±1.84	4.46±2.11	4.72±2.06
术后1年	166	6.34±2.11	5.10±1.67	5.50±1.91
改变量		1.06±0.19	0.64±0.16	0.78±0.13
Z值		-5.050 ^a	-4.832 ^a	-6.833 ^a
P值		<0.001	<0.001	<0.001

注:KGW为角化龈宽度;^a基于负秩。

三、唇侧牙槽骨厚度及高度、角化龈宽度变化量对比

进一步比较PAOO在上下颌之间及各牙位之间的疗效差异,发现下颌T2和H平均改变量均显著高于上颌[T2_{下颌} = 1.99±0.11, T2_{上颌} = 1.51±0.16; H_{下颌} = -(5.58±0.36), H_{上颌} = -(3.95±0.67)],差异有统计学意义($Z_{T2} = -2.328, P_{T2} = 0.020; Z_H = -2.465, P_H = 0.014$),但两者平均 KGW、T1和T3改变量差异无统计学意义($P > 0.05$,表5)。而在不同牙位之间,各指标变化量差异均无统计学意义($P > 0.05$,表6)。

典型病例 患者,男,35岁,主诉“牙列不齐数年”。临床检查见患者凸面型,面部不对称,颞部右偏,左侧面部较丰满,笑线反向(图2A~2D);口腔卫生状况一般,菌斑指数(plaque index, PLI)为2,牙石指数(calculus index, CI)为1~2,牙龈略红肿,牙周表型为薄扇贝型,PD为2~4 mm, BOP 阳性位点 < 10%,

牙龈退缩(gingival ressession, GR)为0~3 mm。前牙深覆殆、深覆盖;双侧磨牙及尖牙均为远中关系;右侧后牙14、15、17与44、45、47存在锁殆;上牙列轻度拥挤(3 mm),下牙列重度拥挤(6 mm),前牙牙弓中线上下颌均右偏(图2E~2I)。口腔全景曲面体层片示牙槽骨吸收<根长10%;47明显伸长;CBCT示

