

# 无托槽隐形矫治中的根吸收

夏露露<sup>1</sup> 华先明<sup>1,2\*</sup>

1. 武汉大学口腔医学院口腔基础医学省部共建国家重点实验室培训基地和口腔生物医学教育部重点实验室 湖北 武汉 430079; 2. 武汉大学口腔医院正畸二科 湖北 武汉 430079

**[摘要]** 无托槽隐形矫治器以其隐形、舒适、美观、卫生和可预测性而深受患者的欢迎。根吸收是正畸医生在临床中无法回避的问题。隐形矫治器与传统矫治器相比,虽然其技术优势明显,但根吸收仍不能避免。隐形矫治器属于个性化订制式可摘矫治器,矫治中的根吸收与传统矫治中的根吸收不尽相同。目前,隐形矫治器品牌众多,其材料组成和力学性能亦有差异。本文拟对无托槽隐形矫治过程中根吸收的研究现状和影响根吸收的因素进行综述,为无托槽隐形矫治的临床应用提供理论依据。

**[关键词]** 隐适美 无托槽隐形矫治 根吸收

**[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671—7651(2019)12—1115—04

**[doi]** 10.13701/j.cnki.kqxyj.2019.12.003

**Root Resorption of Clear Aligner Treatment.** XIA Lulu<sup>1</sup>, HUA Xianming<sup>1,2\*</sup>. 1. The State Key Laboratory Breeding Base of Basic Science of Stomatology and Key Laboratory of Oral Biomedicine Ministry of Education, School and Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Department of Orthodontics, Hospital of Stomatology, Wuhan University, Wuhan 430079, China.

**[Abstract]** Clear aligner is popular to patients for the advantages of invisibility, comfortability, aesthetics, hygiene, and predictability. Root resorption is an issue that orthodontists cannot avoid in clinical practice. Compared with conventional fixed appliances, aligners have obvious technical advantages, but their root resorption problems cannot be avoided. Clear aligner is a private custom-made removable appliance. Therefore, the root resorption in clear aligner treatment is not the same as that in the conventional fixed appliance treatment. The material and mechanical properties are different among aligners of different company. This article intends to review the researches about the root resorption in clear aligner treatment and the factors' analyses so as to provide a theoretical basis for the clinical application of clear aligners.

**[Key words]** invisalign clear aligner root resorption

根吸收是正畸医生在临床工作中的常见问题,目前对传统矫治技术根吸收的研究较多,并对根吸收的原因进行了较好地分析<sup>[1]</sup>。隐形矫治器与传统矫治器相比,虽然其技术优势明显<sup>[2]</sup>,但其根吸收的问题仍不能避免<sup>[3]</sup>。目前,隐形矫治器品牌众多,其材料组成和力学性能亦有差异,但隐适美是临床中最早使用、治疗并完成病例最多和根吸收研究最多的隐形矫治器。本文拟对无托槽隐形矫治中根吸收的研究现状和影响根吸收的因素进行综述,为无托槽隐形矫治的临床应用提供理论依据。

## 1 无托槽隐形矫治中根吸收的研究现状

目前,检查并评估根吸收的方法有拍摄根尖片<sup>[3]</sup>、曲面

断层片<sup>[4]</sup>、锥形束 CT (cone beam computed tomography, CBCT)<sup>[5]</sup>等。通过计算牙根吸收的量占原有牙根长度的比例来确定根吸收的严重程度:轻度吸收:吸收量占原有牙根长度的 0%~10%;中度吸收:吸收量占原有牙根长度的 10%~20%;重度吸收:吸收量占原有牙根长度的 20%以上<sup>[4,6]</sup>或吸收量达 4 mm 以上<sup>[1]</sup>。目前关于无托槽隐形矫治器在正畸治疗中牙根吸收的研究内容主要集中于发生率以及与传统固定矫治器的比较。

2013 年 Krieger 等<sup>[4]</sup>和 2017 年 Gay 等<sup>[6]</sup>应用隐适美矫治器治疗安氏 I 类伴前牙轻度拥挤的非拔牙病例,分别采用 Exceed30 和 Smart Track<sup>®</sup> 两种材料。通过曲面断层片测量治疗前后牙根长度的变化用以评估根吸收的发生率以及严重程度。Krieger 等<sup>[4]</sup>研究 100 例年龄 17~75 岁的患者,测量前牙和第一磨牙共计 1600 颗牙齿,发现每例患者平均有 7.36 颗牙齿发生根吸收;根吸收的发生率为 46%。其中,轻度吸收占 27.75%,中度吸收占 12%,严重吸收占

