

骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响的 Meta 分析

沈皓¹ 张驰² 韩旻轩² 陆晓庆³ 周愉³ 周莉丽⁴

¹南京医科大学口腔医学院,南京医科大学口腔疾病研究与防治国家级重点实验室培育建设点,江苏省口腔转化医学工程研究中心,南京 210029; ²南京医科大学附属口腔医院口腔正畸科,南京医科大学口腔疾病研究与防治国家级重点实验室培育建设点,江苏省口腔转化医学工程研究中心,南京 210029; ³南京医科大学附属口腔医院教学办公室,江苏省口腔转化医学工程研究中心,南京 210029; ⁴南京医科大学附属口腔医院牙体牙髓病科,南京医科大学口腔疾病研究与防治国家级重点实验室培育建设点,江苏省口腔转化医学工程研究中心,南京 210029

通信作者:周莉丽,Email:zhoulili625@njmu.edu.cn

【摘要】目的 通过比较现有相关文献中骨皮质切开术辅助正畸治疗后和常规正畸治疗后牙根吸收的差异,分析骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收的影响。**方法** 检索PubMed、Embase、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、万方数据知识服务平台和中国生物医学文献服务系统(检索时间从2000年1月1日至2024年1月27日),查找有关骨皮质切开术对正畸治疗后牙根吸收影响的临床随机对照试验。采用RevMan 5.4.1和Stata 18软件对纳入研究进行质量评估、数据录入和Meta分析。**结果** 根据纳入标准,筛选检索文献,最终共纳入12篇文献进行后续的Meta分析。结果显示,采用骨皮质切开术辅助正畸治疗的研究组相比采用常规正畸治疗的对照组,治疗后的牙根吸收量减少[WMD=-0.14,95% CI=(-0.23,-0.04),Z=2.86,P=0.004,I²=47%],差异具有统计学意义。通过亚组分析探究结果的异质性来源,显示骨皮质切开术是否翻瓣是研究间异质性的主要来源。按照拔牙情况和牙位进行亚组分析显示各亚组间差异无统计学意义。**结论** 采用骨皮质切开术辅助正畸治疗能有效减少正畸治疗后的牙根吸收。

【关键词】 骨皮质切开术; 正畸治疗; 牙根吸收; Meta分析

基金项目:南京医科大学2023年度教育研究课题(2023ZC061)

引用著录格式:沈皓,张驰,韩旻轩,等.骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响的Meta分析[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2024,18(3):175-184.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.03.006

The effect of corticotomy on root resorption in orthodontic treatment: A meta analysis

Shen Hao¹, Zhang Chi², Han Minxuan², Lu Xiaoqing³, Zhou Yu³, Zhou Lili⁴

¹School of Stomatology, Nanjing Medical University; State Key Laboratory Cultivation Base of Research, Prevention and Treatment for Oral Diseases, Nanjing Medical University; Jiangsu Province Engineering Research Center of Stomatological Translational Medicine, Nanjing 210029, China; ²Department of Orthodontics, Affiliated Hospital of Stomatology, Nanjing Medical University; State Key Laboratory Cultivation Base of Research, Prevention and Treatment for Oral Diseases, Nanjing Medical University; Jiangsu Province Engineering Research Center of Stomatological Translational Medicine, Nanjing 210029, China; ³Teaching Office, Affiliated Hospital of Stomatology, Nanjing Medical University; Jiangsu Province Engineering Research Center of Stomatological Translational Medicine, Nanjing 210029, China; ⁴Department of Endodontics, Affiliated Hospital of Stomatology, Nanjing Medical University; State Key Laboratory Cultivation Base of Research, Prevention and Treatment for Oral Diseases, Nanjing Medical University; Jiangsu Province Engineering Research Center of Stomatological Translational Medicine, Nanjing 210029, China

Corresponding author: Zhou Lili, Email: zhoulili625@njmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To analyze the effect of corticotomy on root resorption in orthodontic treatment by comparing the differences between corticotomy assisted orthodontic treatment and conventional orthodontic treatment in the existing studies. **Methods** PubMed, Embase, Web of Science, Cochrane Library, CNKI, Wanfang database and SinoMed were searched from January 1st, 2000 to January 27th, 2024 for randomized controlled trials on the effect of corticotomy on root resorption after orthodontic treatment. Quality assessment, data input and meta-analysis of the included studies were performed using RevMan 5.4.1 and Stata 18 software. **Results** According to the inclusion criteria, a total of 12 studies were included for the meta-analysis. The results showed that corticotomy assisted orthodontic treatment manifested the decrease in root resorption [WMD = -0.14, 95% CI = (-0.23, -0.04), Z = 2.86, P = 0.004, I² = 47%], compared with the control group receiving conventional orthodontic treatment, and the difference was statistically significant. Subgroup analysis was carried out to explore the source of heterogeneity, indicating that flap surgery was the main source of heterogeneity. There was no statistical difference between subgroups according to tooth extraction condition and tooth position. **Conclusion** Root resorption can be effectively reduced after corticotomy assisted orthodontic treatment.

【Key words】 Corticotomy; Orthodontic treatment; Root resorption; Meta analysis

Fund program: Education research project of Nanjing Medical University in 2023(2023ZC061)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.03.006

正畸治疗一般需要持续1~3年,平均疗程为2年左右,时间跨度较大^[1]。如何缩短治疗周期,找到稳定安全的加速牙齿移动的方法一直以来都是正畸医生追求的目标^[2]。骨皮质切开术作为研究时间较长、临床运用较多的一种加速牙齿移动的方法,近年来受到越来越多的关注。其常见术式包括进行翻瓣操作的传统骨皮质切开术、骨皮质切开联合植骨的牙周加速成骨技术(periodontally accelerated osteogenic orthodontics, PAOO),以及不翻瓣的微创手术如使用超声骨刀辅助的骨皮质切开术(Piezocision)、直接透过黏膜对骨皮质进行穿孔的骨微穿孔技术(micro-osteoperforation, MOP)等^[3]。目前已有大量研究证明骨皮质切开术可以显著增加正畸过程中牙齿的移动速度以达到缩短正畸治疗周期的目的,但其安全性及对牙体和牙周组织造成的影响仍有待进一步的探索。牙根吸收是正畸治疗中最常见的医源性并发症之一,受到患者自身因素、治疗相关因素等多种因素的影响^[4]。有关骨皮质切开术对正畸治疗后牙根吸收的影响国内外现有研究并未得出统一的结论^[5]。有研究认为,实施骨皮质切开术加速正畸过程会增加正畸治疗后的牙根吸收^[6],但也有研究持相反观点,认为骨皮质切开术有助于减少正畸治疗后的牙根吸收^[7]。本研究采用Meta分析的方法,对国内外公开发表的有关文献(检索时间从2000年1月1日至2024年1月27日)进行综合分析,比较骨皮质切开术辅助的正畸