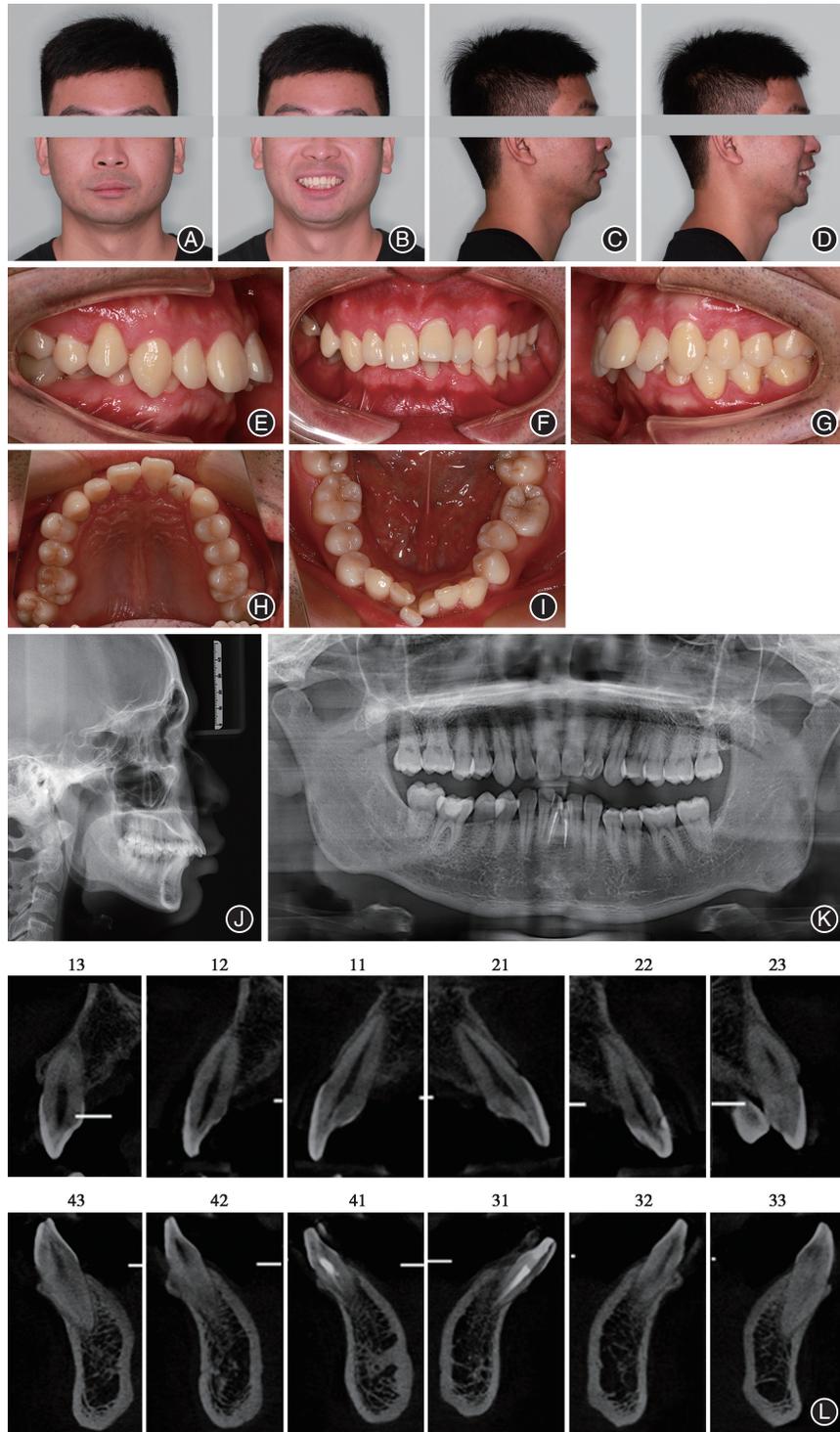


图2 骨性Ⅱ类错殆畸形患者正畸前图像资料 A:正面相;B:正面微笑相;C侧面相;D:侧面微笑相;E:右侧殆相;F:正面殆相;G:左侧殆相;H:上颌殆相;I:下颌殆相;J:X线头颅侧位片;K:口腔全景曲面体层片;L:锥形束CT矢状面。

11、12、31、33和43唇侧牙槽骨薄;头颅侧位片分析示上颌骨前突,下颌骨正常,低角面型;上切牙唇倾;下切牙唇倾(图2J~2L)。诊断为骨性Ⅱ类下颌后缩,牙列拥挤;牙周炎(I期,A级,广泛型)。

患者完成牙周基础治疗、47根管治疗及前期正畸治疗(上下牙列排齐,下牙列扩弓,打开咬合)。此时CBCT检查发现上下前牙唇侧牙槽骨进一步变薄

(图3),为后期正畸治疗及远期牙周健康,转诊牙周病科行上下颌PAOO(图4~5)。下颌前牙区行保留龈乳头切口,采用全厚+半厚瓣翻瓣。骨皮质切开,植入1g骨替代材料(Bio-Oss骨粉)并覆盖可吸收胶原膜(Bio-Gide膜),冠向复位缝合。上颌PAOO过程与下颌基本相同,并修整13唇侧牙槽骨外形。术后2周拆线(图6),术后7个月正畸治疗结束。

