



牙周加速成骨正畸技术辅助治疗骨性 II 类错殆 1 例

曾 宇¹ 朱宁静¹ 刘杨若萱¹ 王晓璇^{1,2} 熊 晖^{1,3,*} 曹正国^{1,2,*}

作者单位：¹口腔基础医学省部共建国家重点实验室培育基地和口腔生物医学教育部重点实验室，武汉大学口腔医学院；²武汉大学口腔医院牙周科；³武汉大学口腔医院正畸科

* 通讯作者：曹正国，熊晖；联系方式：027-87686212；电子邮箱：caozhengguo@whu.edu.cn, xionghui@whu.edu.cn；通讯地址：湖北省武汉市洪山区珞喻路 237 号，430079

【摘要】 目的：本病例报道 1 例改良的牙周加速成骨正畸（periodontally accelerated osteogenic orthodontics, PAOO）技术于骨性 II 类错殆畸形患者正畸正颌联合治疗中的辅助应用。**诊治经过**：在明确诊断及患者知情同意后，对患者进行正畸—正颌联合治疗。正畸去代偿前行改良的 PAOO 术式，包括保留龈乳头切口，全厚瓣翻开，牙根间骨皮质切开，填充骨移植材料但不放置屏障膜材料，以及改良的缝合方法。正畸去代偿后行正颌手术，且正颌术后进行术后正畸治疗。**结果**：PAOO 术后 17 月，正畸去代偿结束时，临床疗效稳定，术区唇侧牙槽骨厚度增加，角化龈宽度增加，未见明显牙龈退缩及严重牙周炎症。**结论**：PAOO 在正畸正颌治疗中的辅助应用能一定程度上改善患者的牙周表型，减少牙龈退缩、牙槽骨开窗、骨开裂等牙周并发症的风险。

【关键词】 牙周加速成骨正畸；骨皮质切开术；硬组织增量；正畸—正颌联合治疗；骨性 II 类错殆畸形

Periodontally accelerated osteogenic orthodontic technique assisting in the treatment of skeletal class II malocclusion: A case report

Yu Zeng¹, Ningjing Zhu¹, Yangruoxuan Liu¹, Xiaoxuan Wang^{1,2}, Hui Xiong^{1,3,*}, Zhengguo Cao^{1,2,*}. (¹The State Key Laboratory Breeding Base of Basic Science of Stomatology (Hubei-MOST) & Key Laboratory of Oral Biomedicine Ministry of Education, School & Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan, Hubei Province, P.R. China; ²Department of Periodontology, School & Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan, Hubei Province, P.R. China; ³Department of Orthodontic, School & Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan, Hubei Province, P.R. China.)

Correspondence: Zhengguo Cao, Hui Xiong. Tel: 027-87686212. Email: caozhengguo@whu.edu.cn, xionghui@whu.edu.cn. Address: 237 Luoyu Road, Wuhan 430079, Hubei Province, P.R. China.

【Abstracts】 Objective: This case reports the adjunctive application of the modified periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) technique in the combined orthodontic and orthodontic treatment of skeletal class II malocclusion. **Diagnosis and treatment:** The patient received combined orthodontic and orthognathic treatment after a clear diagnosis and the patient's informed consent. And a modified PAOO procedure was performed before orthodontic decompensation, including a papilla preservation incision, full-thickness flap reflection, interradicular corticotomy, alveolar bone argumentation with bone graft material but without barrier membrane, and a modified suturing technique. After orthodontic decompensation, orthognathic surgery was performed, and then postoperative orthodontic treatment was administered. **Results:** At the end of orthodontic decompensation, seventeen months after PAOO, the clinical effect was stable, the thickness of the labial alveolar bone and the width of keratinized gingiva increased. Meanwhile, there was no obvious gingival recession and severe periodontitis. **Conclusions:** The adjunctive application of PAOO in orthodontic therapy can improve patients' periodontal phenotype and reduce the risk of periodontal complications such as gingival recession, alveolar bone fenestrations and dehiscences.

【Key words】 periodontally accelerated osteogenic orthodontics; corticotomy; alveolar bone argumentation; combined orthodontic-orthognathic treatment; skeletal class II malocclusion

1 引言

正畸治疗的时间一般从几个月到 3 年不等，固

定矫治器的平均治疗时间为 19.9 个月^[1]。正畸治疗时间过长，会增加正畸治疗相关并发症如牙龈退缩、牙周炎、牙根外吸收、龋病、颞下颌关节紊乱

等发生的风险^[2]。

此外, 牙齿移动必须保持在牙槽骨内^[3]。然而在某些复杂病例正颌手术前的正畸去代偿过程中, 牙齿移动可能会超出牙槽骨边界, 面临牙槽骨开窗、骨开裂的风险。同时部分病例可能在正畸治疗前或正畸去代偿前已伴有牙槽骨开窗、骨开裂, 限制了后续正畸治疗, 如骨性Ⅲ类错殆畸形的患者中, 颊侧牙槽骨开窗、骨开裂的发生率较高, 且大部分前牙牙根位于唇侧皮质骨板^[4], 这使得正畸治疗具有很大的挑战性。

近年来, 牙周加速成骨正畸 (periodontally accelerated osteogenic orthodontics, PAOO) 技术在临床中已有较多的应用, 并取得了较好的疗效。它是 Wilcko 等提出的一种加速正畸移动及扩大正畸边界条件的方法, 主要包括牙槽骨骨皮质切开、利用骨移植材料进行骨增量以及正畸治疗^[5-7]。PAOO 技术的生物学基础主要为 Frost 等提出的区域加速现象 (regional acceleratory phenomenon, RAP)^[8]。一般在骨损伤之后会发生区域加速现象, 包括局部骨密度降低和骨转换加速, 这被认为有利于正畸治疗时牙齿的移动^[9,10]。

PAOO 技术主要有两个目的, 一是为了增加牙槽骨体积从而扩大正畸治疗的范围以及维持正畸术后的稳定, 也是现在临床上最主要的目的, 主要应用于正畸过程中牙槽骨唇舌侧厚度不足以保证牙齿安全移动的情况, 如正畸治疗时牙移动侧牙槽骨已伴有骨开窗、骨开裂或牙槽骨唇舌侧厚度不足而需要骨增量等; 二是为了加速正畸移动, 如加速牙间

隙的关闭, 以及加速阻生牙的牵引等^[7,11,12]。

本病例报告展示了 1 种辅助正畸正颌联合治疗的改良的 PAOO 技术及其临床疗效。

2 诊治经过

2.1 病例资料

2.1.1 一般情况

患者女性, 23 岁, 因前牙牙列不齐及凸面形于武汉大学口腔医院正畸科就诊, 正畸治疗半年后因正畸去代偿前唇侧牙槽骨厚度薄, 存在骨开裂或骨开窗等风险, 转诊到武汉大学口腔医院牙周科, 要求行 PAOO 手术。患者刷牙 2 次/天, 2min/次, 偶尔使用牙线及牙缝刷等口腔卫生清洁工具。患者身体健康, 否认系统病史、吸烟史、家族病史及药物过敏史。