治疗和常规正畸治疗后牙根吸收的差异,为明确骨皮质切开术对于正畸治疗后牙根吸收的影响提供依据。

资料与方法

一、纳入与排除标准

1. 研究类型:实验设计为随机对照试验(randomized controlled trial, RCT),包括自身分口(split-mouth)随机对照试验或平行随机对照试验。

2. 研究对象:纳入研究的研究对象须为牙周组织健康、精神状况良好的患者。

3. 干预措施:研究组患者在正畸加力前接受常规骨皮质切开术或改良的骨皮质切开术如PAOO、Piezocision和MOP等以加速正畸过程。对照组为接受骨皮质切开术患者的对侧未接受手术同名牙或未接受骨皮质切开术患者的同牙位牙齿,且正畸治疗方式与研究组相同。

4. 结局指标:结局指标为骨皮质切开术辅助正畸治疗和常规正畸治疗后牙根吸收的长度,通过在正畸治疗前后采用锥形束CT(cone beam computed tomography, CBCT)测量牙齿长度(牙齿切缘到根尖)或牙根长度(牙颈部到根尖)进行评估,本研究中统一使用毫米作为度量单位。

二、文献检索策略

计算机检索PubMed、Embase、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、万方数据知识服务平台

及中国生物医学文献服务系统。检索时间从2000年1月1日起至2024年1月27日,只检索英文和中文文献。英文检索词:corticotomy、corticision、piezocision、piezopuncture、periodontally accelerated osteogenic orthodontics、PAOO、micro osteoperforation、MOP、root resorption、root absorption、external resorption、root shortening 和 root length。中文检索词:骨皮质切开、超声骨刀辅助、加速成骨正畸、微骨穿孔、根吸收、根尖外吸收、牙根缩短和牙根长度。检索策略结合了主题词和自由词,使用布尔运算符(AND、OR)组合相关检索词。

三、文献筛选方法

本研究筛选过程由两位作者分别独立进行,若出现意见不一致的情况则由第三位作者进行裁定。从数据库中获取文献后,首先使用Endnote X9软件查找重复文献,然后人工通过标题、作者和研究年份进行二次筛选去除所有重复研究,通过阅读标题和摘要初步去除不符合本研究主题的文献。余下文献进行全文阅读,严格按照纳入排除标准进行最终筛选。

四、文献质量评价与数据提取

本研究中两位作者独立对文献进行质量评价和数据提取,如意见不一致则讨论至解决或与第三位研究者讨论解决。采用Cochrane风险偏倚评估工具对纳入的随机对照研究进行质量评价。资料提取内容由研究者共同分析讨论决定,其中包括:第一作者姓名、发表年份、实验设计、样本例数、患者年龄、观察时间、拔牙情况、研究牙齿类型、干预措施和牙根吸收长度。

五、统计学处理方法

采用RevMan 5.4.1和Stata 18软件对纳入文献的相关数据进行Meta分析。以加权均数差(weighted mean difference, WMD)和95%可信区间(confidence interval, CI)作为效应指标,其中WMD以毫米为单位,与结局指标相一致。采用 I^2 检验评估纳入研究的异质性, $I^2 < 25%$ 被认为是不存在明显异质性,采用固定效应模型; I^2 大于25%、50%和75%分别对应低度、中度和高度异质性,采用随机效应模型。通过敏感性分析对结果的稳定性进行评价,即逐一剔除研究后判断是否对整体结果造成显著影响。采用漏斗图及Egger's检验判断发表偏倚。统计结果的解读将结合临床实际意义进行,以提供可靠的结论。

结 果

一、文献检索结果

通过系统检索多个数据库得到775篇文献。随后,根据研究类型、研究对象、干预措施和结局指标等进行逐层筛选,最终纳入12篇文献^[8-19]进行后续的Meta分析。具体的检索和筛选流程如图1所示。

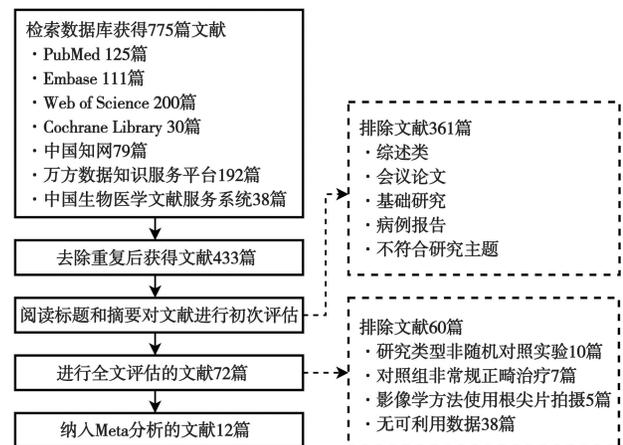


图1 骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响Meta分析的文献筛选流程图

二、纳入文献的基本特征

本研究纳入的所有研究均为随机对照研究,共纳入439例患者。纳入的12篇文献的基本特征包括第一作者姓名、发表年份、实验设计、样本例数、患者年龄和观察时间等详细信息见表1;此外,后续根据具体的干预措施、拔牙情况及研究牙齿类型对文献进行亚组分类,以便更深入地探讨不同因素对牙根吸收的影响,具体分类依据如表2所示。

三、纳入文献的质量评价

使用Cochrane风险偏倚评估工具对文献进行质量评价。整体而言,本研究纳入的文献质量较高,在随机化、盲法、数据完整性和选择性报告结果等方面表现出较低的风险偏倚。具体的质量评价结果如图2所示,其中图2A对每篇文献的具体偏倚风险进行汇总评价,图2B展示各项偏倚风险的比例分布。

四、Meta分析结果

提取纳入研究的12篇文献中的数据进行分析^[8-19],异质性检验显示 $I^2 = 47%$,研究间存在低度异质性,采用随机效应模型进行合并分析,结果显示骨皮质切开辅助正畸组牙根吸收量小于常规正畸治疗组,差异具有统计学意义[WMD = -0.14,

