

正畸根尖区牙根外吸收的风险因素及其临床处理建议的专家共识

李煌¹ 武秀萍² 黄兰³ 徐晓梅⁴ 康娜⁵ 韩向龙⁶ 李宇⁶ 赵宁⁷ 江凌勇⁸ 谢贤聚⁹
郭杰¹⁰ 李志华¹¹ 莫水学⁵ 刘楚峰¹² 胡江天¹³ 施洁琚¹⁴ 曹猛¹⁵ 胡炜¹⁶ 曹阳¹⁷
宋锦璘³ 汤旭娜¹⁸ 白丁⁶

1. 南京大学医学院附属口腔医院正畸科, 南京 210009;
2. 山西医科大学口腔医院正畸科, 太原 030001; 3. 重庆医科大学附属口腔医院正畸科, 重庆 400016;
4. 西南医科大学附属口腔医院正畸科, 泸州 646000;
5. 广西医科大学附属口腔医院正畸科, 南宁 530021;
6. 口腔疾病研究国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院正畸科, 成都 610041;
7. 上海交通大学附属第九人民医院口腔正畸科, 上海 200011;
8. 上海交通大学附属第九人民医院口腔颌面科, 上海 200011;
9. 首都医科大学附属北京口腔医院正畸科, 北京 100050;
10. 山东大学口腔医学院正畸科, 济南 250012; 11. 南昌大学附属口腔医院正畸科, 南昌 330006;
12. 南方医科大学口腔医院 广东省口腔医院正畸科, 广州 510280;
13. 昆明医科大学口腔医学院正畸科, 昆明 650504;
14. 浙江大学医学院附属口腔医院正畸科, 杭州 310006;
15. 空军军医大学口腔医学院正畸科, 西安 710032;
16. 北京大学口腔医学院·口腔医院正畸科, 国家口腔医学中心, 国家口腔疾病临床医学研究中心,
口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心, 北京 100081;
17. 中山大学光华口腔医学院正畸科, 广州 510055;
18. 南京大学医学院附属口腔医院高级专家诊疗科, 南京 210009

[摘要] 根尖区牙根外吸收(EARR)是口腔正畸治疗中最常见的风险之一,难以预测,且不能完全避免。正畸EARR的风险因素目前尚不明确,一般可分为患者相关因素和治疗相关因素。正畸治疗中发生的EARR通常可在影像学检查时发现。轻、中度EARR通常无明显危害,可密切关注,谨慎正畸;若发生重度EARR,则建议先暂停正畸加力,观察3个月,等待牙骨质的修复。为进一步规范和提高临床医生对正畸EARR的认识,本文邀请了全国20余位口腔正畸及相关领域专家,基于文献分析与讨论,制定出此共识,为正畸临床提供参考。

[关键词] 根尖区牙根外吸收; 正畸治疗; 专家共识

[中图分类号] R 783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2022.06.002



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

[收稿日期] 2022-06-27; **[修回日期]** 2022-07-22

[基金项目] 四川大学华西口腔医学院研究发展项目(LCY2019-2; RD-03-202108); 江苏省自然科学基金(SBK2021021787); 南京市卫生健康委员会专项资金重点项目(ZKX20048)

[作者简介] 李煌,教授,博士, E-mail: lihuang76@nju.edu.cn

[通信作者] 白丁,教授,博士, E-mail: baiding@scu.edu.cn

External apical root resorption in orthodontic tooth movement: the risk factors and clinical suggestions from experts' consensus Li Huang¹, Wu Xiuping², Huang Lan³, Xu Xiaomei⁴, Kang Na⁵, Han Xianglong⁶, Li Yu⁶, Zhao Ning⁷, Jiang Lingyong⁸, Xie Xianju⁹, Guo Jie¹⁰, Li Zhihua¹¹, Mo Shuixue⁵, Liu Chufeng¹², Hu Jiangtian¹³,

Shi Jiejun¹⁴, Cao Meng¹⁵, Hu Wei¹⁶, Cao Yang¹⁷, Song Jinlin³, Tang Xuna¹⁸, Bai Ding⁶. (1. Dept. of Orthodontics, Nanjing Stomatological Hospital, Medical School of Nanjing University, Nanjing 210009, China; 2. Dept. of Orthodontics, Stomatological School of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China; 3. Dept. of Orthodontics, Stomatological School of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China; 4. Dept. of Orthodontics, The Affiliated Stomatological Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; 5. Dept. of Orthodontics, College of Stomatology, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 6. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Orthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 7. Dept. of Orthodontics, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai JiaoTong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 8. Dept. of Oral and Cranio-Maxillofacial Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai JiaoTong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 9. Dept. of Orthodontics, Beijing Stomatological Hospital, Capital Medical School, Beijing 100050, China; 10. Dept. of Orthodontics, School of Stomatology, Shandong University, Jinan 250012, China; 11. Dept. of Orthodontics, Affiliated Stomatological Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China; 12. Dept. of Orthodontics, Stomatological Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510280, China; 13. Dept. of Orthodontics, Stomatological School of Kunming Medical University, Kunming 650504, China; 14. Dept. of Orthodontics, Stomatological Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310006, China; 15. Dept. of Orthodontics, Stomatological School of Airforce Military Medical University, Xi'an 710032, China; 16. Dept. of Orthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Center of Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Research Center for Oral Biomaterials and Digital Diagnostic Equipment, Beijing 100081, China; 17. Dept. of Orthodontics, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510055, China; 18. Dept. of Specialist Clinic, Nanjing Stomatological Hospital, Medical School of Nanjing University, Nanjing 210009, China)