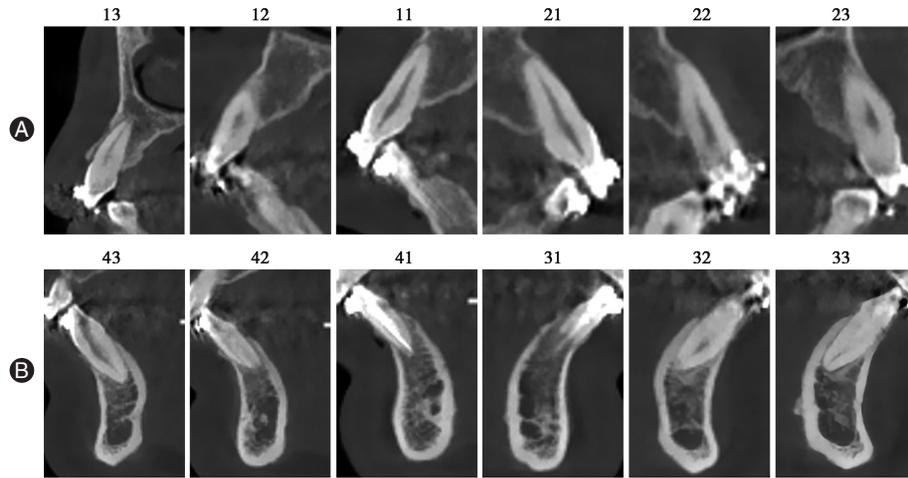


图3 骨性Ⅱ类错殆畸形患者牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术前锥形束CT图像 A:上颌矢状面;B:下颌矢状面。

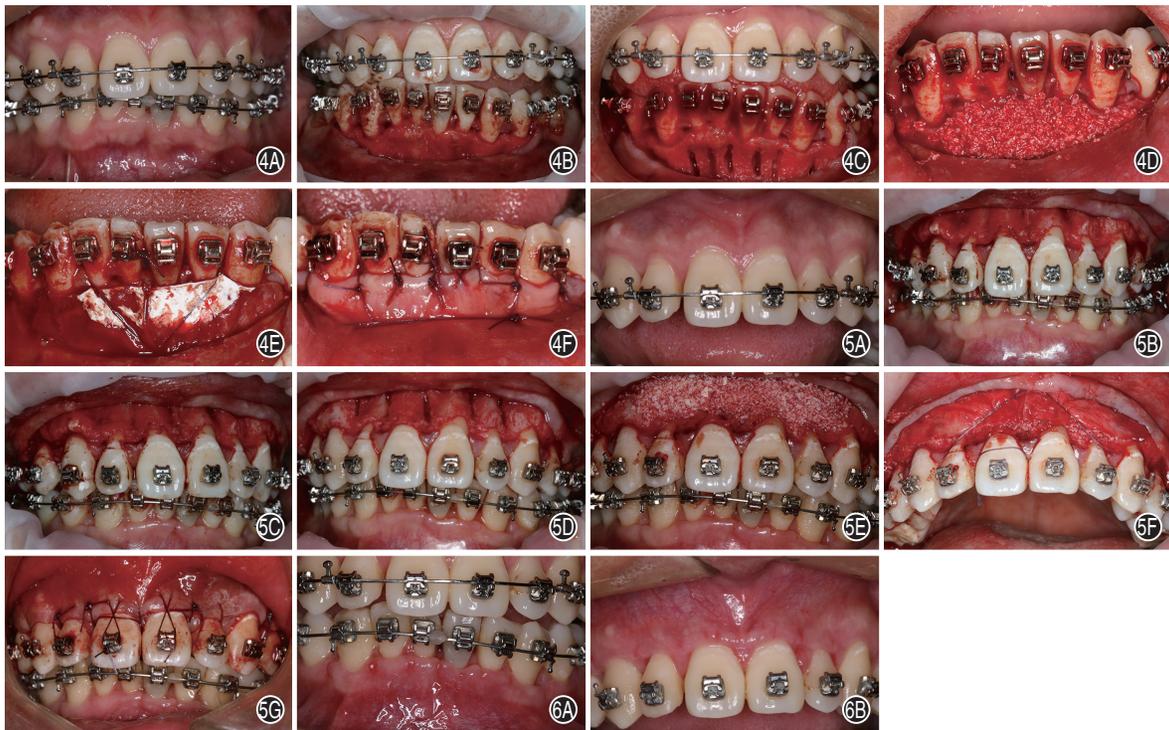


图4 骨性Ⅱ类错殆畸形患者下颌牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)手术过程 4A:术前正面殆相;4B:33-43牙做保留龈乳头切口,半厚+全厚瓣翻瓣;4C:骨皮质切开;4D:植入Bio-Oss骨粉1g;4E:覆盖可吸收胶原膜(Bio-Gide膜),骨膜缝合固定膜;4F:冠向复位缝合。图5 骨性Ⅱ类错殆畸形患者上颌PAOO手术过程 5A:术前正面殆相;5B:33-43牙做保留龈乳头切口并翻瓣;5C:修整13牙唇侧牙槽骨外形;5D:骨皮质切开;5E:植入Bio-Oss骨粉1g;5F:覆盖可吸收胶原膜(Bio-Gide膜),骨膜缝合固定膜;5G:冠向复位缝合。图6 骨性Ⅱ类错殆畸形患者PAOO术后2周内照 6A:下颌;6B:上颌。