2.1.2 正畸前临床检查

口外相: 凸面型, 上颌前突, 下颌后缩 (图 1)。

口内检查: 恒牙列, 双侧尖牙远中关系, 双侧磨牙中性关系; 上前牙舌倾、下前牙唇倾代偿明显; 前牙覆盖Ⅱ度; 上前牙拥挤 1° , 下前牙拥挤 1° ; 上下颌牙列中线基本居中。口腔卫生状况欠佳, 局部有软垢, 探及龈下结石, 局部牙龈红肿, 全口菌斑阳性检出率 (full-mouth plaque score, FMPS): 36%, 全口探诊出血 (bleeding on probing, BOP) 阳性位点占比: 20%, 探诊深度 (probing depth, PD): 2~3mm, 薄龈生物型 (图 2)。

关节检查: 左侧髁突形态异常, 开口度无异常。



图 1 正畸前口外相, 可见患者上颌前突, 下颌后缩, 呈凸面型



图2 正畸前口内照，口内可见双侧尖牙远中关系，磨牙中性关系；上前牙较为直立，下前牙唇倾代偿明显，根形明显

头颅侧位片及头影测量分析显示：患者为骨性 II 类错殆畸形 ($\angle ANB=7^\circ$)，高角 (图 3)。

锥形束计算机断层扫描 (cone beam computed tomography, CBCT) 显示：下前牙唇侧牙槽骨厚度不足，疑似存在骨开裂 (图 4)。

2.1.3 术前临床检查

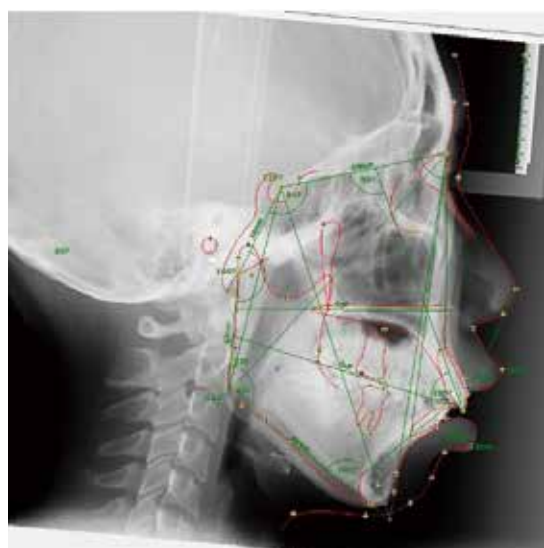
牙列已排齐整平，下颌左侧第一前磨牙及下颌右侧第一前磨牙缺失，下前牙散在间隙。口腔卫生状况一般，局部有软垢，局部牙龈红肿 (图 5)。PD: 2~3mm, BOP 阳性位点占比: 18%。薄龈生物型，唇侧可见下前牙根形明显，角化龈宽度为 3~5mm。

2.2 诊断

骨性 II 类错殆畸形；
安氏 II 类 2 分类错殆畸形；
菌斑性龈炎。

2.3 治疗计划

患者为凸面型，高角，安氏 II 类 2 分类，骨性 II 类 ($\angle ANB=7^\circ$)。同时存在上颌前凸以及下颌后缩，上前牙舌倾、下前牙唇倾代偿明显，符合正颌手术指征。同时，患者对面型要求较高，要求改善凸面型。与患者沟通，告知掩饰性治疗难以实现面型较大程度的改变，同时存在更大的牙周风险，因而建议



Variable	Value	Clinical Norm	Difference	Deviation
Dental Analysis				
MeGoCup	20P	24P	+6	
II	109P	135P	-26	
Max1-SN	88P	86P	-2	
Max1-MeGo	103P	90P	+13	
Uo-NPog	20mm	57mm	+13	
Uo-NPog	15mm	-2.2mm	+13	
Li-NPog	7mm	-4.1mm	+6	
Li-MeGo	8mm	6.2mm	+6	
Skeletal Analysis				
Nlar	127P	127P	0	
Sr-Go	160P	143P	+13	
arGoMe	123P	130P	0	
Sum	450P	396P	+9	
N-S	60mm	737mm	-8	
S-ar	34mm	327mm	0	
UoCoar	37P	52.55P	-15	
UoMe	85P	39.75P	+10	
ar-Go	47mm	447mm	0	
S-arar-Go	83P	60.75P	+7	
Go-Me	64mm	737mm	-2	
Go-Me-N-S	100P	100P	+6	
SNA	79P	80.84P	-2	
SMB	71P	78.82P	-7	
ANB	7P	8.41P	+3	
SHGoMe	58P	28.32P	+18	
Uo-Go	115mm			
S-Me	124mm			
NSG	84P			
S-Go	75mm			
N-Me	127mm			
S-Go-N-Me	59P	64P	-3	
SHPog Angle	69P			
UoNPog	161P	175P	-18	

图3 正畸前头影测量，骨性 II 类 ($\angle ANB=7^\circ$)，上前牙直立 (Max1-SN: 98°)，下前牙唇倾 (Mand1-MeGo: 102°)

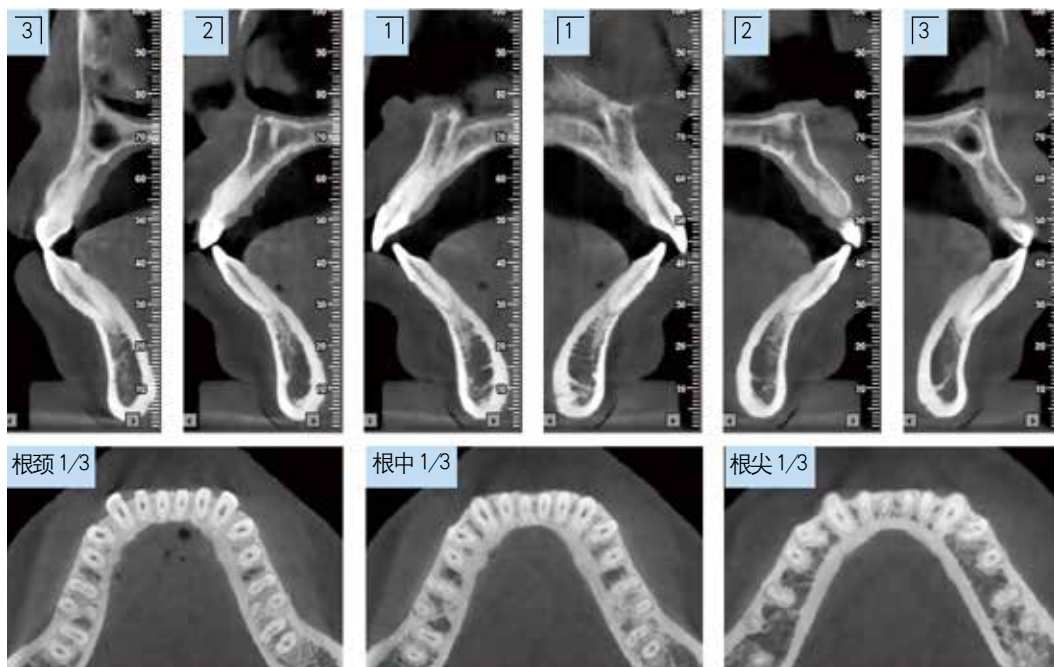


图4 正畸前 CBCT 检查，下前牙唇侧牙槽骨厚度不足



图5 PAOO 术前口内照，术前正畸，已排齐整平，但可见下前牙根形明显

患者选择正畸—正颌联合治疗，患者知情同意。

患者正畸前下前牙代偿性唇倾，且正畸前 CBCT 示唇侧牙槽骨厚度薄，牙周表型薄，可能已伴有唇侧牙槽骨骨开窗或骨开裂，而舌侧牙槽骨状况明显优于唇侧。为恢复下前牙转矩，术前正畸需减数下颌左侧第一前磨牙及下颌右侧第一前磨牙，下前牙内收量较大。而内收恢复正常唇倾度过程中可能伴有转矩丢失，在原有基础上进一步发生颊侧