Supported by: Reserach and Development Program of West China Hospital of Stomatology (LCY2019-2; RD-03-202108); Natural Science Foundation of Jiangsu (SBK2021021787); Key Project of Nanjing Municipal Health Commission (ZKX20048). Correspondence: Bai Ding, E-mail: baiding@scu.edu.cn.

[Abstract] External apical root resorption is among the most common risks of orthodontic treatment, and it cannot be completely avoided and predicted. Risk factors causing orthodontic root resorption can generally be divided into patient- and treatment-related factors. Root resorption that occurs during orthodontic treatment is usually detected by radiographical examination. Mild or moderate root absorption usually does no obvious harm, but close attention is required. When severe root resorption occurs, it is generally recommended to suspend the treatment for 3 months for the cementum to be restored. To unify the risk factors of orthodontic root resorption and its clinical suggestions, we summarized the theoretical knowledge and clinical experience of more than 20 authoritative experts in orthodontics and related fields in China. After discussion and summarization, this consensus was made to provide reference for orthodontic clinical practice.

[Key words] external apical root resorption; orthodontic treatment; experts' consensus

牙根吸收包括牙根外吸收和牙根内吸收，而正畸引起的牙根吸收一般是特指由不同压力刺激导致的根尖区牙根外吸收（external apical root resorption, EARR）。在正畸治疗过程中，EARR是最为常见的风险之一，也是一直困扰口腔正畸医生的棘手问题，难以预测，且不能完全避免^[1-3]。EARR具有显著的组织学和影像学特征，在组织学上正畸治疗中90%的牙齿都会发生EARR；在影像学上，正畸治疗中48%~66%的牙齿会发生轻到

中度的EARR（小于2 mm或小于牙根长度1/3的牙根吸收），而1%~5%的牙齿会发生重度EARR（大于4 mm或超过牙根长度1/3的牙根吸收）^[2]。在不同的研究中，EARR的发生率存在差异^[4]，这和EARR的评估标准及所采用的影像学手段相关。

目前，对于引起正畸EARR的具体病因和发病机制仍然不是十分清楚。正畸EARR是由于多种因素的相互作用而致，它们不仅受遗传和环境的影响，同时也存在着很大的个体差异性。正畸

EARR的风险因素一般可以分为患者相关因素和治疗相关因素两大类。本共识在查阅大量文献的基础上,由国内20余位口腔正畸及相关领域的专家讨论,对正畸EARR的生物学基础、影像学诊断、风险因素、预后等方面进行了总结,提出了对应的临床建议,以期减少正畸临床治疗中EARR的发生风险。

1 正畸EARR的发病及转归机制

EARR是牙骨质和牙本质丧失的病理过程。正畸引起的EARR是由牙齿移动所致的无菌性炎症所致。受压区域发生无菌性坏死,组织学大多表现为玻璃样变(无细胞区)^[5]。在正常的力学刺激下,牙周膜玻璃样变区域会逐渐被清除,甚至消失;但在过大的应力刺激下或异常状况下,则会发生牙骨质和牙本质的破坏,根尖区的牙根最终发生外吸收。有研究^[6]表明,对于牙根未发育完全、根尖孔未闭合的牙齿,由于血运较为丰富,EARR的风险较低;但同时研究^[6]报道根管治疗的牙齿也不易发生EARR,其原因仍不清楚。

一旦去除正畸力后,绝大部分EARR都会停止。如果仅有表层的牙骨质吸收,多会发生牙骨质表面的新生,后期可以实现完全的修复重建;如果是牙骨质和表层的牙本质都发生吸收,在后期也可由新生的牙骨质进行修复,修复后的牙根外形基本和原来形态一致;但如果是根尖区所有硬组织都发生吸收,牙根长度便会变短,无法完全修复,此时则发生不可逆的EARR,其修复仅在牙骨质层发生。但目前牙骨质从吸收变为修复的过程及其相关的信号调控机制仍不清楚^[7]。

临床建议:当在正畸临床发现EARR后,可以暂停正畸加力,从生物学上等待牙骨质的修复。对正畸前已存在EARR的牙齿,应避免重力,减少玻璃样变的发生。轻度EARR能实现完全修复,中到重度的EARR无法完全修复。

2 正畸EARR的诊断手段

正畸EARR可以通过传统的X线技术(全景片或根尖片)、锥形束CT(cone beam computed tomography, CBCT)、扫描电镜、组织病理切片等手段来进行诊断。CBCT可以提供牙根吸收的三维信息,而根尖片或全景片仅提供二维信息,且可重复性差。然而CBCT存在花费高、放射剂量相

