

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.11.049

PAOO技术在加速正畸治疗中的研究进展

罗涛, 杨连杰, 蒋小锋

(遂宁市中心医院口腔医学中心, 四川 遂宁 629000)

[摘要] 口腔正畸治疗作为现代口腔医学的重要领域, 目前仍存在治疗周期过长等明显局限性。常规治疗通常需要持续2年左右, 这种长期的治疗过程不仅给患者日常生活带来诸多不便, 还可能增加龋齿发生的风险, 同时引发牙龈萎缩和牙根吸收等并发症的发生。部分患者由于牙槽骨量不足等问题, 往往会影响正畸治疗效果及其长期稳定性。因此, 如何缩短正畸疗程并提高疗效, 已成为当前研究的热点问题。牙周辅助加速成骨正畸 (PAOO) 技术是随着现代医学发展而得到推广使用的新型技术, 其在正畸治疗中的应用主要基于局部加速现象, 通过调控破骨细胞的活性, 在保证正畸治疗效果的同时, 最大限度地缩短治疗时间。随着手术方式的不断优化和改进, PAOO技术的临床应用范围也在持续扩大。本文主要针对PAOO技术的历史背景、手术过程以及在加速正畸治疗中的应用术式展开综述, 旨在为今后的实践研究提供参考依据。

[关键词] PAOO技术; 加速正畸治疗; 局部加速现象

[中图分类号] R783.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2025) 11-0195-04

Research Progress of PAOO Technique in Accelerated Orthodontics Treatment

LUO Tao, YANG Lianjie, JIANG Xiaofeng

(Stomatology Center, Suining Central Hospital, Suining 629000, Sichuan, China)

[Abstract] Orthodontics treatment, as an important field in modern stomatology, still has significant limitations, such as the excessively long treatment duration. Conventional treatment usually usually needs to last about 2 years, which not only brings many inconveniences to patients' daily lives, but also may increase the risk of dental caries, and cause complications such as gingival atrophy and root resorption. In some patients, problems such as insufficient alveolar bone volume often affect the effect and long-term stability of orthodontics treatment. Therefore, how to shorten the orthodontics treatment course and improve the curative effect has become a hot topic in current research. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) is a new technique promoted with the development of modern medicine, whose application in orthodontics treatment is mainly based on the regional acceleration phenomenon. By regulating the activity of osteoclasts, it ensures the effect of orthodontics treatment while maximizing the shortening of treatment time. With the continuous optimization and improvement of surgical methods, the clinical application scope of PAOO technique is also expanding. This paper mainly reviews the historical background, surgical procedure and application of PAOO technique in accelerated orthodontics treatment, aiming to provide a reference for future practical research.

[Key words] Periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO); Accelerated orthodontic treatment; Regional acceleration phenomenon

口腔正畸 (orthodontics) 作为改善牙齿排列与面部美观的重要手段, 近年来受众范围逐渐扩大。随着经济水平提升和健康意识增强, 正畸需

求已从青少年群体延伸至成年人, 其反映出人们对口腔健康与美学功能的双重追求^[1]。然而, 由于成年人的生长发育特点与儿童不同, 正畸治疗

不仅可能对牙周组织造成不良影响,还可能诱发或加重牙周病变,进而影响牙齿健康。传统正畸治疗虽然能够矫正畸形生长的牙齿,但存在诸多不足。如治疗周期较长,一般普通钢丝矫正牙齿需要1~2年;治疗过程中,金属弓丝和托槽容易划伤口腔黏膜,给患者带来不适感;容易导致牙齿移位、松动,严重时可直接损伤牙周组织,影响患者的预后效果。在医疗技术不断更新的背景下,牙周辅助加速成骨正畸(periodontally accelerated osteogenic orthodontics, PAOO)技术应运而生,将其辅助用于正畸治疗中,不仅能够促进牙槽骨代谢,缩短治疗时间,还能弥补传统正畸治疗的不足,减少对牙周组织的伤害^[2]。随着PAOO技术在正畸治疗中的广泛应用,其手术方式也得到不断改进和更新,为正畸治疗的有效性和安全性提供了重要保障。本文先对PAOO技术的历史背景、手术实施过程进行阐述,再分析其在加速正畸治疗中的应用,并对其未来发展进行展望。