**基金项目** 武汉市科技局基金(编号:2015060101010052)

**作者简介** 夏露露(1992~),女,贵州人,硕士在读,研究方向:口腔正畸学。

\* 通信作者 华先明, E-mail: hxm@whu.edu.cn

6.3%。Gay等<sup>[6]</sup>研究71例患者,平均年龄(32.8±12.7)岁,测量前牙、上颌第一前磨牙和上颌第一磨牙共计1083颗牙齿,结果显示每例患者平均有6.38颗牙齿发生了根吸收;根吸收发生率为41.81%。其中,轻度吸收占25.94%(n=281),中度吸收占12.18%(n=132),严重吸收占3.69%(n=40)。2018年张哲玮等<sup>[7]</sup>同样采用曲面断层片评估隐适美矫治器治疗非拔牙病例牙根吸收发生率。评估方式采用治疗前后冠根比,研究150例患者,平均年龄26.73岁,测量第一磨牙和切牙共计1800颗牙齿。结果显示:每例患者平均(5.85±2.27)颗牙齿有根吸收,根吸收发生率为48.28%。其中,轻度吸收占31.89%(n=574),中度吸收占13.56%(n=244),重度吸收占2.83%(n=51)。以上3项研究的牙根吸收发生率基本一致。

2017年Iglesias-Linares等<sup>[8]</sup>采用曲面断层片评估隐适美矫治器与0.018英寸直丝弓矫治器(CEOSA DM, Madrid)治疗中上颌切牙牙根吸收发生率的差异,共研究372例患者,平均年龄(27.69±13.6)岁,结果显示隐适美矫治器与0.018英寸直丝弓矫治器牙根吸收发生率比较差异无统计学意义。2017年王冠等<sup>[9]</sup>及2018年Eissa等<sup>[10]</sup>利用CBCT测量牙根长度的变化,比较隐适美矫治器与传统矫治器在治疗安氏Ⅰ类伴轻度拥挤的非拔牙病例中牙根吸收程度的差异。王冠等<sup>[9]</sup>将56例样本随机分为两组:隐适美组(年龄:12~27岁)和MBT组(3M Victory Series™, USA,年龄:11~25岁)。利用NNT分析软件(NEWTOM, 意大利)在矢状面和冠状面测量上下颌切牙牙根长度(根尖到釉牙骨质界)。结果显示:隐适美组根吸收率在6个月时为47.3%,术后达到68.3%,MBT组则由6个月时的68.8%上升到术后的85.3%;在MBT组中根吸收超过3mm者占5.8%,超过4mm者占1.3%,而隐适美组中未见超过3mm者。Eissa等<sup>[10]</sup>将33例样本随机分为3组:隐适美组(Smart Track® San Jose, California, USA)、普通直丝弓托槽组(3M Unitek, California, USA)和Damon自锁托槽组(Ormco Corporation 1717 West Collins Avenue Orange, CA),患者平均年龄分别为(18.34±2.82)岁、(17.34±2.38)岁、(17.71±2.22)岁,将术前术后CBCT数据导入Dolphin软件(Dolphin imaging software version 11.8),在矢状平面测量上颌切牙切端到根尖的距离。结果显示隐适美组牙根长度减少0~1.4mm,平均(0.44±0.35)mm;Damon托槽组牙根长度减少0.1~2.3mm,平均(0.55±0.38)mm;普通托槽组牙根长度减少0~2.5mm,平均(1.04±0.67)mm。Eissa等<sup>[10]</sup>认为Damon自锁托槽与隐适美矫治器治疗后根吸收程度比较差异无统计学意义。但以上两位学者一致认为隐适美矫治器治疗后根吸收程度低于传统非自锁托槽。Yi等<sup>[11]</sup>于2018年证明非拔牙病例中隐形矫治器牙根吸收率[(5.13±2.81)%]低于0.022英寸直丝弓托槽矫治器[(6.97±3.67)%]。虽然文章并没有指出隐形矫治器类型,但也为评估无托槽隐形矫治的牙根吸收提供了临床依据。在王冠等<sup>[9]</sup>的研究中发现部分牙根长度