对较高的问题,因此根尖片仍可用于牙根吸收的甄别和追踪。组织切片法和扫描电镜一般用于动物实验。

文献^[7]表明,正畸治疗前10%的牙齿就存在EARR,且大多数发生在中切牙。因此,正畸治疗前有必要筛查已经出现的EARR。CBCT对于EARR的敏感性约为89%,而根尖片对于EARR的敏感率为68%,临床存在大约20%的漏诊率^[8],如单独发生在唇侧或腭侧根尖区域的牙根外吸收。同时有研究^[2,9]表明,正畸治疗6~12个月时牙根吸收的程度和治疗结束时牙根吸收的程度有一定相关性。

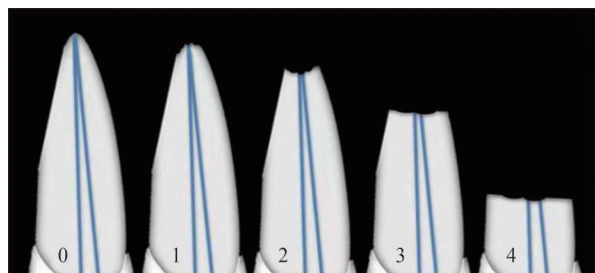
此外,利用一些生物标志物如白细胞介素1受体拮抗剂(interleukin 1 receptor antagonist, IL-1ra)、牙本质涎磷蛋白以及牙本质磷蛋白来对EARR进行分子诊断也是学者们积极探索的方向^[10-11]。由于目前在该领域的研究有限或者研究样本少,因此上述标志物还没有在临床上广泛用于正畸EARR的筛查和诊断。

临床建议:在正畸治疗前应拍摄全景片,必要时加拍CBCT或易感牙位的根尖片来诊断或筛查EARR的牙齿;对于易感人群或牙位,建议正畸治疗6~12个月后拍摄全景片或根尖片来判断有无EARR的发生。生物标志物目前还未常规用于EARR的临床筛查。

3 正畸EARR的好发牙位和程度分级

正畸EARR可发生于任何牙齿,最常发生于上颌切牙,其次为下颌切牙,在尖牙、前磨牙和磨牙也时有发生^[2]。不论是活髓牙,还是经过根管治疗的死髓牙,也不论年龄大小,均可能发生EARR。在根尖片上,正畸EARR一般可以分为轻(1~2度)、中(3度)、重度(4度)^[4]。轻度(1~2度):根尖区牙根轮廓不规则或牙根长度吸收小于2 mm;中度(3度):根尖区牙根长度吸收大于2 mm但小于牙根长度的1/3;重度(4度):根尖区牙根长度吸收大于4 mm或超过原有牙根长度的1/3(图1)。

随着CBCT技术的发展,EARR在三维影像上也开始进行分级^[12],一般用釉牙骨质界到根尖的体积来代表EARR的吸收量。轻度EARR是指牙根体积减少小于原有体积的10%,中度EARR是指牙根体积减少在10%~20%,严重EARR是指牙根体积减少超过原有体积的20%。



0度：牙根无吸收；1度：根尖区牙根轮廓不规则；2度：牙根长度吸收小于2 mm；3度：牙根长度吸收大于2 mm，但小于牙根长度的1/3；4度：严重的牙根吸收，吸收大于4 mm或超过牙根长度的1/3。

图1 EARR分级

Fig 1 EARR grade

4 正畸EARR的相关风险因素

引起正畸EARR的风险因素众多，但没有足够的证据表明哪些因素是确切的致病因素。尽管目前尚没有确认引起正畸EARR的独立风险因素，但这些因素又客观存在，相互作用。为了方便理解，学者们将这些因素主要分为两大类，即患者相关因素和治疗相关因素。

4.1 患者相关因素

患者相关因素包括以下内容。

1) 遗传因素：包括基因多态性、细胞因子和生长因子等，如白细胞介素1 β (interleukin 1 β) (+3954位点)的基因多态性和骨桥蛋白 (osteopontin, OPN) 与EARR有关^[13-14]。

2) 全身系统因素：包括全身性疾病（如过敏性哮喘或过敏性皮炎等）、激素影响以及肥胖因子（如趋化素）过载等^[15]，其原因可能与体内炎症因子升高相关。

3) 个体易感性：对于正畸患者，可以借鉴其父母、兄弟姐妹或者其他亲属正畸治疗后牙根吸收的情况。

4) 年龄和性别因素：尽管有研究认为年龄和性别与牙根吸收之间未发现结论性关联，然而临床观察到成人及女性发生牙根吸收的比率要大于青少年及男性。

5) 牙根的形态或状态异常：对于牙根圆钝、短小、形态异常以及有外伤史的牙齿，牙根吸收的发生率高。

6) 牙的部位：前牙较后牙具有更高的牙根吸收风险，特别是上颌中切牙。

7) 牙槽骨状态及根骨关系：牙槽骨的密度、

厚薄以及改建速率对牙根吸收的发生都有影响。根尖1/3牙槽骨更厚，缺乏弹性，较根中1/3更容易发生牙根吸收。牙槽骨菲薄的患者，牙齿移动的安全范围降低，当牙齿触碰到骨皮质时，也容易发生牙根吸收^[16]。一些骨性结构也会造成正畸牙根吸收。切牙管位于中切牙的后方，前牙内收时上颌中切牙可能会与切牙管致密的骨皮质抵触，从而发生牙根吸收^[17]。上颌磨牙和前磨牙在正畸移动时也要注意与上颌窦的位置关系。当牙根与上颌窦壁发生抵触时，也有牙根吸收的风险^[18]。此外，当牙与硬度较高的组织如骨岛接触时，也易导致牙根吸收^[19]。