牙槽骨骨开窗、骨开裂情况。故建议于下前牙行改良的 PAOO 术式，增加下前牙唇侧骨量，扩大正畸边界，同时加速正畸牙移动。在正畸去代偿后进行正颌手术治疗及术后正畸治疗。

同时，患者在正畸治疗前 BOP 阳性位点占比 > 15%，口腔卫生状况欠佳，FMPS > 25%，局部牙龈红肿，存在菌斑性龈炎，故对患者进行口腔卫生宣教并建议患者行牙周基础治疗^[13]。正畸治疗期

间，对患者的牙周炎症和口腔卫生状况进行密切监测及严格控制，建议患者每3个月进行牙周复查，根据患者自身牙周炎症情况进行相应牙周支持治疗^[14]。治疗计划总流程如图6所示。

2.4 治疗过程

1. 牙周基础治疗：在正畸治疗前进行口腔卫生宣教，超声龈上洁治及超声龈下刮治。
2. 改良 PAOO 技术：正颌术前正畸治疗半年

后，牙列已初步排齐整平，建议在去代偿前于下颌前牙区段(下颌左侧尖牙远中至下颌右侧尖牙远中)行改良 PAOO 技术，患者知情同意。对患者下颌前牙区段行局部浸润麻醉，术区消毒，铺巾，以及对下颌前牙区段行改良的 PAOO 技术，包括：保留龈乳头切口，全厚瓣翻开，牙根间骨皮质切开，植入骨移植材料 (Bio-Oss, Geistlich AG, 瑞士)，间断缝合、改良双乳头悬吊缝合以及正畸托槽辅助悬吊缝合 (图 7)。

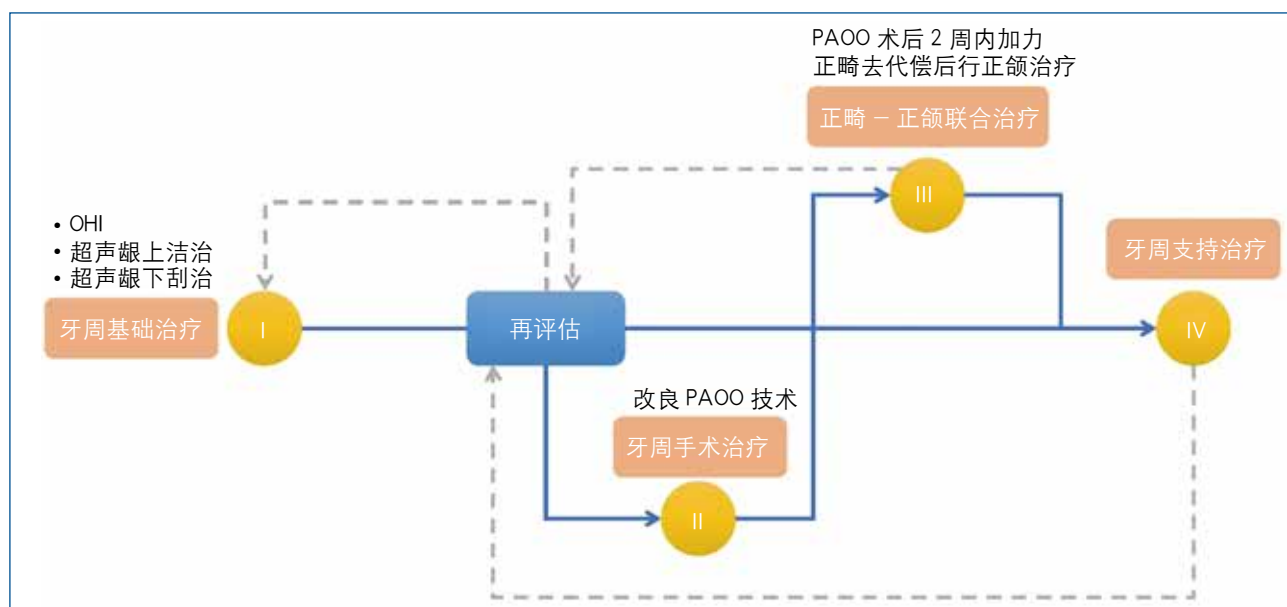


图 6 治疗计划流程图



图 7 改良 PAOO 技术

a. 术前；b. 保留龈乳头切口及全厚瓣翻开；c. 牙根间骨皮质穿孔；d. 纵向连接骨皮质穿孔切开骨皮质；e. 术区植入骨移植材料 (Bio-Oss, Geistlich AG, 瑞士)；f. 间断缝合 + 改良双乳头悬吊缝合 + 正畸托槽辅助悬吊缝合

3. 正畸—正颌联合治疗：第一步行正颌术前正畸治疗，排齐整平牙列。术前正畸治疗半年后，牙列已初步排齐整平，开始正颌术前正畸去代偿治疗。由于疫情影响，正畸去代偿治疗18个月后进行正颌手术（双侧上颌骨 LeFort I 型分块截骨术 + 双侧下颌升支矢状劈开截骨术 + 颏成型术 + 上颌左侧第一前磨牙及上颌右侧第一前磨牙的牙拔除术），术前口外相、口内照及头影测量分别见图 8~图 10，术后 5 天头影测量见图 11，术后 2 月口外相、口内照见图 12 和图 13。头影测量重叠图见图 14。正颌术后半年内，患者于我院行术后正畸治疗，现因居于外地，于外院继续正畸治疗，未结束。

4. 牙周支持治疗：在整个正畸治疗期间建议患者每 3 个月复查牙周情况，加强口腔卫生清洁和菌斑控制，建议结合使用牙缝刷、牙线等清洁工具^[15]，每次复查视牙周炎症情况进行超声龈上洁治、超声龈下刮治等牙周支持治疗^[14]。

3 治疗结果

正颌术后 2 个月，患者上颌前突及下颌后缩的面型得到较大程度的改善，开唇露齿得到缓解（图 12），但磨牙关系及尖牙关系未处于中性关系（图 13），还需术后的正畸治疗来调整咬合关系。由于患者居于外地，患者选择于当地医院继续正颌术后