表1 12篇骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响相关研究的基本特征

作者	发表年份	实验设计	样本例数		年龄(岁)		观察时间	
			研究组	对照组	研究组	对照组	研究组	对照组
Alkasaby等 ^[8]	2022年	平行对照RCT	10	10	18.0±1.1	18.0±1.1	6个月	9个月
Alkebsi等 ^[9]	2018年	自身分口对照RCT	32	-	19.26±2.48	19.26±2.48	3个月	3个月
Bakr等 ^[10]	2023年	自身分口对照RCT	14	-	20.4±2.5	20.4±2.5	3个月	3个月
Chandorikar等 ^[11]	2023年	平行对照RCT	26	26	21.35±2.2	21.35±2.2	(5.34±1.10)个月	(6.01±1.55)个月
Hatrom等 ^[12]	2020年	平行对照RCT	12	11	19.27±3.38	20.83±3.64	(122.74±3.06)天	(122.74±3.06)天
Joseph等 ^[13]	2022年	自身分口对照RCT	11	-	19±4.21	19±4.21	4个月	4个月
Mousa等 ^[14]	2023年	平行对照RCT	23	23	20.39±2.27	20.26±2.17	(6.13±1.81)个月	(9.68±3.24)个月
Ravi等 ^[15]	2021年	自身分口对照RCT	15	-	18~26	18~26	90天	90天
Raza等 ^[16]	2021年	自身分口对照RCT	10	-	18~25	18~25	5.7个月	7.1个月
Sirri等 ^[17]	2021年	平行对照RCT	26	26	21.30±1.49	21.46±1.76	(207.12±11.02)天	(265.34±13.14)天
Thomas等 ^[18]	2021年	自身分口对照RCT	30	-	22.1±2.19	22.1±2.19	90天	90天
付腾飞等 ^[19]	2019年	平行对照RCT	10	10	23.5±3.42	22.3±3.31	24周	24周

注:RCT为随机对照试验;“-”为无数据。

表2 12篇骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响相关研究亚组分类的依据指标

作者	发表年份	干预措施		拔牙情况	研究牙齿类型
		研究组	对照组		
Alkasaby等 ^[8]	2022年	MOP(不翻瓣,上颌第一磨牙远中垂直排列制造3个微骨穿孔,深度为5 mm,孔间距约3 mm)	常规正畸治疗	未拔牙	上颌第一磨牙
Alkebsi等 ^[9]	2018年	MOP(不翻瓣,上颌尖牙远中垂直排列制造3个微骨穿孔,孔直径为1.5 mm,深度为3~4 mm,孔间距约5 mm)	常规正畸治疗	上颌第一前磨牙拔除	上颌尖牙
Bakr等 ^[10]	2023年	激光微创骨皮质切开术(不翻瓣,使用激光在尖牙近中和远中分别切割出3个圆孔,深度为3 mm,孔间距为2 mm)	常规正畸治疗	上下颌第一前磨牙拔除	上下颌尖牙
Chandorikar ^[11]	2023年	MOP(不翻瓣,上下颌所有前牙间及尖牙远中打孔,每个部位垂直排列制造3个微骨穿孔,孔直径为1.6 mm,深度为5 mm)	常规正畸治疗	上下颌第一前磨牙拔除	上下颌前牙
Hatrom等 ^[12]	2020年	Piezocision(不翻瓣,在尖牙唇侧近中和远中切开骨皮质)	常规正畸治疗	上颌第一前磨牙拔除	上颌前牙
Joseph等 ^[13]	2022年	MOP(不翻瓣,在第一前磨牙的拔牙间隙中距尖牙和第二前磨牙等距离处制造3个微骨穿孔,孔直径为1.5 mm,深2~3 mm)	常规正畸治疗	上下颌第一前磨牙拔除	上下颌前牙
Mousa等 ^[14]	2023年	MOP+Piezocision(不翻瓣,第一次手术时在皮质骨上制造一系列微骨穿孔,直径为1 mm,深度1~2 mm,孔间距约为1.5 mm。2个月后采用超声骨刀在颊侧进行第二次骨皮质切开术,切口高度为8 mm,宽1 mm,深2~3 mm,切口间距为2 mm)	常规正畸治疗	未拔牙	上颌侧切牙
Ravi等 ^[15]	2021年	Piezocision(不翻瓣,在尖牙的近中和远中作小切口后,使用超声骨刀透过切口进行骨皮质切开)	常规正畸治疗	上颌第一前磨牙拔除	上颌尖牙
Raza等 ^[16]	2021年	翻瓣后作骨皮质垂直切开或穿孔(上颌侧切牙近中至上颌第二前磨牙近中全层切开翻瓣,在牙槽嵴下方2 mm垂直切开骨皮质或穿孔)	常规正畸治疗	上颌第一前磨牙拔除	上颌尖牙
Sirri等 ^[17]	2021年	Corticision(不翻瓣,在两侧下颌侧切牙和尖牙之间以及下颌中切牙之间,通过锤击刀柄使刀片穿透牙龈直达皮质骨,作3个垂直微创切口,高度为4~5 mm,深度为3~4 mm)	常规正畸治疗	未拔牙	下颌前牙
Thomas ^[18]	2021年	MOP(不翻瓣,在上颌尖牙的近中和远中制造3个垂直排列的微骨穿孔,孔间距为3 mm)	常规正畸治疗	上颌第一前磨牙拔除	上颌尖牙
付腾飞等 ^[19]	2019年	MOP(不翻瓣,在下颌第一磨牙缺牙区近第二磨牙处制造3个垂直排列的微骨穿孔,深度为2 mm)	常规正畸治疗	下颌第一磨牙拔除	下颌第二磨牙

95% CI = (-0.23, -0.04), Z = 2.86, P = 0.004], 如图3。按照骨皮质切开术是否进行牙龈翻瓣操作分组进行亚组分析,采用随机效应模型进行合并,结果显示不翻瓣骨皮质切开术辅助正畸组牙根吸收量小于常规正畸治疗组,差异具有统计学意义[WMD = -0.09,

95% CI = (-0.16, -0.02), Z = 2.49, P = 0.01]; 翻瓣骨皮质切开术辅助正畸组牙根吸收量小于常规正畸治疗组,差异具有统计学意义[WMD = -0.29, 95% CI = (-0.38, -0.20), Z = 6.48, P < 0.001]。同时,异质性检验显示两组内 I² 降低为 0%, 组间 I² = 91.8%, P <