未减少,但在CBCT中见牙根存在颊舌侧或近远中侧的局部吸收或伴有局部骨吸收,可见通过CBCT对牙根的三维分析能够更全面地评估根吸收。提示临床中曲面断层片或根尖片上牙根长度无明显变化的病例,并不代表牙根无吸收。

目前隐形矫治中关于牙根吸收的研究较局限,牙齿不同移动方式、拔牙病例大量内收前牙等的牙根吸收情况均有待进一步研究。无托槽隐形矫治器作为一种新型高分子材料矫治器,通过计算机设计牙齿的移动,能精准控制牙齿的移动方式(倾斜移动或整体移动)或牙齿的移动操作(如伸长、压低、转矩、扭转等)。尽管对牙齿的各种操作在治疗后的表达效率并不完全相同<sup>[12]</sup>,但治疗前后牙齿的相对移动量均可测量。一般认为,拔牙病例前牙牙根更易发生重度吸收<sup>[13]</sup>。且上颌切牙在压低的同时伴根舌向转矩内收更易发生牙根吸收<sup>[14]</sup>。隐形矫治拔牙病例的关注点集中在拔牙间隙的关闭、支抗控制、牙齿的整体移动和前牙转矩控制等方面<sup>[15]</sup>。因此隐形矫治中关于牙根吸收情况的研究有待扩展。

## 2 隐形矫治中影响牙根吸收的相关因素

### 2.1 矫治力的大小

多项研究结果表明,隐形矫治根吸收的发生率和严重程度均低于传统固定矫治<sup>[9-11]</sup>。Align公司并未发布隐适美矫治器施加到牙齿上力值大小的相关数据,仅说明每一步矫治器移动牙齿0.25mm、根(或者冠)的舌向或颊向转矩1°以及牙齿的扭转矫正2°<sup>[16]</sup>。2014年Simon等<sup>[16]</sup>发表了隐适美矫治器在前牙转矩、扭转前磨牙及远移磨牙时的初始力矩值。其中前牙转矩时的初始力矩分别为7.9N·mm(应用power ridge)和6.7N·mm(应用附件);扭转前磨牙时的力矩值为8.8N·mm(有附件)和1.2N·mm(无附件);远移磨牙时初始力值为1N。也有研究发现隐适美矫治器的材料Exceed30在初始产生200g矫治力,在配戴48h后衰减至40g,然后即可维持此力值约2周<sup>[17]</sup>。隐适美矫治器可以维持大多数类型牙移动所需的最适力,且属于轻力(<100g)的范围,从而减少过大矫治力对根吸收的影响。因此隐适美隐形矫治中根吸收减少可能与其轻力有关<sup>[6,10]</sup>。

### 2.2 持续力与间歇力

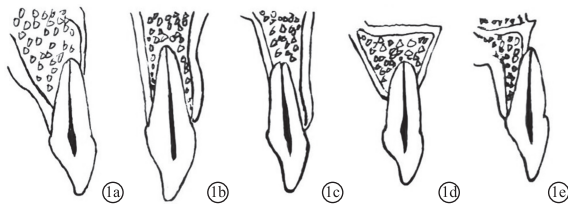
Sawicka等<sup>[18]</sup>及Aras等<sup>[19]</sup>的研究结果表明,持续力比间歇力更易引起根吸收。在传统固定矫治器中,弓丝引起牙齿倾斜移动的幅度较大,且更为持续和频繁,对根尖区施加更多压力,这将增加牙根吸收的风险<sup>[20]</sup>。隐形矫治中要求患者在饮食及刷牙时取下矫治器,矫治器施加间歇力,相对于传统固定矫治,引起牙齿倾斜移动的幅度较小以至根尖的移动较少<sup>[21]</sup>。且Iglesias-Linares等<sup>[8]</sup>提出与施加持续力的传统固定矫治器比较,施加间隙力的隐形矫治器更能控制力的大小。Ballard等<sup>[22]</sup>及Cheng等<sup>[23]</sup>均认为,与持续力比较,间歇力能够使牙根处在间歇期间发生牙骨质愈合,避免进一步的根吸收。因此无托槽隐形矫治器施加间歇力可能是根吸收减少的主要原因。

