

正畸过程中的牙根吸收及其生物力学特征

涂伶俐

Biomechanical characteristics of root resorption during orthodontic treatment

Tu Ling-li

Abstract

BACKGROUND: Root resorption is the treatment of malocclusion deformity correction in a common adverse reaction, and associated factors can be divided into biological and mechanical factors.

OBJECTIVE: To explore the biological and mechanical factors of the root resorption caused by orthodontic treatment, so as to reduce the treatment risks.

METHODS: With key words "root resorption, biomechanics", a computer-based online search of PubMed database (1990-01/2009-05) and CNKI database (1990-01/2009-05) was performed for articles published in English and Chinese. Root resorption in Levander & Malmgren rating system was used as the evaluation index. The orthodontic treatment-related content was included, and other aspects of research were excluded.

RESULTS AND CONCLUSION: A total of 72 articles were collected, and according to inclusion and exclusion criteria, 31 were included for analysis. Root resorption is a common phenomenon associated with orthodontic treatment. The factors relevant to root resorption can be divided into biological and mechanical factors, which are associated with an increased or decreased risk of root resorption during orthodontic treatment. Orthodontic therapy of patients with increased risk of root resorption should be carefully planned. Medical history, medication intake, family history, tooth and root morphology, oral health and habits must be considerate. The standard procedure to monitor apical root resorption is a radiographic examination after 6 months of treatment. In teeth with enhanced risk, a 3-month radiographic follow-up is recommended. The use of anti-inflammatory drugs might suppress root resorption induced by orthodontic therapy, although no study is conclusive enough to indicate a protocol for patients with enhanced risk. In the event of multiple external root resorption, the diagnostic procedure should focus on the exclusion of the local factors and its associations (such as magnitude, duration and type of orthodontic force, periodontal disease, root form) that might lead to external root resorption. Systemic disorders associated with phosphorus-calcium metabolic alterations are also suspected. Orthodontic treatment may cause a certain degree of root resorption, especially in patients with high-risk factors, but this risk can be minimized by the control of force and the close monitor of treatment process.

Department of
Stomatology, Jiangjin
People's Hospital,
Chongqing
402260, China

Tu Ling-li, Attending
physician,
Department of
Stomatology, Jiangjin
People's Hospital,
Chongqing
402260, China
tll1977009@163.com

Received: 2009-08-25
Accepted: 2009-09-23

Tu L. Biomechanical characteristics of root resorption during orthodontic treatment. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(7):1303-1306. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 牙根吸收是错牙合畸形矫正治疗中的一种常见不良反应, 与之相关的因素可分为生物和机械两方面。

目的: 了解正畸治疗引起牙根吸收的生物及机械方面的各种因素, 以降低治疗风险。

方法: 以 "root resorption, biomechanics" 为检索词, 检索 PubMed 数据库(1990-01/2009-05); 以 "牙根吸收、生物力学" 为检索词, 检索 CNKI 数据库(1990-01/2009-05)。文献检索语种限制为英文和中文。以 Levander & Malmgren 牙根吸收评分体系为评价指标。纳入与正畸治疗相关的内容; 排除其他方面研究。

结果与结论: 计算机初检得到 72 篇文献, 根据纳入排除标准, 对 31 篇进行分析。牙根吸收是错牙合畸形矫正治疗中的一种常见不良反应, 与之相关的因素可分为生物和机械两方面, 均可能增加或降低正畸治疗中牙根吸收的危险性。接受正畸治疗的患者如果存在牙根吸收的高危因素应谨慎制定其治疗计划, 包括既往史, 药物摄入量, 家族史, 牙体及根系形态, 口腔健康状况和不良习惯等。监测牙根吸收的标准程序是在治疗 6 个月后用 X 射线观察根尖影像, 如果存在引起牙根吸收的高危因素, 建议每治疗 3 个月即行 X 射线检查。虽然没有足够的研究结论为高危患者提供书面依据, 但抗炎药物的使用可能抑制正畸治疗引起的牙根吸收。如果出现多发性牙根吸收, 诊断程序应着眼于排除局部因素及可能导致牙根吸收的联合因素 (如正畸力的大小, 持续时间和加载类型; 牙周疾病; 根系形态等)。还应考虑与钙磷代谢失调相关的系统性疾病。提示正畸治疗可能引起一定的牙根吸收, 特别是患者伴随一定的高危因素时, 但通过对矫治力的控制和治疗过程的严密监测能将此风险降到最低。