术后1年患者术区各位点平均获得0.808 mm的KGW增量;根尖水平、根中部及冠方唇侧牙槽骨厚度平均增加量为0.934、1.674和2.825 mm,唇侧牙槽骨高度平均增加2.349 mm,且牙龈外形明显改善(图7)。

讨 论

一、牙周辅助加速成骨正畸在骨性Ⅱ类错殆畸形正畸治疗中的必要性分析

在骨性Ⅱ类错殆畸形的治疗过程中,前牙通常

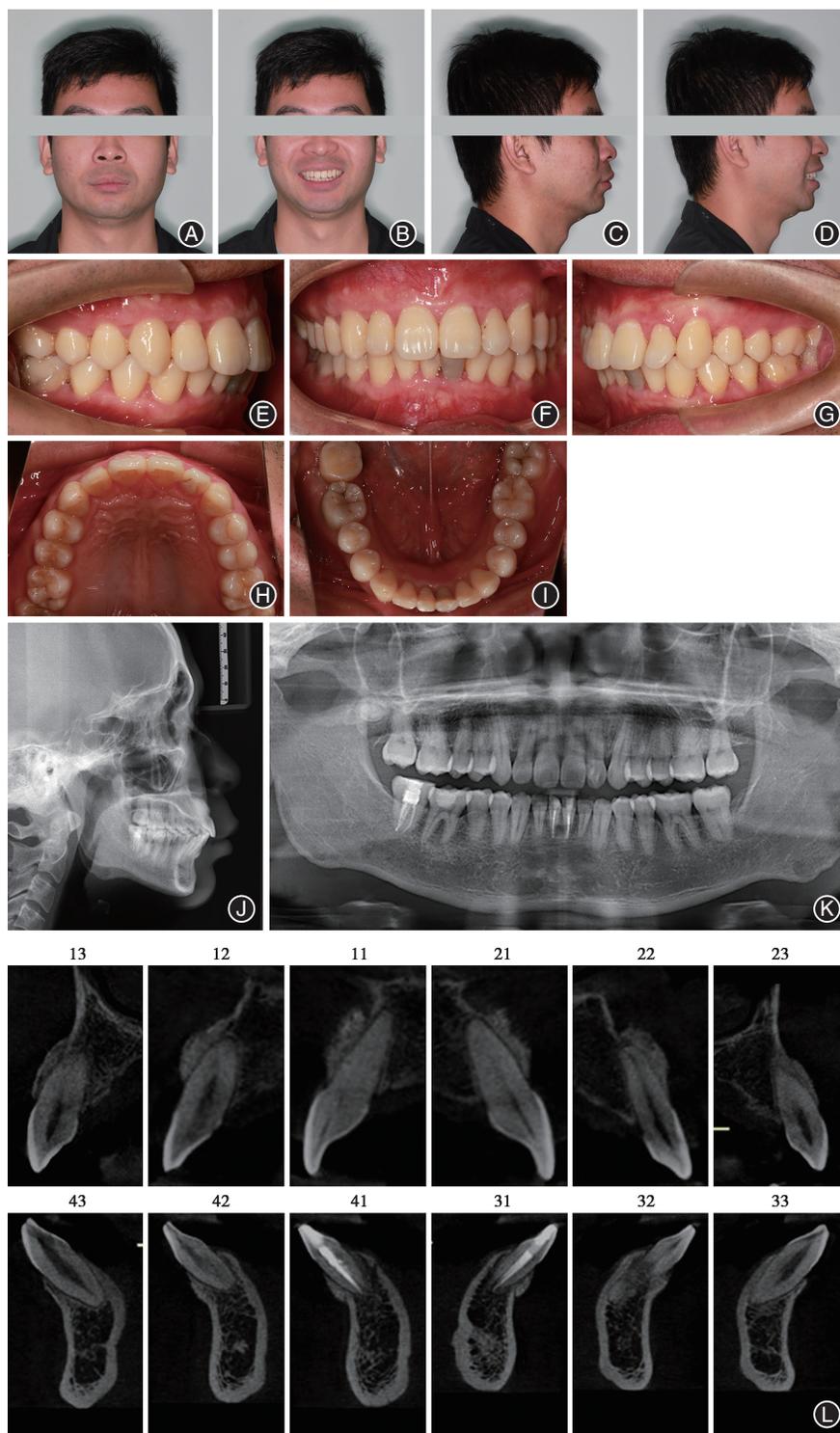


图7 骨性Ⅱ类错殆畸形患者牙周辅助加速成骨正畸(PAOO)术后1年治疗效果图像资料 A:正面相;B:正面微笑相;C侧面相;D:侧面微笑相;E:右侧殆相;F:正面殆相;G:左侧殆相;H:上颌殆相;I:下颌殆相;J:X线头颅侧位片;K:口腔全景曲面体层片;L:锥形束CT矢状面。

要进行唇舌向的移动。而骨性Ⅱ类患者前牙区牙槽骨常常存在唇舌向的代偿,兼之正畸过程中牙槽骨的丧失,从而容易发生骨开窗、骨开裂。Yagci等^[9]通过分析123例正畸患者的CBCT图像发现,骨性Ⅱ类患者骨开窗的发生率显著高于骨性Ⅰ、Ⅲ类患者。且Jäger等^[10]研究发现,30岁以上成年患者正畸治疗后骨开裂的严重程度和牙槽骨高度丧失增加,提示了骨增量的必要性。

PAOO技术通过皮质骨切开和颗粒骨移植配合正畸治疗,不仅可以加速正畸牙移动、缩短正畸疗程,还能够改善术区牙周软硬组织表型、减少并发症的发生,为提高成年人正畸疗效和改善预后提供了新的临床思路。