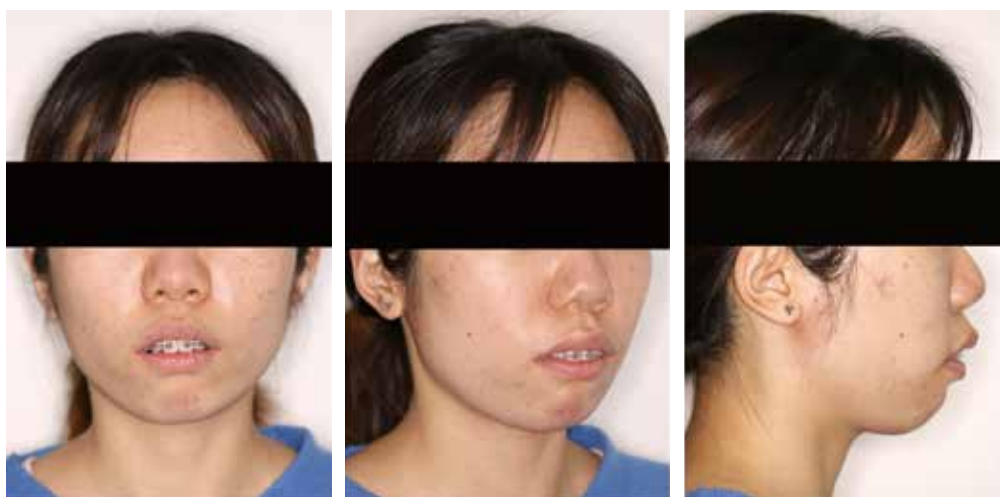


图 8 正颌术前口外相，术前正畸去代偿完成

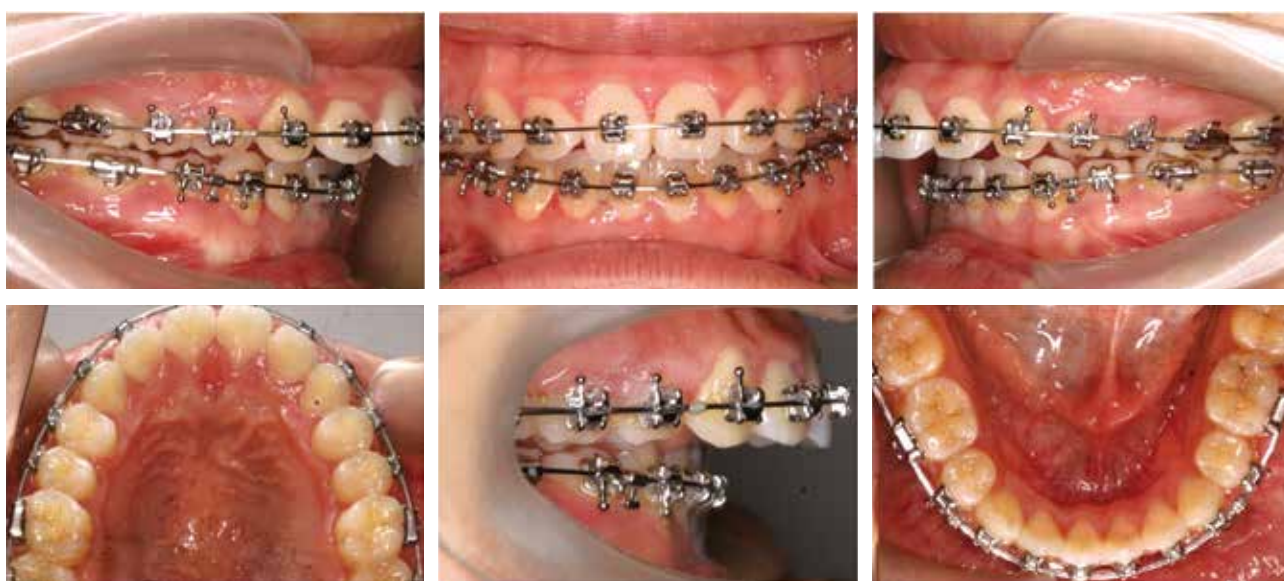


图 9 正颌术前口内照，术前正畸去代偿完成，上下前牙角度恢复正常，覆盖大，准备正颌外科手术

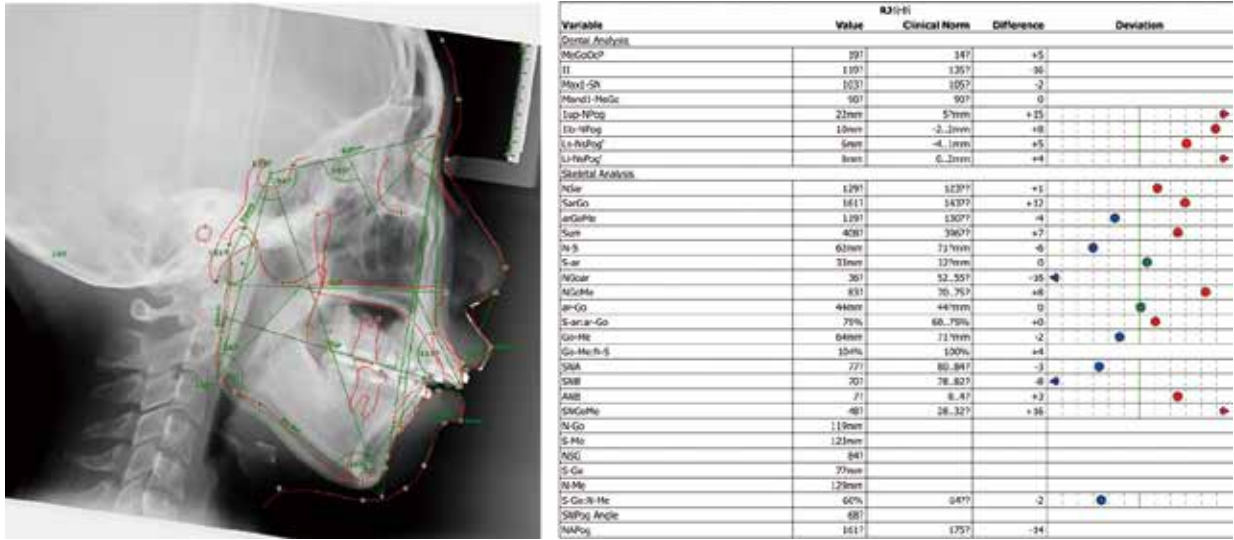


图 10 正颌术前头影测量，术前正畸去代偿完成，上下前牙角度恢复正常 (Max1-SN: 103° , Mand1-MeGo: 90°)