8) 其他因素：目前多数研究表明初始覆盖、覆胎以及安氏分类与EARR发生的相关性较低，但也有研究^[20]表明开殆易导致牙根吸收，其原因可能是与牙齿缺乏咬合接触相关。

临床建议：正畸初诊时病史收集应详尽，以辅助判断EARR发生的风险；牙根形态或状态异常的牙齿EARR发生的易感性高；正畸治疗前，建议用CBCT来评估牙根状态和根骨关系，降低EARR风险；上颌中切牙牙根吸收发生率高，尤其是成年女性患者应特别关注。鉴于EARR影响因素众多，因此在正畸治疗前，应提前告知患者治疗中EARR的风险性。

4.2 治疗相关因素

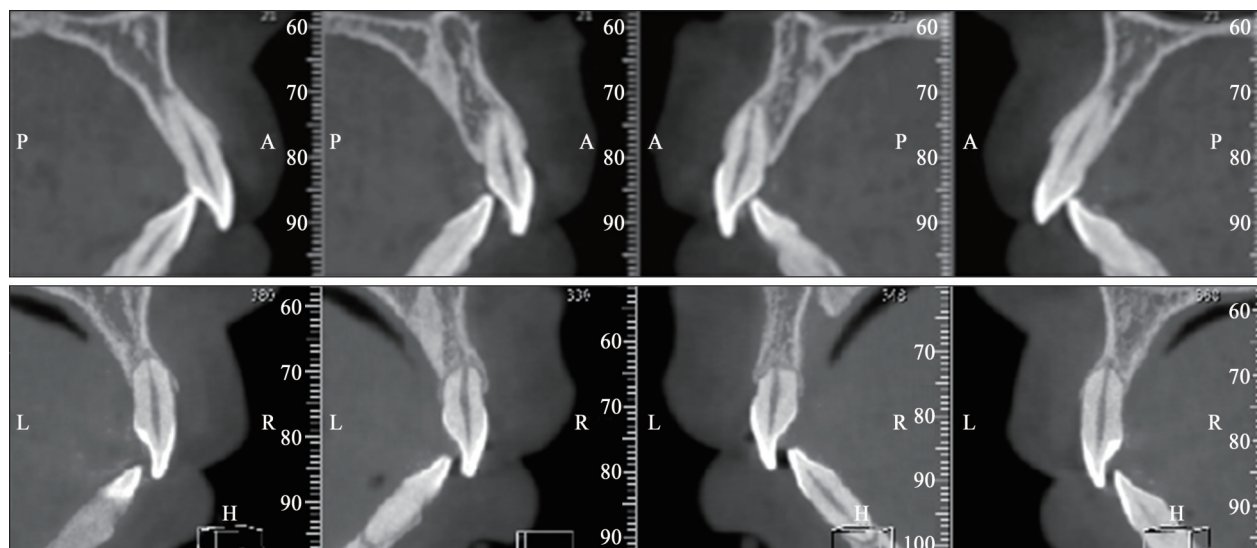
治疗相关因素包括以下内容。

1) 正畸力大小和类型（持续力或间歇力）：EARR随着正畸力的增大而加重，且持续力也较间歇力更容易造成EARR。对于间歇力，只要有力的暂停，牙骨质就可以修复，这有利于减少EARR的发生^[21]。

2) 生物力学：方丝摩擦力大，矫治力大，更易产生EARR；而圆丝摩擦力小，矫治力轻柔，EARR发生的可能性小^[22]。弹性牵引的类型与EARR的发生无明显相关性。

3) 牙齿移动方式（倾斜或整体移动，压低）：整体移动对牙根会产生压力，可引起牙根的表面吸收；倾斜移动压力集中在根尖区，更容易引起根尖区牙根外吸收^[23]。压低移动容易出现EARR^[24-26]，但一般在临床可接受的范围内。

4) 牙齿移动距离：上颌切牙根尖的水平向和垂直向移动的安全距离目前仍不清楚，但当上颌切牙需要大量内收和压低移动时，最易导致EARR^[27]（图2）。随着微种植钉的应用，在更大限度提高患者美观同时，也增加了EARR发生的风险。