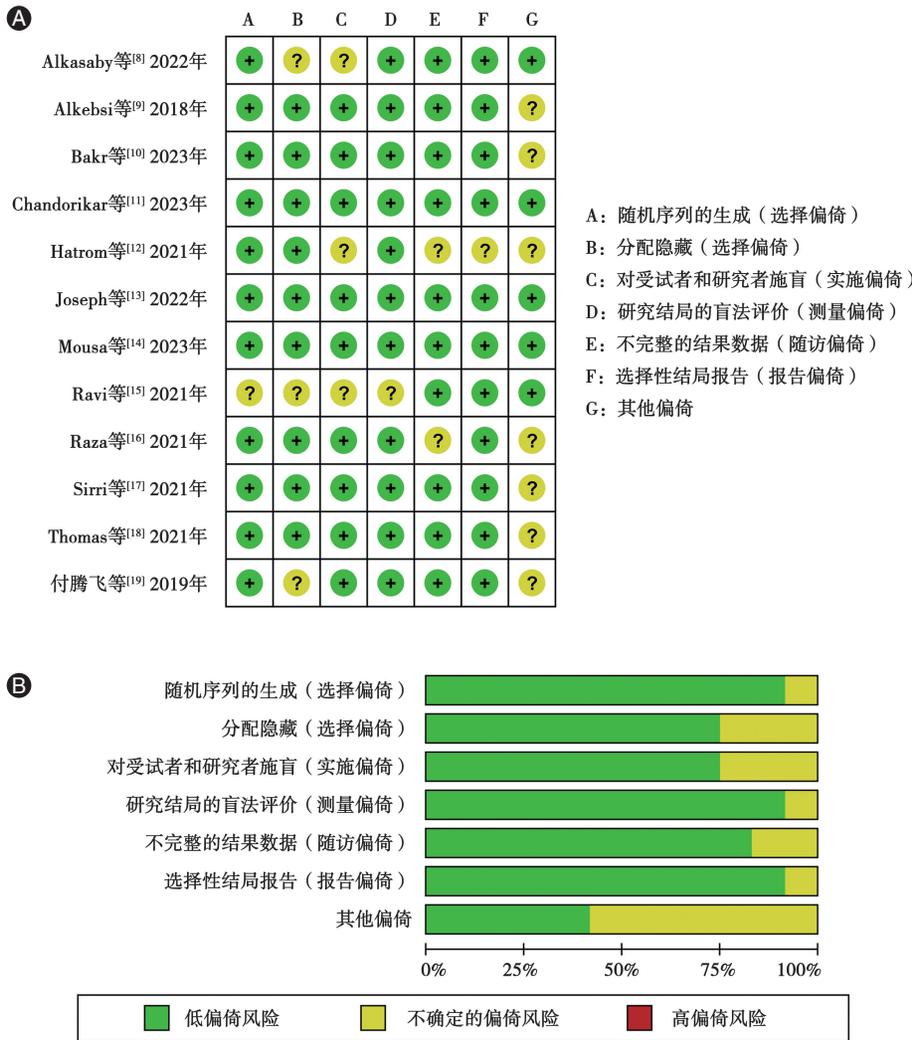


图2 12篇骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响相关研究的质量评价图 A: 偏倚风险汇总评价; B: 偏倚风险比例分布。

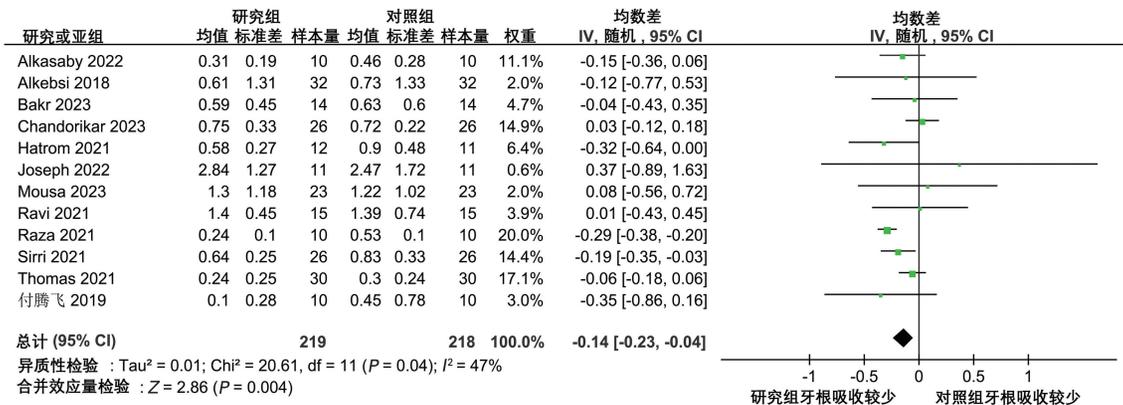


图3 骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响的 Meta 分析森林图

0.001,提示骨皮质切开术是否进行翻瓣操作是造成研究间异质性的显著影响因素,如图4。此外,按照是否拔牙以及不同牙位进行亚组分析,结果显示按这两种方法分组,组间I²均为0%,亚组间无明显差异,如图5~6。

五、敏感性和发表偏倚分析

对研究结果进行敏感性分析,逐个剔除研究后合并效应值,与原效应值无显著变化,且95% CI均小于0,显示骨皮质切开辅助正畸组牙根吸收量小于常规正畸治疗组,差异有统计学意义,证明本研

究结果稳定可靠,如图7。通过漏斗图检验本研究纳入文献的发表偏倚,结果显示图形基本对称,如图8。进一步采用Egger's检验,指标P>|d|为0.302>0.05,说明不存在明显的发表偏倚,见表3。

讨论

正畸牙齿移动(orthodontic tooth movement, OTM)的过程是通过牙周膜和牙槽骨的重塑来驱动的^[3]。在正畸力的刺激下,这些重塑活动和牙齿移位的过程也伴随着牙周膜和牙槽骨中炎症过程的