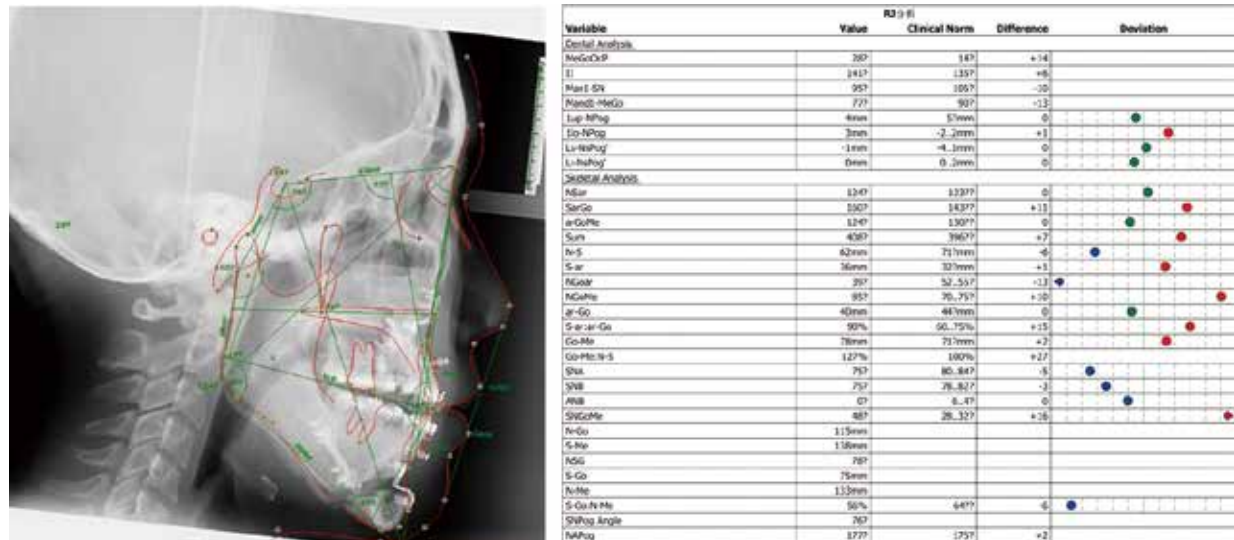


图 11 正颌术后头影测量，骨性关系改善 ($\angle ANB=0^\circ$)



图 12 正颌术后 2 个月口外相，正颌术后可见患者为直面型，上颌前突及下颌后缩明显改善



图 13 正颌术后 2 个月口内照，正颌术后可见上下颌骨性关系基本恢复，进入术后正畸阶段



图 14 头影测量重叠图，术前正畸前后比较显示牙性代偿已基本去除，正颌手术前后对比显示骨性 II 类关系基本纠正（红色：治疗前；绿色：术前正畸结束 / 正颌术前；蓝色：正颌术后即刻）

正畸治疗，后续病例资料暂缺失。

PAOO 术后 2 周 CBCT 显示骨移植材料多集中于根中 1/3 及根尖 1/3 (图 15)。术后 17 个月即正畸去代偿治疗基本结束时，CBCT 测量显示下前牙唇侧根中 1/3 牙槽骨平均厚度为 1.45mm，较术前增加 1.45mm，根尖 1/3 牙槽骨平均厚度为 1.50mm，较术前增加 1.08mm (图 16)。术区角化龈宽度于术后 3 个月、术后 6 个月和术后 16 个月时与术前相比均有增加，术后 20 个月显著增加，平均增加约 0.92mm，其中下颌中切牙平均增加 3.25mm (图 17)。PAOO 术后每次随访，术区探诊深度均为 1~3mm，无明显变化，牙间乳头无明显退缩。然而在本病例中，部分下前牙存在牙根外吸收。

4 讨论

4.1 PAOO 技术的疗效

部分研究表明 PAOO 技术能使术区牙槽骨厚度有一定的增厚^[16-19]，这与本病例的治疗结果相似。同时，本病例中观察到，下颌术区移植的骨移植材料在根中 1/3 及根尖 1/3 较多，且有向根尖增加的趋势。这可能与重力导致骨移植材料向下移动有关，Jing 等^[16]也报道了这一现象。然而部分骨移植材料在植入后会有一定吸收，Wilcko 等^[6]表明骨移植材料在成骨过程中原始体积会减少 50% 及以上，这与本病例术后 2 周到术后 17 个月唇侧牙槽骨厚度的变化相似。因此，还需有更长时间随访以及更