上: 正畸治疗前; 下: 正畸治疗后。

图 2 1名27岁女性患者, 严重骨性Ⅱ类错殆畸形, 采用种植钉进行大范围内收, 正畸治疗36个月后上颌中切牙有重度牙根吸收, 侧切牙有中度牙根吸收。

Fig 2 A 27-year-old female with severe skeletal Class II malocclusion was treated with mini implants to extensively retract the anterior teeth. After 36 months of orthodontic treatment, she had severe root resorption in the bilateral maxillary central incisors and moderate root resorption in the lateral incisors

5) 正畸疗程长短: 随着正畸疗程时间的增加, EARR的风险也会有一定程度的增加^[28-29]。严重骨性畸形的正畸疗程长, EARR的风险会增加。

临床建议: 过大的正畸力、过长的疗程、超限的牙齿移动等都可能引起或加重EARR; 应提倡间歇力和轻力的使用。在正畸临床上, 合理的矫治目标设定能够在一定程度上降低EARR的风险。无论是哪种类型的牙齿移动, 当根尖区受到过大压力时, 就应该密切观察EARR是否发生。严重颌骨畸形的掩饰性正畸治疗牙齿移动范围大, 正畸疗程长, 会加重EARR发生的风险, 应当建议行正颌手术。

4.3 其他治疗相关因素

1) 矫治器类型。上述对于EARR的绝大多数研究都是基于固定矫治器, 而近年来透明隐形矫治器对于EARR的影响也引起了大家关注。对于透明隐形矫治器矫治牙齿移动范围小的非拔牙患者, EARR的发生风险要显著低于固定矫治器, 这和透明矫治器间歇力的施力方式相关^[30-33]。但对于透明隐形矫治器大范围移动牙齿, 如在拔牙病例中上颌前牙内收后引起的EARR, 仍缺乏相关临床研究。

2) 牙周辅助正畸手术 (peirodontally accelerated osteogenic orthodontics, PAOO)。PAOO是加速正畸牙移动常用的牙周手术, 它通过牙槽骨局部的创伤, 激活局部加速现象, 被证实可以加速牙齿移

动, 扩大牙齿移动的安全范围, 缩短正畸疗程, 因此PAOO被认为可能会减少EARR的风险。但PAOO造成的牙槽骨局部的创伤又加剧了局部炎症反应, 造成破骨细胞的激活, 因此也有学者认为其可能增加EARR风险。目前文献^[34-37]结论尚有矛盾, 需要更多高质量的临床研究来回答这一问题。

5 正畸EARR的药物治

近年来, 有学者^[38]发现某些药物, 如蔡丁美酮 (用于治疗急慢性关节炎)、阿仑膦酸钠 (用于治疗骨质疏松)、布洛芬、生长激素、低剂量美洛昔康 (非甾体类解热镇痛药)、辛伐他汀 (降血脂药物) 等都具有抑制或减少EARR的作用; 在动物实验中, 异维A酸、白藜芦醇可以减少大鼠牙移动过程中的EARR^[39-40]。此外, 还有文献^[41]报道, 在受到重力矫治的个体中, 氟化物对牙根具有保护作用。

临床建议: 上述这些药物为EARR的治疗提供了新思路, 但仍需更多的研究证据。

6 正畸EARR的预后

对于正畸治疗引起EARR的牙齿的预后, 有研究^[9]进行了10~25年的随访观察, 该研究发现正

畸治疗导致的EARR预后良好,能长期存在口腔,发挥正常功能。即使是重度EARR,牙齿的松动度仍然较小,且一般不会导致疼痛或敏感。这可能是因为正畸EARR是无菌性炎症导致,一旦正畸停止加力后,EARR会停止,且牙根会发生牙骨质的少许修复,这和牙周炎失牙的原理完全不同。但需要注意的是,对于发生EARR且根长小于10 mm的牙齿,牙齿松动度可能会随着时间而增加,必要时可行松牙固定术。此外,正畸治疗后发生EARR的牙齿应更加注意牙周健康维护,避免咬合创伤(如畸形舌侧尖)以及外力撞击。还有研究^[42]表明,当正畸治疗中发生EARR时,中断治疗3个月后EARR的牙齿和持续正畸治疗的EARR的牙齿相比,EARR的量明显减少。因此,暂停正畸加力,给予牙骨质修复的时间是非常有必要的。

临床建议:轻到中度的EARR一般不影响牙体健康,只需定期随访,无需特殊处理;重度EARR(尤其是牙根长度大于10 mm)的预后也较为肯定,可长期观察。正畸治疗中发生EARR后,建议暂停加力,休息3个月以利牙骨质修复。

7 从牙体牙髓病角度谈正畸EARR的治疗

牙根吸收在牙体牙髓病学上目前也并无统一

分类,有学者根据吸收病因和刺激因素等进行分类,其中较为公认的是Andreasen分类^[43],主要包括牙根外表面修复相关性吸收和牙根外表面感染相关性吸收等。其中,牙根外表面修复相关性吸收就和临床上不同刺激压力导致正畸EARR相对应。修复性相关吸收代表了牙周膜慢性损伤的愈合反应,与正畸治疗压力相关,其特征是当压力已经停止时就会自发愈合,是修复相关EARR的典型特征。由于其病理本质主要与牙周损伤相关,牙齿没有症状,牙髓通常有生命活力。因此对于牙髓具有活力的EARR患牙,仅需要消除创伤和/或压力,不需进行牙髓治疗或根尖手术。但是,当正畸力量过大影响根尖区血供,或其他伴随原因引起牙髓坏死,出现感染相关的吸收,临床诊断就需要更为慎重,要对牙髓活力进行明确的判断,如确定牙髓出现不可逆炎症,在消除创伤和/或压力同时要进行治疗。