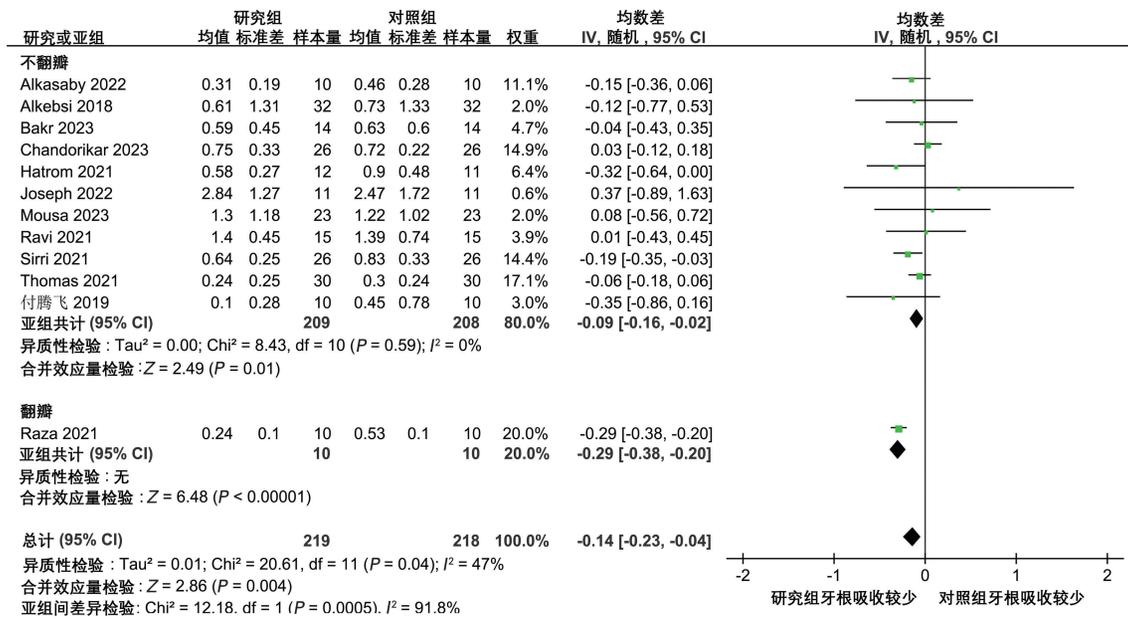


图4 骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响基于手术是否翻瓣的亚组分析森林图

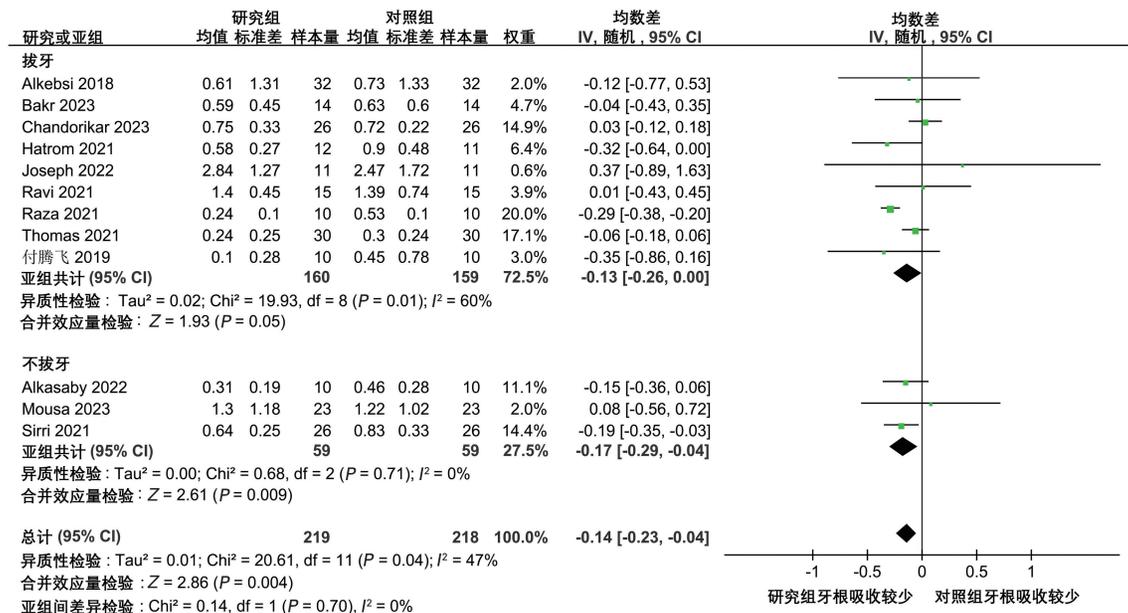


图5 骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响基于拔牙情况的亚组分析森林图

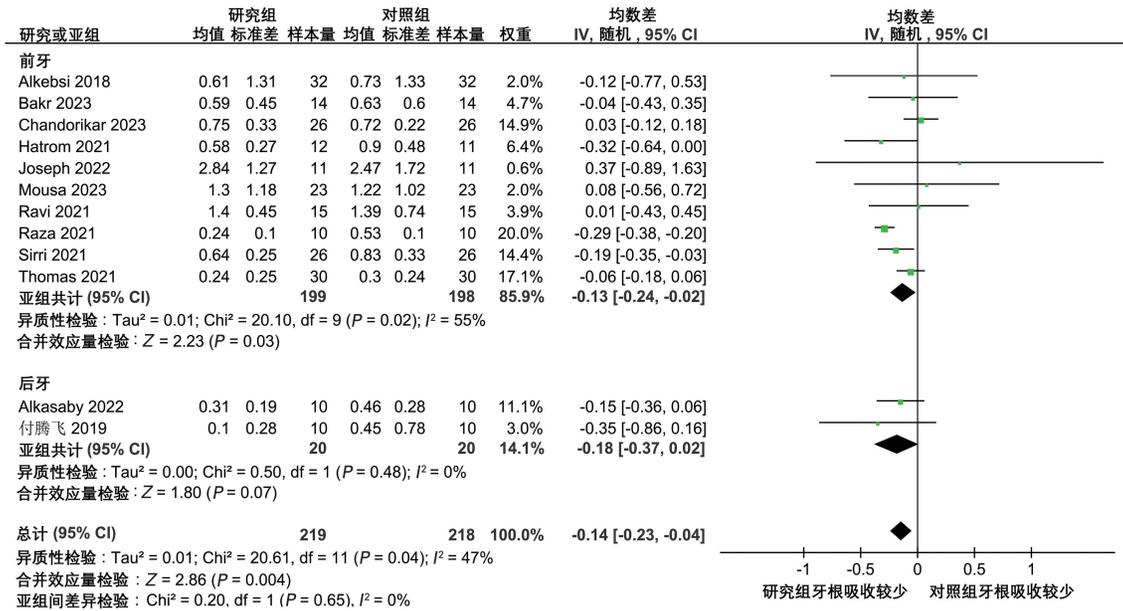


图6 骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响基于牙齿类型的亚组分析森林图

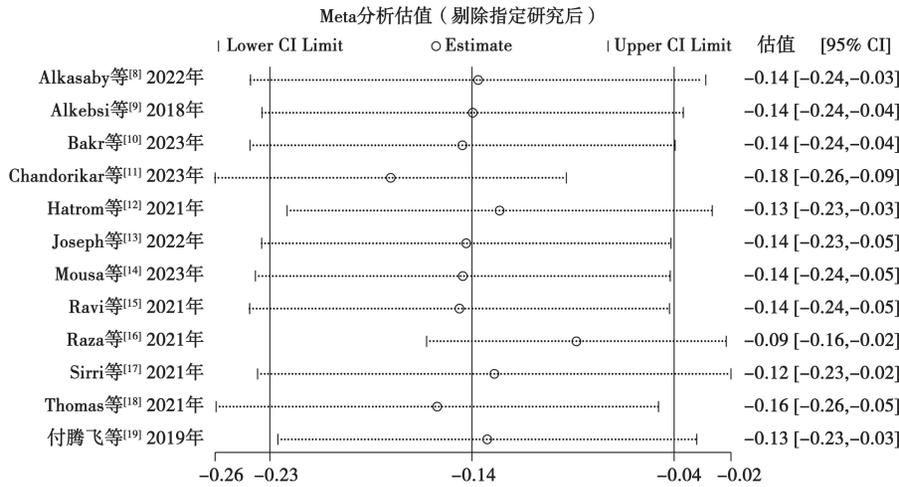


图7 12篇骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响相关研究的敏感性分析图

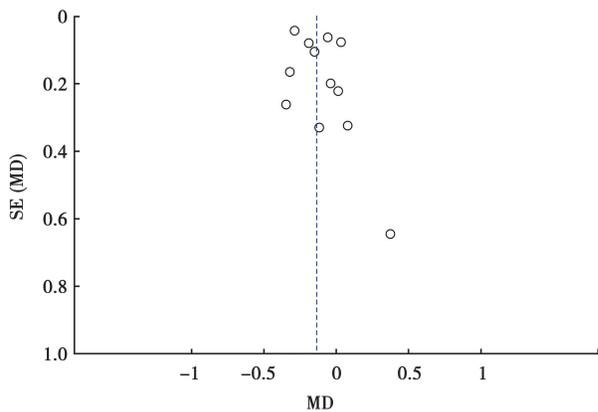


图8 12篇骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响相关研究的发表偏倚漏斗图

表3 12篇骨皮质切开术对正畸治疗牙根吸收影响相关研究的发表偏倚 Egger's 检验

标准效应	r	se	t 值	P > t	95% CI
斜率	-0.23	0.06	-3.49	0.01	[-0.37, -0.08]
偏倚	0.72	0.66	1.09	0.30	[-0.76, 2.20]

发生^[20]。许多正畸医生认为正畸引起的炎性牙根吸收 (orthodontically induced inflammatory root resorption, OIIRR) 是 OTM 过程中不可避免的病理后果, 在组织学检查中, 经过正畸治疗的牙齿几乎 100% 都存在这种情况^[21]。OIIRR 的原因尚不明确, 但通常认为这个复杂的炎症过程涉及多种因素, 如