### 2.3 矫治时间

较长的正畸矫治时间具有更高更严重的根吸收风险,矫治时间直接影响根吸收的进展<sup>[24]</sup>。与传统固

定矫治相比,隐适美隐形矫治在非拔牙病例中的矫治时间缩短了 4.0~5.7 个月<sup>[25,26]</sup>。无托槽隐形矫治器由计算机辅助设计和辅助制造而成,能精确控制牙齿移动,避免牙齿因往返运动而延长矫治时间<sup>[11]</sup>。矫治时间的缩短也可能是隐形矫治中根吸收减少的原因。

2.4 牙根与骨皮质的位置关系 2018 年 Aman 等<sup>[27]</sup>进行回顾性研究,分析隐形矫治中可能与根吸收相关的因素。Aman 等<sup>[27]</sup>认为术后牙根与骨皮质位置关系为根吸收的潜在因素。Kan 等<sup>[28]</sup>将上颌前牙与骨皮质的位置关系分为 4 类(2011 年),而 Aman 等<sup>[27]</sup>将其增加到 5 类(图 1)。Aman 等<sup>[27]</sup>研究发现,术后牙根靠近腭侧骨皮质发生的根吸收所占百分比高于根靠近唇侧骨皮质,而术前牙根与骨皮质位置关系对牙根吸收无明显影响。在传统固定矫治中同样也有研究证实上颌前牙根吸收与正畸治疗中牙根到骨皮质的距离相关<sup>[29,30]</sup>。因此在进行隐形矫治设计时,术前通过对 CBCT 牙齿长轴截图测量并预估矫治后牙根与骨皮质的位置关系是很有必要的。



1a: 根部位于唇侧皮质骨板上;1b: 牙根位于牙槽骨中央, 根尖 1/3 未接触唇舌侧皮质骨板;1c: 根部位于舌侧皮质骨板上;1d: 至少 2/3 的牙根同时接触唇舌侧皮质骨板;1e: 牙根位于唇侧皮质骨板外

图 1 前牙牙根与皮质骨板在矢状面上的位置关系

Fig. 1 Positional relationship between the root of anterior tooth and cortical bone in sagittal plane.

2.5 错骀类型 Aman 等<sup>[27]</sup>认为,安氏 I 类矫治后根吸收发生率低于安氏 II 类,可能与矫治过程中牙齿移动量有关。但是,在其它类型(如安氏 III 类),并未见差异。Yi 等<sup>[11]</sup>的研究表明根吸收与错骀类型无明显关联。但在此项研究中,安氏 II 类和 III 类患者的数量仅占了 15%。两位学者的结果存在差异,可能与样本量有关。错骀类型在隐形矫治中是否影响根吸收需要后期更多的研究证实。

### 3 总结

以隐适美为代表的无托槽隐形矫治仍不能避免根吸收,但根吸收的发生率及严重程度均降低;轻力、间歇力和疗程短是无托槽隐形矫治中根吸收量减少和发生率降低的原因;牙根与骨皮质的位置关系为根吸收的潜在因素(正畸后牙根靠近腭侧骨皮质比靠近唇侧骨皮质的根吸收发生率高)。

### 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] Buschang PH, Shaw SG, Ross M, et al. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces

[J]. *Angle Orthod*, 2014, 84(3): 391-396.

[3] Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption following treatment with aligners [J]. *Angle Orthod*, 2008, 78(6): 1119-1124.

[4] Krieger E, Drechsler T, Schmidtman I, et al. Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study [J]. *Head Face Med*, 2013, 9: 21.

[5] Deng Y, Sun Y, Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis [J]. *BMC Oral Health*, 2018, 18(1): 116.

[6] Gay G, Ravera S, Castroflorio T, et al. Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign(R): a radiometric study [J]. *Prog Orthod*, 2017, 18(1): 12.

[7] 张哲玮, 刘妍. 无托槽隐形矫治牙根吸收的临床研究[J]. *中华口腔正畸学杂志*, 2018, 25(4): 191-195.

[8] 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.

[9] 王冠, 杨璐, 张玉峰, 等. 无托槽隐形矫治器和直丝弓矫治器对切牙牙根吸收的影响[J]. *上海口腔医学*, 2017, 26(1): 121-124.

[10] Eissa O, Carlyle T, El-Bialy T. Evaluation of root length following treatment with clear aligners and two different fixed orthodontic appliances. A pilot study [J]. *J Orthod Sci*, 2018, 7:11.