既往关于PAOO改善牙周软硬组织的研究主要关注骨性Ⅲ类错殆畸形,而骨性Ⅱ类的相关研究较少,尤其是采用非减数治疗的骨性Ⅱ类错殆畸形。因此,本研究纳入21例在正畸治疗过程中行PAOO手术的患者,以期通过系统的临床指标分析,为PAOO在骨性Ⅱ类错殆畸形治疗中的应用提供更有力的证据。

二、牙周辅助加速成骨正畸术后牙槽骨量变化分析

本研究结果显示,与术前相比,行PAOO术后1年LH、LT均显著增加。既往的研究也得到了类似结果。一项探索PAOO应用于正畸治疗后发生骨开窗及骨开裂患者临床疗效的回顾性研究显示,PAOO术后6及12个月牙槽嵴顶、根中部及根尖水平牙槽骨厚度,以及垂直槽骨高度均增加^[8],但根尖水平的牙槽骨厚度增加差异无统计学意义。Ma等^[11]观察12例接受PAOO手术的治疗前患有骨开窗及骨开裂的骨性Ⅱ、Ⅲ类错殆畸形患者术后牙槽骨量的变化,发现术后1年术区牙槽嵴顶、根中部及根尖水平牙槽骨厚度,以及垂直槽骨高度均显著增加,这可能与改良的“口袋式”缝合方法可以固定骨移植材料有关。目前,PAOO引起的牙槽骨量增加普遍被认为与RAP和骨移植材料有关^[12]。牙槽骨量的增加不仅可以扩大正畸移动范围,扩大正畸适应证;还可以改善牙根、牙周膜和牙槽骨的受力,在提高牙齿移动速率的同时,避免了菲薄牙槽骨区在正畸牙受力移动时产生应力集中的情况,从而减少了骨开窗、骨开裂等并发症的发生^[13]。但是,由于病例和研究的异质性,影响PAOO中骨增量的主要混杂因素目前仍不明确^[7]。此外,本研究还比较了PAOO在上下颌及不同牙位间的疗效差异,发现下颌根中