1 PAOO技术历史背景

如何缩短正畸治疗周期一直是正畸领域实践研究的重要课题。早在20世纪50年代,国外有学者提出选择性皮质切开术在牙齿移动速度方面的作用。到了80年代,又有学者提出了局部区域加速现象,并通过研究指出,这一现象能够有效加快骨愈合速度。21世纪初,PAOO技术由国外学者率先提出,并利用研究数据证实了该技术能够在加快牙齿移动的同时,减少对牙根、牙槽骨和牙周组织的伤害,有助于牙齿正畸疗效的提升^[3]。PAOO技术是通过在牙槽骨表面实施骨皮质切开术对牙齿正畸进行辅助治疗,从而达到缩短正畸治疗周期的目的^[4]。随着相关研究的不断深入,PAOO技术在正畸治疗中的优势愈发突出,且手术方式也在不断更新,有效提升了成年人正畸治疗的安全性。

2 PAOO手术过程

2.1 手术评估与准备 牙周检查是PAOO手术的首要步骤,也是评估患者口腔及牙周健康情况的关键环节^[5]。在确定牙周与口腔的健康情况符合要

求后,明确患者的正畸需求,评估治疗时间和预期效果。最后再借助影像学手段帮助医师深入了解牙齿等重要结构。

2.2 外科手术 术前,需要在操作区域内实施局部麻醉,并小心切开牙龈边缘,在此过程中要做好龈乳头保护措施^[6]。手术切口至少要延伸到相邻两颗牙齿的范围,选用尺寸/规格适中的超声骨刀或球钻,先明确切口位置,即两个牙根之间的牙槽嵴顶以下2 mm左右,再向牙根尖下方延伸2 mm处,作切口过程中,深度需要直达骨髓质层,且便于外形调整,以激发骨重塑的生物学反应。选择与切口部位有着生物相容性的骨材料进行骨移植,以确保牙齿的稳定性,从而达到预期疗效。治疗中,需要结合实际情况选择是否使用生长因子促进骨重塑和骨愈合^[7]。手术完成后,需要逐层关闭和缝合切口,并予以口腔护理和抗感染治疗。

2.3 牙齿矫正 牙齿矫正的开始时间以PAOO术后1~2周为准,术后产生的骨重塑反应,是促进牙齿快速达到预计位置的重要条件^[8]。在将软组织瓣重新定位后,需要马上给予牙齿较大正畸压力,以确保借助局部加速原理,在最短的时间加快牙齿移动。主治医师在此期间不仅要合理选择弓丝,还要在恰当的时机对弓丝尺寸进行调整,为获得理想的移动效果奠定基础。

3 PAOO技术在加速正畸治疗中的应用术式

3.1 传统翻瓣骨皮质切开术 传统翻瓣骨皮质切开术是以牙槽骨颊舌侧全厚瓣的切开作为基础步骤,随后在翻瓣后对牙齿之间的骨皮质再行切开操作,将颗粒骨材料植入后对切口进行缝合处理,正畸的治疗约6.5个月左右^[9]。因PAOO技术为破骨细胞的活跃度提供了保障,因此牙齿的移动速度也会加快,大多数患者在手术当日即可加大正畸力^[10]。虽然这种手术方式在加快牙齿移动方面的优势较为理想,但皮瓣的大范围移动不仅会造成较大创伤,还可能诱发多种不良反应或并发症,影响患者的治疗安全,这也是导致其推广受限的主要原因。

3.2 改良骨皮质切开术

3.2.1 骨皮质切开术(corticision) PAOO技术中

的骨皮质切开术是通过手术切开骨皮质并结合颗粒骨移植来加速牙齿移动，同时诱发局部加速现象（regional acceleratory phenomenon, RAP），从而有效缩短正畸治疗时间，这种手术方式可以增加牙槽骨量，仅需要在骨皮质上做切口就能实现牙齿的加速移动，尤其适用于需要骨增量的患者^[11]。其作用原理是通过在骨皮质上制造微小切口，引发局部骨组织的重塑反应，从而加速牙齿的移动。这种手术机制基于RAP，即在骨损伤区域，骨代谢加快，骨密度暂时降低，使牙齿移动的阻力减小。该术式操作的主要工具是锤形手术刀，龈乳头下方5 mm是切口位置，切入骨皮质的深度却达到10 mm，因此该手术方式也存在一定的风险性。