8 正畸EARR的临床建议总结

正畸EARR虽然具有不可预测性和规避性,但如何将风险降到最低,让患者获益却是正畸医生不可推卸的责任。基于此,由20余位口腔正畸及相关领域专家共同提出正畸EARR的临床处理建议,制定出相应的处置流程(图3)。

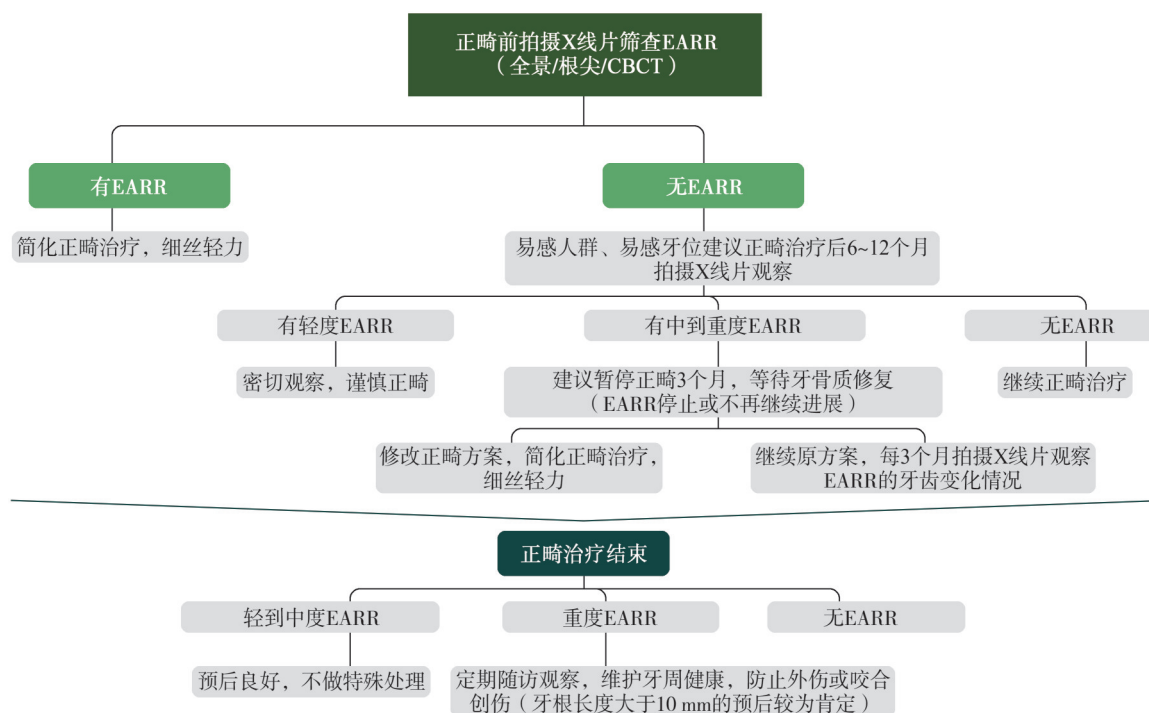


图3 正畸EARR的处置流程图

Fig 3 The guideline for managing orthodontically induced EARR

1) 正畸治疗中发生的EARR应提前告知患者及其家属,做到充分的知情同意。

2) 制定正畸方案时,要充分了解相关影响因素,考虑根骨关系和牙齿移动的解剖限制;在正畸治疗前合理设计,在正畸治疗过程中应注意轻力、间歇力的使用,避免根尖受力过大,尽量缩短疗程,避免超限正畸治疗。

3) 正畸治疗前应拍摄X线片对EARR进行筛查;对于易感人群或牙位,建议拍摄CBCT,并在正畸治疗6~12个月后再次拍摄X线片来判断有无EARR的发生。

4) 对于已发生正畸EARR的牙齿,应判断EARR的严重程度。一般轻度的EARR无需特殊处理;而对于中到重度的EARR,建议先暂停正畸治疗,休息3个月以利牙骨质进行修复;3个月后进行继续治疗的风险评估。当继续正畸治疗时,建议每3~6个月拍摄X线片,观察EARR牙齿的变化情况。必要时重新制定治疗目标和计划,遵循简化治疗的原则,对于已发生EARR牙齿要避免进行大范围移动。

5) 正畸EARR的牙齿大多属于无菌性炎症,预后良好。对于治疗结束后轻度EARR的牙齿无需特殊处理,中到重度EARR的牙齿应继续随访,注意牙周维护,定期监测牙齿的健康情况。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

[1] Weltman B, Vig KW, Fields HW, et al. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 137(4): 462-476.