[11] Yi JR, Xiao JN, Li Y, et al. External apical root resorption in non-extraction cases after clear aligner therapy or fixed orthodontic treatment [J]. *J Dent Sci*, 2018, 13(1): 48-53.

[12] Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, et al. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 154(1): 47-54.

[13] Elhaddaoui R, Benyahia H, Azeroual MF, et al. Resorption of maxillary incisors after orthodontic treatment—clinical study of risk factors [J]. *Int Orthod*, 2016, 14(1): 48-64.

[14] Maues CP, Nascimento RR, Vilella OdeV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: prevalence and risk factors [J]. *Dental Press J Orthod*, 2015, 20(1): 52-58.

[15] 吕燕. 隐形矫治技术在拔牙患者中的应用[J]. *国际口腔医学杂志*, 2011, 4(38): 485-487.

[16] Simon M, Keilig L, Schwarze J, et al. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2014, 145(6): 728-736.

[17] Paquette DE. Clear aligner treatment. In: Graber LW. *Orthodontics, current principles and techniques* [M]. 5th Ed. Philadelphia: Elsevier Mosby, 2011: 639-688.

[18] Sawicka M, Bedini R, Wierzbicki PM, et al. Interrupted or-

- thodontic force results in less root resorption than continuous force in human premolars as measured by microcomputed tomography [J]. *Folia Histochem Cytobiol*, 2014, 52: 289-296.
- [19] 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: e29-e37.
- [20] Brin I, Camilla Tulloch JF, Koroluk L, et al. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1-versus 2-phase treatment [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2003, 124(2): 151-156.
- [21] Lagravere MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review [J]. *J Am Dent Assoc*, 2005, 136: 1724-1729.
- [22] Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, et al. Physical properties of root cementum; part 11. Continuous vs intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136: 8. e1-e8.
- [23] Cheng LL, Turk T, Elekdag-Turk S, et al. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after application of continuous light and heavy forces on premolars for 4 weeks: a histology study [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 138: 727-734.
- [24] Rego M, Thiesen G, Marchioro E, et al. Root resorption and orthodontic treatment: Myths and scientific evidence [J]. *J Bras Ortodon Ortop Facial*, 2004, 9: 292-309.
- [25] Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005, 128(3): 292-298.
- [26] Lanteri V, Farronato G, Lanteri C, et al. The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the Peer Assessment Rating Index [J]. *Quintessence Int*, 2018, 49(7): 581-587.
- [27] Aman C, Azevedo B, Bednar E, et al. Apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners: A retrospective study using cone-beam computed tomography [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(6): 842-851.
- [28] Kan JY, Roe P, Rungcharassaeng K, et al. Classification of sagittal root position in relation to the anterior maxillary osseous housing for immediate implant placement: a cone beam computed tomography study [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2011, 26(4): 873-876.
- [29] Nakada T, Motoyoshi M, Horinuki E, et al. Cone-beam computed tomography evaluation of the association of cortical plate proximity and apical root resorption after orthodontic treatment [J]. *J Oral Sci*, 2016, 58(2): 231-236.
- [30] Avelar JC, da Silva Campos MJ, Mota Júnior SL, et al. Evaluation of the position of maxillary incisors with and without apical root resorption [J]. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 2017, 6(1): 2-5.

[收稿日期: 2018-12-11]

(本文编辑 关隽)

## • 告读作者 •

《口腔医学研究》从 2016 年 1 期开始,为每篇刊出文章标注中文 DOI 号。

DOI 是 Digital Object Identifier 的英文缩写,是国际通用的数字对象标识符。它被誉为“互联网上的条形码”,是互联网数字资源的身份证及唯一编码。同时 DOI 系统是一套完整的国际服务体系,提供 DOI 的注册、解析及增值服务。

DOI 能够唯一性地标识一个单独的数字资源,并且可以保证在网络上永久链接。比如一个在线的电子文档,关于该电子文档的元数据存储存储在 DOI 服务系统。在其元数据中包括一个与它的 DOI 对应的 URL (Uniform Resource Locator),通过 URL 可以在网络上找到该电子文档。通过 DOI 系统,用户点击 DOI 即可链接到该电子文档的 URL(此过程称为 DOI 解析)。URL 发生变化时,只需要在 DOI 系统中进行更新,就可以通过 DOI 永久链接到这篇电子文档了。