图 15 术后 2 周 CBCT 检查，下前牙术区根中 1/3 及根尖 1/3 区骨移植材料充盈

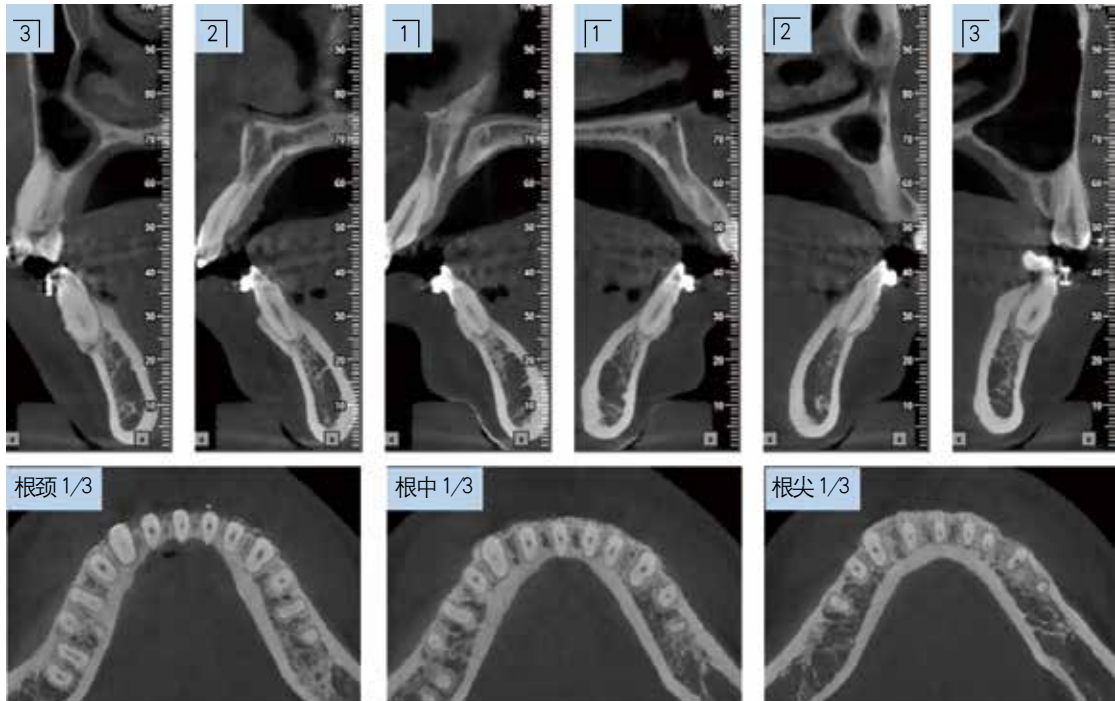


图 16 术后 17 个月 CBCT 检查，下前牙术区根中 1/3 及根尖 1/3 区牙槽骨厚度均有一定增加

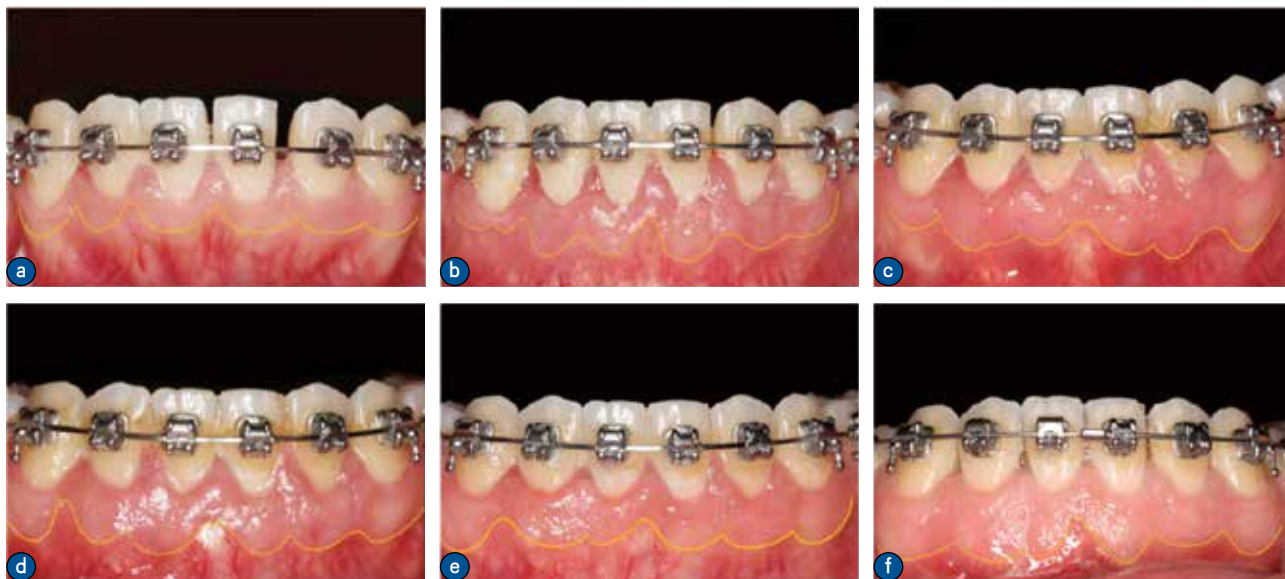


图 17 角化龈宽度变化

a. 术前; b. 术后 1 个月; c. 术后 3 个月; d. 术后 6 个月; e. 术后 16 个月; f. 术后 20 个月

多研究来验证 PAOO 手术对于牙槽骨厚度增加的有效性^[20]。

此外, 本病例还发现 PAOO 术后角化龈有一定增宽, 同时也有较多研究报道了这一现象, 不过其原因尚不明确, 可能与 PAOO 手术和正畸的机械刺激促进组织再生、膜龈联合的根向移动以及切牙倾斜度和突度等有关^[16,21-23]。另外, 韩焯等^[23]报道了 PAOO 术后牙龈厚度的增加, 然而本病例未对牙龈厚度进行准确测量, 但通过视觉评估法显示探针颜色显色减少, 牙龈厚度有一定增加。

近年来, 一系列系统评价报道了 PAOO 技术能有效地缩短正畸治疗的时间, 同时减少如牙龈退缩等并发症, 而且对牙周健康无明显不良影响^[12,20,24-26]。然而上述系统评价中所纳入的部分研究偏倚风险较高, 而且研究间异质性较高, 故还需更多高质量的研究来证明 PAOO 技术的疗效及预后。本病例在正畸治疗过程中, 除新冠疫情影响的时间段, 均有定期牙周复查和维护, 在术后 20 个月时, 牙龈无明显退缩, 龈乳头高度良好, 牙周健康状况较良好, 无深牙周袋, 与大部分系统评价报道的结果相似。

然而本病例术后 17 个月的 CBCT 显示下前牙均伴有牙根外吸收, 部分研究表明, 这可能与正畸力结合牙根间骨皮质切开术产生的区域加速现象作用于牙根有关^[27-29]。此外对于 PAOO 技术加速正畸牙移动的疗效, 单一病例且未设有对照, 目前无法证明其疗效, 还需后续设计相关研究及纳入更多病

例予以证明。

4.2 PAOO 手术设计的考虑

Wilcko 等提出 PAOO 技术之后, 该技术也逐渐往微创的方向改, 如从术区颊舌两侧均进行翻瓣改为只在术区需骨增量的一侧进行翻瓣^[30], 从需要翻瓣到不翻瓣的技术^[31], 以及应用超声骨刀等工具上的改良^[16,30]。本病例也对 PAOO 的手术技术进行了适当的改良。

4.2.1 翻瓣设计

在翻瓣设计上, 本病例采用保留龈乳头切口, 使术后的美学效果良好, 术后龈乳头无明显退缩, 术后 20 个月时瘢痕不明显。此外, 龈沟内切口^[32]、龈缘下切口^[33]应用于 PAOO 手术中也有被报道, 故可针对术区角化龈宽度的情况合理地选择切口设计。本病例翻瓣类型为全厚瓣, 范围一般翻开至牙根底部约 3~4mm^[34], 为骨皮质切开术提供了足够的手术视野。

同时, 龈瓣减张的方式有 3 种可供选择, 一是将龈瓣向需要皮质切开区的近远中方向延伸; 二是在全厚瓣下方作骨膜松解切口; 三是在距离皮质切开术区外 1 个牙的两侧作垂直切口^[6,7]。本病例采用第一种近远中延伸龈瓣的方法减小复位时龈瓣的张力, 术后瘢痕较垂直切口减张的方法不明显^[35], 而对于骨膜松解切口的减张方法则建议配合屏障膜

材料使用^[36]。

由于本病例唇侧牙槽骨厚度较薄且部分牙位存在骨开裂，只有唇侧需要进行骨增量，故只翻开唇侧全厚瓣，这和一些研究报道的方法相似^[16,17,30]。目前，部分不翻瓣的技术也应用于临床中，如超声骨皮质切开术（Piezocision），即在需要骨皮质切开的术区行垂直切口，使用超声骨刀经垂直切口进行骨皮质切开，如需骨增量则将垂直切口间的黏膜骨膜瓣剥开，填入骨移植材料^[37,38]。为了防止牙龈黏膜以及后续骨皮质切开时位置不正确而对牙根造成损伤，有研究引入3D手术导板进行垂直切口的辅助定位^[39]。不过目前尚未有较高质量的研究比较翻瓣与不翻瓣技术间的区别，还需进一步探讨。

4.2.2 骨皮质切开

骨皮质切开一般为距离牙槽嵴顶2~3mm的位置到牙根根尖下方2~3mm处，可在根尖下方进行水平切开连接纵向骨皮质切线^[6,7,34]。纵向切口间牙根表面的牙槽骨如有足够的厚度，可在此区域行骨皮质穿孔，但如该区域牙槽骨厚度小于1~2mm，则应省略这一操作，以确保不会对根面造成损害^[7]。然而大多数以骨增量为主的病例中，唇侧的牙槽骨厚度都较薄，故一般不作根面牙槽骨的骨皮质穿孔。另外，Wu^[30]等的研究表明改良加速成骨正畸（improved accelerated osteogenic orthodontics, IAOO）技术，即采用超声骨刀仅进行牙根间骨皮质切开，省略根尖下方的水平骨皮质切开，也能在一定程度上缩短正畸治疗的时间，且术中耗时较少。骨皮质切开的深度取决于患者骨皮质的厚度，一般只需切开骨皮质即可。本病例唇侧牙槽骨薄，且已存在骨开裂，为避免伤及根面及根尖处的血管与神经，故结合以上研究仅进行牙根间纵向骨皮质切开。