[2] Sondejker CFW, Lamberts AA, Beckmann SH, et al. Development of a clinical practice guideline for orthodontically induced external apical root resorption[J]. *Eur J Orthod*, 2020, 42(2): 115-124.

[3] 白玉兴. 正畸治疗中的风险认识与风险管理[J]. *中华口腔医学杂志*, 2019, 54(12): 793-797.

Bai YX. Risk perception and management in orthodontic treatment[J]. *Chin J Stomatol*, 2019, 54(12): 793-797.

[4] 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.

[5] Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced in-

flammatory root resorption. Part I: the basic science aspects[J]. *Angle Orthod*, 2002, 72(2): 175-179.

[6] Iglesias-Linares A, Morford LA, Hartsfield JK Jr. Bone density and dental external apical root resorption[J]. *Curr Osteoporos Rep*, 2016, 14(6): 292-309.

[7] Feller L, Khammissa RA, Thomadakis G, et al. Apical external root resorption and repair in orthodontic tooth movement: biological events[J]. *Biomed Res Int*, 2016: 4864195.

[8] Yi JR, Sun YM, Li Y, et al. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Angle Orthod*, 2017, 87(2): 328-337.

[9] Jönsson A, Malmgren O, Levander E. Long-term follow-up of tooth mobility in maxillary incisors with orthodontically induced apical root resorption[J]. *Eur J Orthod*, 2007, 29(5): 482-487.

[10] Mandour KAA, Tawfeek MA, Montasser MA. Expression of biological markers in gingival crevicular fluid of teeth with orthodontically induced root resorption[J]. *J Orofac Orthop*, 2021, 82(5): 313-320.

[11] Tarallo F, Chimenti C, Paiella G, et al. Biomarkers in the gingival crevicular fluid used to detect root resorption in patients undergoing orthodontic treatment: a systematic review[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2019, 22(4): 236-247.

[12] Liu W, Shao JH, Li SF, et al. Volumetric cone-beam computed tomography evaluation and risk factor analysis of external apical root resorption with clear aligner therapy[J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(5): 597-603.

[13] Singh A, Gill G, Kaur H, et al. Role of osteopontin in bone remodeling and orthodontic tooth movement: a review[J]. *Prog Orthod*, 2018, 19(1): 18.

[14] Nowrin SA, Jaafar S, Ab Rahman N, et al. Association between genetic polymorphisms and external apical root resorption: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Korean J Orthod*, 2018, 48(6): 395-404.

[15] Ye Y, Fang L, Li J, et al. Chemerin/ChemR23 regulates cementoblast function and tooth resorption in mice via inflammatory factors[J]. *J Periodontol*, 2021, 92(10): 1470-1482.

[16] Li XY, Xu JC, Yin YY, et al. Association between root resorption and tooth development: a quantitative clinical study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2020, 157(5): 602-610.

[17] Matsumura T, Ishida Y, Kawabe A, et al. Quantitative

- analysis of the relationship between maxillary incisors and the incisive canal by cone-beam computed tomography in an adult Japanese population[J]. *Prog Orthod*, 2017, 18(1): 24.
- [18] 胡洪英, 杨雨楠, 王扬, 等. 上颌窦底与上颌第一磨牙正畸移动的相互影响研究[J]. *临床口腔医学杂志*, 2018, 34(9): 536-539.
- Hu HY, Yang YN, Wang Y, et al. Study on the interaction between the floor of maxillary sinus and maxillary first molar orthodontic movement[J]. *J Clin Stomatol*, 2018, 34(9): 536-539.
- [19] Sinnott PM, Hodges S. An incidental dense bone island: a review of potential medical and orthodontic implications of dense bone Islands and case report[J]. *J Orthod*, 2020, 47(3): 251-256.
- [20] Motokawa M, Terao A, Kaku M, et al. Open bite as a risk factor for orthodontic root resorption[J]. *Eur J Orthod*, 2013, 35(6): 790-795.
- [21] 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.
- [22] Theodorou CI, Kuijpers-Jagtman AM, Bronkhorst EM, et al. Optimal force magnitude for bodily orthodontic tooth movement with fixed appliances: a systematic review[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 156(5): 582-592.
- [23] Cuoghi OA, Aiello CA, Consolaro A, et al. Resorption of roots of different dimension induced by different types of forces[J]. *Braz Oral Res*, 2014, 28: S1806-S8324-2014000100231.
- [24] Bellini-Pereira SA, Almeida J, Aliaga-Del Castillo A, et al. Evaluation of root resorption following orthodontic intrusion: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Eur J Orthod*, 2021, 43(4): 432-441.
- [25] Akl HE, El-Beialy AR, El-Ghafour MA, et al. Root resorption associated with maxillary buccal segment intrusion using variable force magnitudes[J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(6): 733-742.
- [26] 丁雪芳, 周彦恒, 高雪梅. 微螺钉种植体支抗压低过长磨牙后的牙根吸收[J]. *临床口腔医学杂志*, 2020, 36(8): 490-492.
- Ding XF, Zhou YH, Gao XM. Apical root resorption of over-erupted maxillary molars after intrusion using mini-screw anchorage[J]. *J Clin Stomatol*, 2020, 36(8): 490-492.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] Currell SD, Liaw A, Blackmore Grant PD, et al. Orthodontic mechanotherapies and their influence on external root resorption: a systematic review[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 155(3): 313-329.
- [30] Fang XW, Qi R, Liu CF. Root resorption in orthodontic treatment with clear aligners: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2019, 22(4): 259-269.
- [31] Al-Zainal MH, Anvery S, Al-Jewair T. Clear aligner therapy may not prevent but may decrease the incidence of external root resorption compared to full fixed appliances[J]. *J Evid Based Dent Pract*, 2020, 20(2): 101438.
- [32] 郑小雯, 袁玲君, 李振霞, 等. 无托槽隐形矫治中牙根吸收的系统评价再评价[J]. *口腔医学*, 2020, 40(12): 1088-1093.
- Zheng XW, Yuan LJ, Li ZX, et al. The root resorption of clear aligner: an overview[J]. *Stomatology*, 2020, 40(12): 1088-1093.
- [33] Gandhi V, Mehta S, Gauthier M, et al. Comparison of external apical root resorption with clear aligners and pre-adjusted edgewise appliances in non-extraction cases: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Eur J Orthod*, 2021, 43(1): 15-24.
- [34] Wang CW, Yu SH, Mandelaris GA, et al. Is periodontal phenotype modification therapy beneficial for patients receiving orthodontic treatment? An American Academy of Periodontology best evidence review[J]. *J Periodontol*, 2020, 91(3): 299-310.
- [35] 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.
- Yang YH, Huang YP, Li WR. Effect of corticotomy techniques accelerating orthodontic tooth movement on root