3.2.2 超声骨皮质切开术（piezocision） 超声骨皮质切开术的作用原理是利用超声骨刀在牙槽骨表面制造微小切口，通过局部骨组织的微损伤引发骨代谢加快和骨密度暂时降低，从而加速牙齿移动。PAOO技术结合超声骨皮质切开术是一种微创手术方式，利用超声骨刀在不翻瓣的情况下进行骨皮质切开，能够有效诱发RAP效应，加速牙齿移动。该技术手术时间短，创伤小，术后不适感轻，且保留了软组织的完整性。一项针对此项技术的相关研究结果显示^[12]，超声骨皮质切开术的切口仅有3 mm，因此患者对其的认可度更高。另一项针对传统翻瓣技术和超声骨皮质切开术的相关研究表明^[13]，二者在牙齿移动速度方面区别不大，且均能缩短正畸时间，对牙周组织的伤害性较小。手术耗时较短、术后的不适症状较少，无需进行翻瓣操作是超声骨皮质切开术的典型优势，但该项技术在切割和植骨位置准确度方面却存在明显缺陷，提示临床治疗中应综合考虑患者的实际情况。

3.2.3 微骨穿孔术（micro-osteoperforations, MOP） MOP是PAOO技术的一种改良方式，作用原理是通过在牙槽骨表面制造微小穿孔，引发局部骨组织的微损伤，从而激活区域加速现象，使骨代谢加快，骨密度暂时降低，加速牙齿移动。在操作中不仅无需翻瓣，只利用微型螺钉即可完成骨皮质的穿孔，还能最大限度减少术后不适症状，避免诱发相关并发症。一项针对此类技术在正畸治疗

中的应用研究结果显示^[14]，选择MOP手术的患者尖牙移动速度明显加快，且围手术期未发生任何强烈的不适症状和不良反应。另有学者的相关研究表明^[15]，MOP技术的应用能够在有效减少正畸时间的同时，加快牙齿移动速度。但这种方式却不能实施骨移植操作，且穿孔操作中，极易伤害到牙根尖。若患者的下颌骨皮质的厚度异常，还需要进行二次穿孔，致使费用和时间增加。

3.2.4 激光辅助骨皮质切开术（laser-assisted flapless corticotomy, LAFC） 激光辅助骨皮质切开术是PAOO技术中的一种新兴应用，利用激光的高精度切割能力进行骨皮质切开，能够有效诱发RAP效应，加速牙齿移动。LAFC在切口骨皮质的过程中，不仅能确保降低热损伤程度，还能对切口位置和深度进行准确把控，有助于提高患者在治疗过程中的舒适度。有学者通过研究指出^[16]，以LAFC为代表的翻瓣骨皮质切开术能够在有效提升牙齿移动速度的基础上，减轻患者的疼痛及不适感。一项针对LAFC与传统技术的对比研究表明^[17]，选择LAFC技术的患者在尖牙尚未移动之前，疼痛程度与不适感就明显下降，说明激光有着显著的镇痛效果。然而，牙齿正畸过程中选用LAFC技术虽然能够获得理想的疗效，但却需要合理调整激光强度。

3.2.5 3D手术导板 PAOO技术结合3D手术导板的应用是近年来的创新方向，主要利用计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）技术，结合患者术前的影像学检查结果，精确设计并制造出个性化的手术导板。在牙齿正畸过程中，借助计算机辅助导板能够保证切口位置的定位准确性，因此，目前在临床中的应用较多^[18]。在超声骨皮质切开术的操作过程中，有效融合三维打印的计算机技术，结合患者术前的影像学检查结果，合理制作和应用手术导板，不仅能够保证切口位置、角度和深度定位的精确性，还有助于缩短手术时间，并在一定程度上减少手术操作风险，避免感染、出血等并发症的发生。一项针对计算机辅助导板技术的相关研究结果显示^[19]，利用该项技术实施手术操作能够将偏差发生的可能性降到最低，有效提升牙齿正畸治疗的安全性。但在操作中，计算机散发的热量很可能对牙槽骨



或黏膜组织造成伤害,因此,需要在手术导向器上添加引流管,同时使用盐水冲洗。借助这项技术,口腔医师在切割骨皮质较厚区域时,也能尽量避免伤害牙根,减少不良反应的发生^[20]。