一般在牙根间的凹槽处进行骨皮质切开时，可用低速手机进行骨皮质切开，也可用超声骨刀等工具切开骨皮质，目前尚无高质量的研究比较不同工具切开骨皮质的手术效果的区别。随着超声骨刀在临床的普及，以及其易于操作和对邻近组织造成损害小的特点^[37]，现临床上较多采用超声骨刀进行骨皮质切开。由于本次病例手术时间的年份较早，超声骨刀还未普及至本院牙周科，故采用低速手机结合生理盐水冲洗进行骨皮质切开。

4.2.3 放置骨移植材料

本病例采用多孔无机牛骨材料（Bio-Oss，

Geistlich AG，瑞士）进行骨增量。目前尚无高质量研究比较各种骨移植材料在PAOO手术中的成骨效果的差别。

同时，现阶段对于是否放置屏障膜还存有争议。Ferguson及Wilcko等^[40]认为由于术区的牙周组织是健康的，且翻开为全厚瓣，在术后严密缝合伤口及术后能一期愈合的情况下，完整的骨膜可充当天然的屏障膜^[6]。部分研究亦采用分离自体骨膜并使用骨膜进行骨移植材料的覆盖^[41,42]。Ahn等^[43]的研究中未放置胶原屏障膜也取得了较好的疗效，术区牙槽骨厚度有一定增加。故本病例仅放置骨移植材料，未放屏障膜及其他生物材料，术后未出现骨移植材料暴露情况，且术区牙龈愈合良好。然而，部分研究建议放置屏障膜，并对膜的不同固位方法进行了比较^[34]。此外，对于薄龈生物型的病例，Dounis等^[44]建议在PAOO手术的同时可结合软组织增量相关手术。故还需要进一步的研究，比较单纯放置骨移植材料及骨移植材料加屏障膜或其他生物材料的PAOO手术的临床疗效。

4.2.4 缝合

本病例中的缝合方法为间断缝合、改良双乳头悬吊缝合^[45]以及正畸托槽辅助悬吊缝合^[46]相结合的改良缝合方法，能有效地封闭骨移植材料。一般在术后2周时拆线^[6]。本病例在术后2周拆线时术区牙龈愈合良好，达到一期愈合，且无明显牙龈退缩。

4.2.5 术后正畸时机

区域加速现象在PAOO手术后的几天内开始，通常在1~2个月达到高峰^[10]。因此，一般建议在手术后2周内开始正畸加力，并缩短正畸加力间隔时间，以充分利用相对较短的骨改建和愈合时间^[10,11]。故本病例在术后第10天开始正畸加力，在术后6周再次正畸加力。

5 总结

PAOO手术近年来在临床上的应用越来越多，它能为部分复杂病例的正畸治疗保驾护航。本病例采用改良的PAOO手术方法，增加了下颌前牙区唇侧牙槽骨厚度及角化龈宽度，减少了患者正畸—正颌联合治疗过程中牙龈退缩、牙槽骨开窗、骨开裂等牙周并发症发生的风险。然而由于缺乏对照且疫情对就诊时间的影响，PAOO手术是否缩短了本病例的正畸牙移动时间还有待考量。

参考文献

- [1] Tsihaki A, Chin SY, Pandis N, et al. How long does treatment with fixed orthodontic appliances last? A systematic review[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 149(3):308-318.
- [2] Talic NF. Adverse effects of orthodontic treatment:A clinical perspective[J]. *Saudi Dent J.* 2011; 23(2):55-59.
- [3] Kapila SD, Nervina JM. Alveolar Boundary Conditions in Orthodontic Diagnosis and Treatment Planning[M]. *Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics:Indications, Insights, and Innovations*, 2015.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, et al. Accelerated osteogenic orthodontics technique:a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation[J]. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67(10):2149-2159.
- [7] Murphy KG, Wilcko MT, Wilcko WM, et al. Periodontal accelerated osteogenic orthodontics:a description of the surgical technique[J]. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 67(10):2160-2166.
- [8] Frost HM. The regional acceleratory phenomenon:a review[J]. *Henry Ford Hosp Med J.* 1983; 31(1):3-9.
- [9] Schilling T, Müller M, Minne HW, et al. Influence of inflammation-mediated osteopenia on the regional acceleratory phenomenon and the systemic acceleratory phenomenon during healing of a bone defect in the rat[J]. *Calcif Tissue Int.* 1998; 63(2):160-166.
- [10] Feller L, Khammissa RAG, Siebold A, et al. Biological events related to corticotomy-facilitated orthodontics[J]. *J Int Med Res.* 2019; 47(7):2856-2864.
- [11] Amit G, Jps K, Pankaj B, et al. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO)-a review[J]. *J Clin Exp Dent.* 2012; 4(5):e292-e296.
- [12] Apalimova A, Roselló À, Jané-Salas E, et al. Corticotomy in orthodontic treatment:systematic review[J]. *Heliyon.* 2020; 6(5):e04013.
- [13] 曹显, 郑欣欣, 金幼虹, 等. 正畸治疗策略中牙周支持组织改建的风险考量 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2020, 55(4):271-275.
- [14] Pini Prato GP, Chambrone L. Orthodontic treatment in periodontal patients:The use of periodontal gold standards to overcome the “grey zone”[J]. *J Periodontol.* 2020; 91(4):437-441.
- [15] Erbe C, Klukowska M, Timm HC, et al. A randomized controlled trial of a power brush/irrigator/mouthrinse routine on plaque and gingivitis reduction in orthodontic patients[J]. *Angle Orthod.* 2019; 89(3):378-384.
- [16] 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.
- [17] Xu X, Wu JQ, Jiang JH, et al. Periodontal Effect of Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics in Skeletal Angle Class III:A Nonrandomized, Controlled Trial[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2020; 40(4):e169-e177.
- [18] Gonen ZB, Alkan A, Ekizer A, et al. Evaluation of Vestibular Bone Thickness in Class I Malocclusion Treatment With Corticotomy-Assisted Rapid Orthodontics[J]. *J Craniofac Surg.* 2019; 30(8):e727-e733.
- [19] Brugnami F, Caiazzo A, Mehra P. Can corticotomy (with or without bone grafting) expand the limits of safe orthodontic therapy?[J]. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2018; 8(1):1-6.
- [20] Kamal AT, Malik DES, Fida M, et al. Does periodontally accelerated osteogenic orthodontics improve orthodontic treatment outcome? A systematic review and meta-analysis[J]. *Int Orthod.* 2019; 17(2):193-201.
- [21] 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.
- [22] Ferreira CF, Wong D, Binkley LH. “Crawling Attachment” during Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics Procedure[J]. *Contemp Clin*