部牙槽骨厚度及牙槽骨高度的增加量显著高于上颌。有研究表明,下颌前牙的唇侧牙槽骨高度低于上颌^[14],骨开裂和骨开窗的发生率也更高^[15]。推测,上下颌牙槽骨量的差异可能是PAOO疗效差异的原因。

三、牙周辅助加速成骨正畸术后角化龈宽度变化分析

本研究表明,PAOO手术对KGW增加也有积极影响,这与已有的研究结果基本一致。在Wilcko等^[16]进行的病例对照研究中,两组接受正畸治疗的患者进行配对,实验组接受PAOO手术,而对照组不进行手术,术后1.5年实验组的KGW增加0.78 mm,而对照组KGW减少0.38 mm。Han等^[5]的研究通过数字测量方法定量评估PAOO术后牙周软组织的变化,结果显示PAOO术后6个月KGW和骨嵴顶冠方牙龈组织厚度增加。PAOO引起KGW增加的原因可能是多方面的。首先,龈沟内切口能够激活牙龈结缔组织和上皮组织的再生^[17],而骨皮质切开提供了丰富的血运以促进牙周组织的愈合和改建^[18]。其次,PAOO术中的沟内全厚瓣术式使血供丰富的未成熟组织在重新建立上皮附着的过程中具有在根面向冠方延伸的能力,上皮附着在根表面的原始位置重新建立,能抵抗根向的迁移^[16]。再次,在术区放置骨粉和胶原膜并将龈瓣冠向复位,全厚瓣骨膜减张后膜龈联合向根方移动,实现了KGW增加^[19]。此外,缝合线边缘的张力也可能有利于KGW增加。

综上所述,本研究通过评估PAOO术前及术后1年唇侧牙槽骨高度、厚度和唇侧KGW,证明PAOO具有改善骨性Ⅱ类错殆畸形患者牙周软硬组织的潜在功能,对提高正畸治疗的疗效和安全性有着重要意义。然而,2024年的一项系统评价指出,目前关于PAOO在牙周软硬组织增加的作用的临床研究普遍存在样本量小、随访时间不足的问题,而相关的Meta分析因偏倚风险高、混杂因素多而证据等级较低^[20]。本研究同样缺乏长期随访结果,仅观察了PAOO术后1年的短期临床疗效,且存在样本量不足的限制性,未来课题组将扩大样本量、延长随访时间以开展进一步的深入研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 高雳:研究具体设计和实施、完成患者手术操作、数据采集、论文撰写;徐琛蓉:研究具体设计和实施、数据分析、论文撰写;吴诗文:数据整理、论文撰写;黄希:课题方法学部分设计、数据整理;束天童:数据整理、统计分析;张研:数据整理;赵川江:研究具体设计和实施、完成患者手术操作、论文修改