- resorption[J]. J Peking Univ Heal Sci, 2021, 53(2): 434-436.
- [36] 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.
- [37] Gasparro R, Bucci R, De Rosa F, et al. Effectiveness of surgical procedures in the acceleration of orthodontic tooth movement: findings from systematic reviews and Meta-analyses[J]. Jpn Dent Sci Rev, 2022, 58: 137-154.
- [38] Makrygiannakis MA, Kaklamanos EG, Athanasiou AE. Effects of systemic medication on root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review of animal studies[J]. Eur J Orthod, 2019, 41(4): 346-359.
- [39] Graciano Parra AX, Batista Rodrigues Johann AC, Trindade Grégio Hardy AM, et al. Effect of isotretinoin on induced tooth movement in rats[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2021, 159(2): 193-201.
- [40] Xu L, Tan X, Bai S, et al. L-arginine protects cementoblasts against hypoxia-induced apoptosis through Sirt1-enhanced autophagy[J]. J Periodontol, 2021, doi: 10.1002/JPER.21-0473.
- [41] Kaklamanos EG, Makrygiannakis MA, Athanasiou AE. Does medication administration affect the rate of orthodontic tooth movement and root resorption development in humans? A systematic review[J]. Eur J Orthod, 2020, 42(4): 407-414.
- [42] Levander E, Malmgren O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study[J]. Eur J Orthod, 1994, 16(3): 223-228.
- [43] Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption: diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors[J]. Dent Traumatol, 2003, 19(4): 175-182.
- (本文编辑 李彩)

· 专家简介 ·



李煌, 主任医师、教授、博士研究生导师, 南京大学医学院附属口腔医院正畸科主任。兼任中华口腔正畸专业委员会常务委员, 中华口腔医学会颞下颌关节病学及颌学专业委员会常务委员, 江苏省第四届口腔正畸专业委员会主任委员。获江苏省“333高层次人才培养工程”第二层次培养对象、江苏省“六大人才高峰”高层次人才、江苏省卫生拔尖人才、江苏省卫生医学重点人才、南京市中青年学术带头人等称号。主持多项国家和省市级课题, 对力学作用下骨改建的机制进行了深入的研究。



白丁, 博士, 四川大学华西口腔医学院教授、博士研究生导师, 一级医学专家, 四川省卫生厅学术技术带头人。美国 Angle 正畸学会会员, 国际牙医师学院 (ICD) 院士, 中华口腔医学会正畸专业委员会副主任委员, 四川省口腔医学会正畸专业委员会主任委员等。长期从事口腔正畸学牙颌面畸形的防治机制、生物学与生物力学的研究, 在正畸与颜面审美、正畸中的数字化、青少年及成人正畸等方面有较多研究。先后主持国家自然科学基金项目, 科技部、教育部、四川省科技支撑重点项目等多项省部级科研项目, 并获国家科技部2018年度发展中国家技术培训班项目。获四川省科技进步一等奖 (排名第一)、教育部科技进步一等奖 (排名第二) 各1项, 以及其他省部级科研奖励、教学成果奖多项。主编、副主编等学术专著10余部。发表学术论文200余篇, 其中SCI收录80余篇。获国家发明专利与实用新型专利30余项, 转化3项。