- Dent. 2021; 12(2):179-183.
- [23] 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类错殆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.
- [24] Afzal E, Fida M, Malik DS, et al. Comparison between conventional and piezocision-assisted orthodontics in relieving anterior crowding:a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Orthod.* 2021, 43(3):360-366.
- [25] Mheissen S, Khan H, Samawi S. Is Piezocision effective in accelerating orthodontic tooth movement:A systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One.* 2020; 15(4):e0231492.
- [26] Rekhi U, Catunda RQ, Gibson MP. Surgically accelerated orthodontic techniques and periodontal response:a systematic review[J]. *Eur J Orthod.* 2020 Jan 15:cjz103.
- [27] Patterson BM, Dalci O, Papadopoulou AK, et al. Effect of piezocision on root resorption associated with orthodontic force:A microcomputed tomography study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017; 151(1):53-62.
- [28] Chen PJ, Chang JH, Dutra EH, et al. The effect of alveolar decortication on orthodontically induced root resorption[J]. *Angle Orthod.* 2020; 90(4):524-531.
- [29] Haugland L, Kristensen KD, Lie SA, et al. The effect of biologic factors and adjunctive therapies on orthodontically induced inflammatory root resorption:a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Orthod.* 2018; 40(3):326-336.
- [30] Wu J, Jiang JH, Xu L, et al. A pilot clinical study of Class III surgical patients facilitated by improved accelerated osteogenic orthodontic treatments[J]. *Angle Orthod.* 2015; 85(4):616-624.
- [31] Khlef HN, Hajeer MY, Ajaj MA, et al. The effectiveness of traditional corticotomy vs flapless corticotomy in miniscrew-supported en-masse retraction of maxillary anterior teeth in patients with Class II Division 1 malocclusion:A single-centered, randomized controlled clinical trial[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020; 158(6):e111-e120.
- [32] Bahammam MA. Effectiveness of bovine-derived xenograft versus bioactive glass with periodontally accelerated osteogenic orthodontics in adults:a randomized, controlled clinical trial[J]. *BMC Oral Health.* 2016; 16(1):126.
- [33] Abbas NH, Sabet NE, Hassan IT. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 149(4):473-480.
- [34] Liu X, Fan B, Abdelrehem A, et al. Membrane fixation for osseous graft stabilization in periodontally accelerated osteogenic orthodontics:a comparative study[J]. *BMC Oral Health.* 2020; 20(1):22.
- [35] Zucchelli G, Mele M, Mazzotti C, et al. Coronally advanced flap with and without vertical releasing incisions for the treatment of multiple gingival recessions:a comparative controlled randomized clinical trial[J]. *J Periodontol.* 2009; 80(7):1083-1094.
- [36] 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.
- [37] Dibart S. Piezocision™:Accelerating Orthodontic Tooth Movement While Correcting Hard and Soft Tissue Deficiencies[J]. *Front Oral Biol.* 2016; 18:102-108.
- [38] Miyamoto T, Lang M, Khan S, et al. The clinical efficacy of deproteinized bovine bone mineral with 10% collagen in conjunction with localized piezosurgical decortication enhanced orthodontics:A prospective observational study[J]. *J Periodontol.* 2019; 90(10):1106-1115.
- [39] Hou HY, Li CH, Chen MC, et al. A novel 3D-printed computer-assisted piezocision guide for surgically facilitated orthodontics[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019; 155(4):584-591.
- [40] Ferguson DJ, Wilcko MT, Wilcko WM, et al. The Contribution of Periodontics to Orthodontic Therapy[M]. *Practical Advanced Periodontal Surgery.* 2007:23-50.
- [41] Ma ZG, Yang C, Xie QY, et al. A Novel Surgical Technique for Augmented Corticotomy-Assisted Orthodontics:Bone Grafting With Periosteum[J]. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016; 74(1):170-180.
- [42] Saint-Surin I, Castrot R, Vandersteen C, et al. Combined mentalis weakening and periosteal flaps in mandibular anterior alveolar corticotomy-assisted orthodontics with bone grafting[J]. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2021; 122(3):311-314.
- [43] Ahn HW, Seo DH, Kim SH, et al. Morphologic evaluation of dentoalveolar structures of mandibular anterior teeth during augmented corticotomy-assisted

- decompensation[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 150(4):659-669.
- [44] Dounis T, Pitman LM. Decision Making for Soft and Hard Tissue Augmentation in Surgically Facilitated Orthodontics[J]. *Clinical Advances in Periodontics.* 2020; 10(1):38-41.
- [45] 杨栋, 华先明, 李寒月, 等. 一种牙周加速成骨正畸的改良术式和改良悬吊缝合法的设计、应用及初步评价[J]. *口腔医学研究*, 2019, 35(9):841-845.
- [46] Chowdary PC, Pavan Kumar YS, Murthy KRV, et al. A Novel Modified-Vista Technique With Connective Tissue Graft in the Treatment of Gingival Recession:A Case Report[J]. *Clin Adv Periodontics.* 2022; 12(2):75-79.

(上接 24 页)

- [46] Tanios M, Brickman B, Cage E, et al. Diabetes and Impaired Fracture Healing:A Narrative Review of Recent Literature[J]. *Curr Osteoporos Rep.* 2022; 20(5):229-239.
- [47] Retzepi M, Calciolari E, Wall I, et al. The effect of experimental diabetes and glycaemic control on guided bone regeneration:histology and gene expression analyses[J]. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29(2):139-154.
- [48] Mizutani K, Shioyama H, Matsuura T, et al. Periodontal regenerative therapy in patients with type 2 diabetes using minimally invasive surgical technique with enamel matrix derivative under 3-year observation:A prospective cohort study[J]. *J Periodontol.* 2021; 92(9):1262-1273.
- [49] Donos N, Dereka X, Mardas N. Experimental models for guided bone regeneration in healthy and medically compromised conditions[J]. *Periodontol 2000.* 2015; 68(1):99-121.
- [50] Hazebara-Kunitomo Y, Hara ES, Ono M, et al. Acidic Pre-Conditioning Enhances the Stem Cell Phenotype of Human Bone Marrow Stem/Progenitor Cells[J]. *Int J Mol Sci.* 2019; 20(5):1097.
- [51] Kim JH, Koo KT, Capetillo J, et al. Periodontal and endodontic pathology delays extraction socket healing in a canine model[J]. *J Periodontal Implant Sci.* 2017; 47(3):143-153.
- [52] Aimetti M, Manavella V, Corano L, et al. Three-dimensional analysis of bone remodeling following ridge augmentation of compromised extraction sockets in periodontitis patients:A randomized controlled study[J]. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29(2):202-214.
- [53] Araújo MG, da Silva JCC, de Mendonça AF, et al. Ridge alterations following grafting of fresh extraction sockets in man. A randomized clinical trial[J]. *Clin Oral Implants Res.* 2015; 26(4):407-412.
- [54] Freytes DO, Kang JW, Marcos-Campos I, et al. Macrophages modulate the viability and growth of human mesenchymal stem cells[J]. *J Cell Biochem.* 2013; 114(1):220-229.
- [55] El Khassawna T, Serra A, Bucher CH, et al. T Lymphocytes Influence the Mineralization Process of Bone[J]. *Front Immunol.* 2017; 8:562.
- [56] Chu C, Deng J, Sun X, et al. Collagen Membrane and Immune Response in Guided Bone Regeneration:Recent Progress and Perspectives[J]. *Tissue Eng Part B Rev.* 2017; 23(5):421-435.
- [57] 李茂雪, 丁一, 郭淑娟. 基于骨稳态调控理念认识牙周生物材料及对骨形成的影响[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(34):5562-5568.
- [58] Atieh MA, Alsabeeha NH, Payne AG, et al. Interventions for replacing missing teeth:alveolar ridge preservation techniques for dental implant site development[J]. *Cochrane Database Syst Rev.* 2021; 4(4):CD010176.