4 总结与展望

PAOO技术是一种有效融合正畸治疗与牙周手术的新型技术,也是成人牙齿正畸的首选方法。相比于传统的牙齿正畸质量,PAOO在促进牙齿移动和缩短治疗周期的优势较为理想。在成人正畸治疗中,应用PAOO技术能够在最短的时间内,获取最理想的治疗效果,且该项技术还能最大限度地保证牙周、牙根等口腔组织的健康和稳定。然而,通过实践应用发现,PAOO在费用和创伤性方面也有着一定的局限性,如PAOO的费用要远高于传统牙齿正畸;PAOO会给患者造成创伤,可能存在一定的手术风险。但PAOO技术所具备的优势依然受到许多患者和医护人员的认可。如何在确保治疗效果和缩短治疗时间的基础上,尽最大努力减少手术创伤,降低手术风险,是未来研究的主要方向。相信未来PAOO技术会逐渐发展成熟,并扩大应用范围,降低费用,为患者提供更加安全有效的服务,为牙齿畸形的成年人带来希望。

【参考文献】

[1]王浩儒,周守恒.PAOO技术加速正畸治疗的研究进展[J].大连医科大学学报,2024,46(4):352-356.

[2]Jiang J,Wu J,Yu W,et al.Comparative evaluation of periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) versus traditional camouflage orthodontic treatment in adult patients with skeletal class III malocclusion[J].BMC Oral Health,2024,24(1):1479.

[3]Mari R,KR,Valiathan M,J AF,et al.Accelerating the Orthodontic Treatment Using Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics (PAOO):A Periodontic-Orthodontic Interrelationship[J].Cureus,2024,16(6):e62216.

[4]白银,张孝霞,朱艺丹.牙周辅助成骨加速正畸治疗下颌骨前牙槽区骨开裂和开窗患者中的应用[J].现代口腔医学杂志,2024,38(5):341-345.

[5]江静.掩饰性正畸联合上颌PAOO术治疗成人骨性III类错

殆的临床疗效研究[D].杭州:浙江中医药大学,2024.

[6]郑燕莲.比较牙周辅助加速成骨正畸与常规正畸治疗对患者牙周健康的影响[J].辽宁医学杂志,2023,37(4):82-85.

[7]张佳喻,刘娜,李金阳,等.牙周显微外科在牙周加速成骨正畸中的效果评价[J].上海口腔医学,2024,33(5):523-528.

[8]谢玉峰.牙周辅助加速成骨正畸在临床治疗中的应用[J].中华口腔医学杂志,2021,56(10):978-982.

[9]张浩筠,阳婷,胡文杰,等.重度牙周炎伴前牙反殆的牙周-正畸-种植联合治疗效果观察(附1例8年随访报告)[J].中国实用口腔科杂志,2023,16(6):656-663.

[10]胡青.PAOO在成人骨性III类错殆术前正畸治疗中的应用[J].临床口腔医学杂志,2022,38(7):444-446.

[11]Wu J,Xu L,Li C,et al.Exploration of key factors in Gingival Crevicular fluids from patients undergoing Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics(PAOO)using proteome analysis[J].BMC Oral Health,2023,23(1):934.

[12]陈斌,闫福华.牙周辅助加速成骨正畸治疗:历史、原理、临床应用和展望[J].口腔疾病防治,2023,31(1):2-9.

[13]饶玮芳.PAOO在正畸治疗中对探诊出血指数及菌斑指数的改善效果[J].名医,2023(22):24-26.

[14]胡青,陈国新,宋静,等.PAOO在成人骨性III类错殆术前正畸治疗中的应用[J].临床口腔医学杂志,2022,38(7):444-446.

[15]王海红.牙周加速成骨正畸的研究进展及系列病例报告[D].南昌:南昌大学医学部,2022.

[16]杨雨卉,黄一平,李巍然.骨皮质切开加速正畸牙齿移动对牙根吸收的影响[J].北京大学学报(医学版),2021,53(2):434-437.

[17]李炎利,李素梅,刘进聪,等.牙周辅助加速成骨正畸治疗对正畸治疗患者牙周状态和炎性因子的影响[J].中外医学研究,2021,19(29):1-4.

[18]陈雪婷.PAOO辅助关闭下颌第一磨牙间隙的临床研究[J].中国美容医学,2022,31(12):98-103.

[19]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.

[20]刘茵,朱莉,孙鹏.PAOO加速正畸牙移动对患者牙周组织中炎性细胞因子表达的影响[J].临床口腔医学杂志,2022,38(11):680-683.