正畸的机械力、牙根形态、牙槽骨、牙周膜、牙骨质和某些已知的生物递质^[22]。2001年, Wilcko等^[23]提出骨皮质切开后快速牙移动的理论基础与区域加速现象(regional acceleratory phenomenon, RAP)有关。目前观点认为,手术激活RAP与局部炎症的反应增强存在关联,这些炎症因子的存在能够诱导RAP,降低OTM时骨的阻力^[24]。而牙根吸收本身也是一种炎症反应过程,这种加速牙齿移动手术引起的局部炎症状态在牙根吸收的发生和恶化中发挥着核心作用^[25-26]。与此同时,骨皮质切开术能加速正畸过程中的牙齿移动,显著缩短正畸的治疗时间,有助于减少牙根吸收的观点也获得了广泛认可^[27-28]。此外,激活RAP还可对破骨细胞、破牙骨质细胞及破牙本质细胞的分化、功能产生作用,对牙根吸收具有多重影响^[29]。综合来看,骨皮质切开术对牙根吸收会造成复杂的影响,目前学界对此尚无确切结论,因此迫切需要对现有研究进行总结分析,以便提供具有更高可信度的证据。

本研究采用Meta分析的方式,经过严格的文献检索筛选以及质量评价后,最终纳入12篇随机对照研究^[8-19],分析结果显示骨皮质切开术辅助的正畸治疗组相比于传统的正畸治疗组,正畸后的牙根吸收长度减少,差异有统计学意义[WMD=-0.14, 95% CI=(-0.23, -0.04), Z=2.86, P=0.004],表明在正畸治疗前实施骨皮质切开术可以有效减少正畸导致的牙根吸收。

正畸医生就外科手术加速牙移动展开探索至今已有100多年历史,近年来,正畸治疗中的骨皮质切开术也在不断地改进和完善。目前研究较多的术式主要包括经典的翻瓣骨皮质切开术,经过改良的PAOO技术,以及各类不翻瓣直接进行骨皮质切开或打孔的微创手术如Piezocision术、Corticision术和MOP等^[30]。不同术式的牙龈翻瓣、切开的形式均有所不同,存在一定的方法学异质性,对牙根吸收可能存在不同影响^[31]。本研究根据骨皮质切开术是否进行翻瓣操作分为不翻瓣亚组和翻瓣亚组,其中11项研究采用不翻瓣的微创手术进行骨皮质切开^[8-15, 17-19],具体术式包括Piezocision术、Corticision术、MOP和激光微创骨皮质切开术,1项研究进行的是翻瓣骨皮质切开术^[16]。两亚组结果均显示骨皮质切开术辅助的正畸治疗相比于传统正畸治疗能够减少正畸后的牙根吸收,差异有统计学意义。两组结果之间存在较为显著的差异,显示翻瓣骨皮质