参 考 文 献

- [1] Matsumoto K, Sherrill-Mix S, Boucher N, et al. A cone-beam computed tomographic evaluation of alveolar bone dimensional changes and the periodontal limits of mandibular incisor advancement in skeletal Class II patients [J]. *Angle Orthod*, 2020, 90(3):330-338. DOI:10.2319/080219-510.1.
- [2] Wilcko WM, Wilcko T, Bouquot JE, et al. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: Two case reports of decrowding [J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2001, 21(1):9-19. DOI:10.1054/ijom.2000.0007.
- [3] Frost HM. The regional acceleratory phenomenon: A review [J]. *Henry Ford Hosp Med J*, 1983, 31(1):3-9.
- [4] Alsino HI, Hajeer MY, Burhan AS, et al. The effectiveness of periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) in accelerating tooth movement and supporting alveolar bone thickness during orthodontic treatment: A systematic review [J]. *Cureus*, 2022, 14(5):e24985. DOI:10.7759/cureus.24985.
- [5] Han Y, Miao L, Liu J, et al. Periodontal soft tissue increase induced by periodontally accelerated osteogenic orthodontics surgery [J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1):506.
- [6] Wang X, Mei M, Han G, et al. Effectiveness of modified periodontally accelerated osteogenic orthodontics in skeletal Class II malocclusion treated by a camouflage approach [J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(2):979-989.
- [7] Zou P, Yang G, Liu H, et al. Combined periodontal-orthodontic treatment with periodontal corticotomy regenerative surgery in an adult patient suffering from periodontitis and skeletal Class II malocclusion: A case report with 5-year longitudinal observation [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2024, 60(6):904. DOI:10.3390/medicina60060904.
- [8] Chen Z, Zhou H, Zhang K, et al. The clinical efficacy of periodontally accelerated osteogenic orthodontics in patients with bone fenestration and dehiscence: A retrospective study [J]. *Head Face Med*, 2022, 18(1):40. DOI:10.1186/s13005-022-00344-z.
- [9] Yagci A, Veli I, Uysal T, et al. Dehiscence and fenestration in skeletal Class I, II, and III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography [J]. *Angle Orthod*, 2012, 82(1):67-74. DOI:10.2319/040811-250.1.
- [10] Jäger F, Mah JK, Bumann A. Peridental bone changes after orthodontic tooth movement with fixed appliances: A cone-beam computed tomographic study [J]. *Angle Orthod*, 2017, 87(5):672-680. DOI:10.2319/102716-774.1.
- [11] Ma Z, Zheng J, Yang C, et al. A new modified bone grafting technique for periodontally accelerated osteogenic orthodontics [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(37):e12047. DOI:10.1097/MD.00000000000012047.
- [12] Gao J, Nguyen T, Oberoi S, et al. The significance of utilizing a corticotomy on periodontal and orthodontic outcomes: A systematic review and Meta-analysis [J]. *Biology (Basel)*, 2021, 10(8):803. DOI:10.3390/biology10080803.
- [13] 赵鹤翔, 陈子嫣, 王婧, 等. 牙周辅助加速成骨正畸增加牙槽骨量前后正畸牙移动的生物力学特征 [J]. *中国组织工程研究*, 2024, 28(14):2133-2139. DOI:10.12307/2024.233.
- [14] Jafary Pour SM, Gooran M, Dabbaghi A, et al. Factors affecting the maxillary and mandibular incisors' buccolingual inclinations and buccal and lingual cortical plate heights [J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1):511. DOI:10.1186/s12903-023-03225-2.
- [15] Jing WD, Xu L, Li XT, et al. Prevalence of and risk factors for alveolar fenestration and dehiscence in the anterior teeth of Chinese patients with skeletal Class III malocclusion [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2021, 159(3):312-320. DOI:10.1016/j.ajodo.2019.11.018.
- [16] Wilcko MT, Ferguson DJ, Makki L, et al. Keratinized gingiva height increases after alveolar corticotomy and augmentation bone grafting [J]. *J Periodontol*, 2015, 86(10):1107-1115. DOI:10.1902/jop.2015.150074.
- [17] Ferreira CF, Wong D, Binkley LH. "Crawling Attachment" during periodontally accelerated osteogenic orthodontics procedure [J]. *Contemp Clin Dent*, 2021, 12(2):179-183. DOI:10.4103/ccd.ccd_376_20.
- [18] 韩焯, 苗莉莉, 靖无迪, 等. 牙周组织再生结合骨皮质切开术对骨性 III 类错颌牙龈厚度影响的数字化评估 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2020, 55(2):73-79. DOI:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2020.02.001.
- [19] Jing WD, Jiao J, Xu L, et al. Periodontal soft- and hard-tissue changes after augmented corticotomy in Chinese adult patients with skeletal Angle Class III malocclusion: A non-randomized controlled trial [J]. *J Periodontol*, 2020, 91(11):1419-1428. DOI:10.1002/JPER.19-0522.
- [20] Kuc AE, Kulgawczyk M, Sulewska ME, et al. The effect of corticotomy-assisted orthodontic therapy (CAOT) or periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) on bone remodeling and the health of periodontium: A systematic review of systematic reviews [J]. *J Clin Med*, 2024, 13(19):5726. DOI:10.3390/jcm13195726.

(收稿日期:2025-04-09)

(本文编辑:王嫚)