切开辅助正畸治疗相比于不翻瓣骨皮质切开辅助正畸治疗,更有利于减少牙根吸收。在2016年Abbas等^[32]报道了1项随机对照临床试验,对翻瓣骨皮质切开术和不翻瓣的Piezocision术分别进行研究,结果显示两种手术方式辅助的正畸治疗与对照组的传统正畸相比,均能减少正畸后牙根吸收,与本研究结果相符,但两种手术方式辅助正畸治疗后的牙根吸收量无明显差异,与本研究结果不同。本研究中翻瓣骨皮质切开亚组仅纳入Raza等^[16]的1项研究,样本数量较少,且与Abbas等^[32]的研究相比,研究人群、具体的手术方式及后续正畸治疗的操作均有所不同,因此骨皮质切开术中翻瓣操作是否会对正畸后牙根吸收产生影响还有待更多的临床试验进行进一步研究,才能得出确切的结论。此外,翻瓣过程对患者创伤较大,相比于不翻瓣的微创骨皮质切开术可能造成更强烈的疼痛感和术后不适,但同时也有研究显示翻瓣操作刺激牙槽骨吸收,可以加速牙齿移动。总而言之,医生实施骨皮质切开术时需要充分考虑患者的诉求和接受程度,并综合考虑翻瓣术对于牙周组织的影响,谨慎决定采用翻瓣骨皮质切开术或是不翻瓣的微创骨皮质切开术。

现有研究显示,正畸治疗过程中是否拔牙和不同的牙位可能表现出不同的牙根吸收量^[21]。当正畸治疗包括拔牙时,牙齿移动的距离更大,这意味着施加更大的牵引力和更长的治疗时间,因此发生牙根吸收的风险也越大。同样的,不同牙位的牙齿在正畸时的移动距离和受力不同,且牙根数量和形貌也有一定区别,导致前牙相比后牙可能会产生更大的牙根吸收量^[33]。本研究中按照是否拔牙和前后牙位分类进行亚组分析,结果在两种分类方法下,均呈现出骨皮质切开辅助正畸治疗组牙根吸收量小于常规正畸治疗组的趋势,两种分类方式亚组间并无显著差异,但由于亚组中纳入研究较少,该结果还有待更多的研究证实。

本研究在制定纳入标准时已尽可能统一潜在的异质性因素,如在测量影像方面统一纳入采用可以三维成像、具有更高可视化水平的CBCT测量根尖吸收的研究,排除了可能受投照角度、牙槽骨影像重叠等因素影响的根尖片研究。在研究设计上,统一纳入随机对照试验,排除队列研究和病例对照研究等其他类型的研究以提高结果的可信度和减少研究间的异质性。然而各研究的条件不可能完全等同,仍存在其他能影响正畸后牙根吸收的因

素,例如:不同的正畸治疗类型^[34]、正畸力的类型和大小^[35]、治疗持续时间^[36]、患者年龄^[37]及骨皮质切开术介入的时机^[38]等,本文未能对其一一进行分析。此外,在实施骨皮质切开的手术过程中,医生采取的具体操作如施加部位、去骨量和切割深度等仍不可避免地存在区别。因此,未来需要样本量更大、质量更高的临床研究以及针对相关机制的基础研究,来探究在骨皮质切开术辅助正畸治疗过程中,对牙根吸收产生作用的潜在影响因素,以便医生更全面地评估患者是否有条件接受骨皮质切开术加速正畸治疗以及具体采用何种术式和操作方式,尽可能地减少正畸后牙根吸收的风险。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 沈皓:文献选择和论文撰写;张驰、周莉丽:设计研究,论文指导与修改;韩旻轩、陆晓庆、周愉:分析文献和数据处理

参 考 文 献

- [1] Tsihklaki 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. DOI: 10.1016/j.ajodo.2015.09.020.
- [2] Mavreas D, Athanasiou AE. Factors affecting the duration of orthodontic treatment: A systematic review [J]. *Eur J Orthod*, 2008, 30(4): 386-395. DOI: 10.1093/ejo/cjn018.
- [3] Nimeri G, Kau CH, Abou-Kheir NS, et al. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment—A frontier in orthodontics [J]. *Prog Orthod*, 2013, 14: 42. DOI: 10.1186/2196-1042-14-42.
- [4] Sameshima GT, Iglesias-Linares A. Orthodontic root resorption [J]. *J World Fed Orthod*, 2021, 10(4): 135-143. DOI: 10.1016/j.ejwf.2021.09.003.
- [5] Yassir YA, McIntyre GT, Bearn DR. Orthodontic treatment and root resorption: An overview of systematic reviews [J]. *Eur J Orthod*, 2021, 43(4): 442-456. DOI: 10.1093/ejo/cjaa058.
- [6] Chan E, Dalci O, Petocz P, et al. Physical properties of root cementum: Part 26. Effects of micro - osteoperforations on orthodontic root resorption: A microcomputed tomography study [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(2): 204-213. DOI: 10.1016/j.ajodo.2017.05.036.
- [7] Charavet C, Lecloux G, Bruwier A, et al. Localized piezoelectric alveolar decortication for orthodontic treatment in adults: A randomized controlled trial [J]. *J Dent Res*, 2016, 95(9): 1003-1009. DOI: 10.1177/0022034516645066.
- [8] Alkasaby AA, Shamaa MS, Abdelnaby YL. The effects of micro-osteoperforation on upper first molar root resorption and bone density after distalization by miniscrew - supported Fast Back appliance in adults: A CBCT randomized controlled trial [J]. *Int Orthod*, 2022, 20(1): 100611. DOI: 10.1016/j.ortho.2022.100611.
- [9] Alkebsi A, Al - Maaitah E, Al - Shorman H, et al. Three - dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with class II malocclusion: A randomized controlled clinical trial [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(6): 771-785. DOI: 10.1016/j.ajodo.2017.11.026.
- [10] Bakr AR, Nadim MA, Sedky YW, et al. Effects of flapless laser corticotomy in upper and lower canine retraction: A split-mouth, randomized controlled trial [J]. *Cureus*, 2023, 15(4): e37191. DOI: 10.7759/cureus.37191.
- [11] Chandorikar H, Bhad WA. Impact of micro-osteoperforations on root resorption and alveolar bone in en-masse retraction in young adults: A CBCT randomized controlled clinical trial [J]. *Int Orthod*, 2023, 21(1): 100714. DOI: 10.1016/j.ortho.2022.100714.
- [12] Hatrom AA, Howait MS, Zawawi KH, et al. Pulp volume changes after piezocision-assisted tooth movement: A randomized clinical trial [J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 28. DOI: 10.1186/s12903-020-01382-2.
- [13] Joseph A, Prashantha GS, Sabrish S, et al. Comparison of rate of tooth movement, root resorption and pulp vitality during en masse anterior retraction with micro - osteoperforation and low level laser therapy: A randomised clinical trial [J]. *J Clin Diagnostic Res*, 2022, 16(9): ZC31-ZC36. DOI: 10.7860/JCDR/2022/55298.16802.
- [14] Mousa MR, Hajeer MY, Burhan AS, et al. The effectiveness of minimally-invasive corticotomy-assisted orthodontic treatment of palatally impacted canines compared to the traditional traction method in terms of treatment duration, velocity of traction movement and the associated dentoalveolar changes: A randomized controlled trial [J]. *F1000Res*, 2023, 12: 699. DOI: 10.12688/f1000research.135338.1.
- [15] Ravi MS, Murali PS, Kumari V, et al. Radiographic and histochemical assessment of root resorption during canine retraction through piezocision site [J]. *Indian J Dent Res*, 2021, 32(4): 448-452. DOI: 10.4103/ijdr.IJDR_654_19.
- [16] Raza M, Sharma P, Kumar P, et al. Comparison of canine retraction by conventional and corticotomy-facilitated methods: A split mouth clinical study [J]. *J Orthod Sci*, 2021, 10: 9. DOI: 10.4103/jos.JOS_12_20.
- [17] Sirri MR, Burhan AS, Hajeer MY, et al. Evaluation of corticision-based acceleration of lower anterior teeth alignment in terms of root resorption and dehiscence formation using cone - beam computed tomography in young adult patients: A randomized controlled trial [J]. *Int Orthod*, 2021, 19(4): 580 - 590. DOI: 10.1016/j.ortho.2021.10.001.
- [18] Thomas S, Das SK, Barik AK, et al. Evaluation of physiodispenser assisted micro-osteoperforation on the rate of tooth movement and associated periodontal tissue status during individual canine retraction in first premolar extraction cases: A split - mouth randomized controlled clinical trial [J]. *J World Fed Orthod*, 2021, 10(3): 89-97. DOI: 10.1016/j.ejwf.2021.05.001.
- [19] 付腾飞,张瑞,杨璇璇,等.微骨穿孔加速下颌磨牙近移关闭久

- 失缺牙间隙的研究[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2019, 26(2):61-65. DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-5760.2019.02.001.
- [20] Yamaguchi M, Fukasawa S. Is inflammation a friend or foe for orthodontic treatment?: inflammation in orthodontically induced inflammatory root resorption and accelerating tooth movement[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(5):2388. DOI:10.3390/ijms22052388.
- [21] Bayir F, Bolat Gumus E. External apical root resorption after orthodontic treatment: Incidence, severity and risk factors[J]. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 2021, 15(2):100-105. DOI:10.34172/joddd.2021.017.
- [22] Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II : The clinical aspects[J]. *Angle Orthod*, 2002, 72(2):180-184. DOI:10.1043/0003-3219(2002)072<0180:Oiiirp>2.0.Co;2.
- [23] Wilcko WM, Wilcko T, Bouquet JE, et al. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: Two case reports of decrowding[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2001, 21(1):9-19.
- [24] Zhou Y, He X, Zhang D. Study of bone remodeling in corticotomy-assisted orthodontic tooth movement in rats[J]. *J Cell Biochem*, 2019, 120(9):15952-15962. DOI:10.1002/jcb.28872.
- [25] Asano M, Yamaguchi M, Nakajima R, et al. IL-8 and MCP-1 induced by excessive orthodontic force mediates odontoclastogenesis in periodontal tissues[J]. *Oral Dis*, 2011, 17(5):489-498. DOI:10.1111/j.1601-0825.2010.01780.x.
- [26] Yamaguchi M, Ukai T, Kaneko T, et al. T cells are able to promote lipopolysaccharide-induced bone resorption in mice in the absence of B cells[J]. *J Periodontol Res*, 2008, 43(5):549-555. DOI:10.1111/j.1600-0765.2008.01083.x.
- [27] Motokawa M, Sasamoto T, Kaku M, et al. Association between root resorption incident to orthodontic treatment and treatment factors[J]. *Eur J Orthod*, 2012, 34(3):350-356. DOI:10.1093/ejo/cjr018.
- [28] Maués CPR, Nascimento RR, Vilella OV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors[J]. *Dental Press J Orthod*, 2015, 20(1):52-58. DOI:10.1590/2176-9451.20.1.052-058.oar.
- [29] 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):434-436+封3. DOI:10.19723/j.issn.1671-167X.2021.02.034.
- [30] 许丽琦, 张晨星, 林军. 正畸骨皮质切开术加速牙移动机制的研究进展[J]. 口腔医学, 2021, 41(5):450-455. DOI:10.13591/j.cnki.kqyx.2021.05.013.
- [31] 王思雨, 王震东, 严斌. 牙周骨皮质切开术式的研究进展[J]. 华西口腔医学杂志, 2018, 36(2):220-225. DOI:10.7518/hxkq.2018.02.020.
- [32] 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. DOI:10.1016/j.ajodo.2015.09.029.
- [33] Samandara A, Papageorgiou SN, Ioannidou-Marathiotou I, et al. Evaluation of orthodontically induced external root resorption following orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): A systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Orthod*, 2019, 41(1):67-79. DOI:10.1093/ejo/cjy027.
- [34] Iglesias-Linares A, Sonnenberg B, Solano B, et al. Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners[J]. *Angle Orthod*, 2017, 87(1):3-10. DOI:10.2319/02016-101.1.
- [35] Aras B, Cheng LL, Turk T, et al. Physical properties of root cementum: Part 23. Effects of 2 or 3 weekly reactivated continuous or intermittent orthodontic forces on root resorption and tooth movement: A microcomputed tomography study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2012, 141(2):e29-e37. DOI:10.1016/j.ajodo.2011.07.018.
- [36] Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: Periapical vs panoramic films[J]. *Angle Orthod*, 2001, 71(3):185-189. DOI:10.1043/0003-3219(2001)071<0185:Aorrrar>2.0.Co;2.
- [37] Levander E, Malmgren O, Stenback K. Apical root resorption during orthodontic treatment of patients with multiple aplasia: A study of maxillary incisors[J]. *Eur J Orthod*, 1998, 20(4):427-434. DOI:10.1093/ejo/20.4.427.
- [38] 轩东英. 促进正畸治疗的牙周手术策略[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(7):448-454. DOI:10.3760/cma.j.cn112144-20200507-00248.

(收稿日期:2024-04-11)

(本文编辑:王嫚)