关键词: 牙根吸收; 正畸治疗; 生物力学; 风险因素; 综述文献

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.07.038

重庆市江津区人民
医院口腔科, 重
庆市 402260

涂伶俐, 女, 1977
年生, 重庆市人,
汉族, 2002 年泸
州医学院口腔系
毕业, 主治医师,
主要从事口腔医
学方面的研究。
tll1977009@163.
com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225
(2010)07-01303-04

收稿日期: 2009-08-25
修回日期: 2009-09-23
(20090625010/
WJY · A)

涂伶俐. 正畸过程中的牙根吸收及其生物力学特征[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(7):1303-1306.
[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 背景

正畸牙齿移动的基础是应力刺激下的牙周膜和牙槽骨改建。这一过程的典型组织学特点是压力侧牙周膜形成无细胞的透明带后发生吸收破坏, 邻近牙槽骨在破骨细胞作用下发生吸收, 而张力侧牙槽骨在成骨细胞作用下增生。引发这一牙体硬组织吸收过程的细胞因子活动与骨吸收过程类似。从牙周膜毛细血管中迁移出来的免疫细胞, 与受力局部的细胞共同释放信号分子介导此反应^[1]。

牙根吸收是正畸治疗中应该随时关注的一个问题, 与之相关的因素可分为生物和机械两方面。机械因素方面: 广泛的牙齿移动, 牙移动类型, 控根转矩力和压低力, 正畸力的大小, 持续时间和加载方式等均与之相关^[2]。生物因素方面: 遗传易感性, 系统性疾病(代谢失衡), 牙体发育异常, 药物的使用等已被证实可影响牙根吸收^[3]。

1 目的

了解正畸治疗引起牙根吸收的生物及机械方面的各种因素, 以降低治疗风险。

2 资料和方法

纳入与排除标准:

设计类型: 临床研究。

研究对象: 发生牙根吸收的各种因素。

干预类型: 纳入与正畸治疗相关的内容; 排除其他方面研究。

结局测量指标: Levander & Malmgren 牙根吸收评分体系。

检索策略: 以“root resorption, biomechanics”为检索词, 检索 PubMed 数据库(1990-01/2009-05); 以“牙根吸收, 生物力学”为检索词, 检索 CNKI 数据库(1990-01/2009-05)。

文献检索语种限制为英文和中文。

资料提取与文献质量评价: 由两名评价员分别仔细阅读所获文献文题、摘要和全文, 以确定符合纳入标准的文献, 并交叉核对, 如有分歧, 则通过讨论或由第二位研究者协助解决。

3 结果

3.1 文献检索结果及质量评价 计算机初检得到 72 篇文献, 中文 38 篇, 英文 34 篇。阅读标题和摘要进行初筛, 排除因研究目的与此文无关的 25 篇, 内容重复性的研

究 8 篇, Meta 分析 8 篇, 共保留 31 篇文献进行综述。

3.2 文献证据综合提炼

流行病学: 牙根吸收是正畸治疗中的一种常见不良反应, 并在治疗早期的平整阶段即有发生。因此, 相关研究开展广泛且多种多样^[4-7]。各研究结果中牙根缩短长度从 0.5~3.0 mm 不等, 发生率达 5%~18%^[3]。Killiany^[8]报道牙根吸收长度超过 3 mm 的发生率为 30%, 接受过正畸治疗的个体中只有 5%发现有 > 5 mm 的牙根吸收。牙根吸收主要发生在上前牙, 平均吸收长度超过 1.4 mm, 最严重的牙根吸收曾见于上颌侧切牙。若正畸治疗最初 6 个月即有牙根吸收迹象的患者, 在接下来的治疗中发生牙根吸收的可能性明显大于最初 6 个月没有可见根吸收的患者^[9]。

确定牙根吸收致病原因的困难之一, 就是区分遗传因素和环境因素各自所起的作用大小, 如治疗和药物。家族性的牙根吸收已被证实。直接证据就是使用同胞配对模型的遗传组成研究表明遗传因素占 70%^[10]。没有证据显示在遗传易感性方面有性别或年龄的差异。

影响因素:

遗传因素: 白细胞介素 1 和肿瘤坏死因子是已知的介导炎症反应的细胞因子, 可诱导合成各种蛋白质而引发急性或慢性炎症。Al-Qawasmi 等^[11]证实白细胞介素 1 β 基因和正畸患者牙根吸收的发生有关。另一个与牙根吸收可能相关的基因是肿瘤坏死因子 RSF11A, 与家族性膨大型溶骨症和家族性 Paget 骨病相关基因位点相同^[12]。RANK 是肿瘤坏死因子受体超家族成员之一, 与其配体一起介导破骨细胞相关的信号传递^[13]。另一个在正畸治疗中与牙根吸收可能相关的基因是组织非特异性碱性磷酸酶(TNSALP), 其在牙体矿化和牙骨质的形成中起着重要的作用。小鼠若缺乏功能性 TNSALP 基因将会沿着磨牙牙根形成有缺陷的无细胞牙骨质并有牙齿的延迟萌出^[14]。正畸患者牙齿移动过程中, 也在龈沟液中检测到肿瘤坏死因子的存在^[15]。

在两个超过 860 例患者的大型研究中, Sameshima 等^[16]指出成年患者与儿童患者相比, 只在下颌牙弓前段更易发生牙根吸收; 亚洲患者牙根吸收的发生率明显低于白人或西班牙裔的患者。

全身性疾病及药物使用的影响: 有研究结果表明异常的牙根吸收和免疫系统疾病之间存在相关性, 其牙根吸收的发生率达 10.3%^[17]。敏感症, 根系形态异常和哮喘是正畸治疗牙齿移动过程中发生过度牙根吸收的高危因素。几种对正畸治疗中牙根吸收发生有抑制作用的药物试验中, L-甲状腺素已显示出明显的抑制效应, 其临床应用试验也在进行中^[18]。类似的效果在类固醇的动物实验中已被证明, 使用低剂量的皮质类固醇可减少正畸治疗中的牙根吸收^[19]。有已发表的研究描述了四环素及其化学修饰类似物等抗炎药的此种性能与其抗菌效

果无关, 研究中观察到了牙根表面单核细胞数量的明显减少, 而这种细胞与牙根吸收的发生有关^[20]。

骨转换率可以影响正畸治疗, 高的骨转换率个体(如甲状腺功能亢进症)与正常人或低的骨转换率个体相比可以增加牙齿移动量。低的骨转换率个体(如甲状腺功能低下症)可导致更多的牙根吸收, 这提示骨转换率较低的患者可能存在更高的牙根吸收的危险性^[21]。双磷酸盐类药物是有效的骨吸收抑制剂, 在牙齿受力后造成明显的剂量依赖性牙根吸收的抑制效应。这些结果提示, 在正畸治疗中若有骨转换率增高的患者可对其施加正畸力更频繁, 而对骨转换率降低的患者则应注意减少加力的频率并随时观察是否有牙根吸收情况的发生。

这些结果表明, 一定量抗炎药物的使用可能会抑制正畸治疗引起的牙根吸收。Owman-Moll 等^[22]针对一些与正畸治疗引起牙根吸收相关的可能因素进行了调查, 对一系列的研究进行了分析, 将结果归纳成表 1。

表 1 Owman-Moll & Kurol 调查表

因素	影响
牙体健康情况	
根系形态	+
牙体发育不全	+
治疗前的牙根吸收	+
已做根管治疗	+/-
口腔健康情况	
牙龈炎, 牙周病	+
全身健康情况	
过敏, 哮喘, 关节炎, 甲状腺功能减退, 糖尿病	+
磷钙代谢改变	+
不良习惯	
咬甲, 唇舌功能障碍	+
药物使用情况	
阿司匹林	-
四环素 (及其化学修饰类似物)	-

局部因素: 牙齿的运动类型, 正畸力的大小, 持续时间和力的类型也可以改变牙根吸收的严重程度。压低牙齿引起牙根吸收的可能性比伸长牙齿大 4 倍^[23]。另一项研究表明, 超弹性弓丝加载的持续力比钢丝加载的间断力使牙根有更明显的吸收活动。这两个不同加载方式组中牙根出现的吸收陷窝的深度没有显著性差异, 然而, “超弹弓丝组”吸收陷窝的周长, 面积, 体积比“钢丝组”大 140%^[24]。牙齿不正常的根管形态(细管型, 尖锐型, 弯曲型), 长, 窄, 根尖偏斜的根管等更容易发生牙根吸收^[25-26]。

有研究评价了失用性无咬合的牙齿在移动时牙根吸收的情况^[27]。在这些牙齿中牙根吸收的发生远远大于那些具有正常牙周组织的牙齿, 牙周组织的废用性萎缩可能会造成正畸治疗机械应力作用下的牙根加速破坏。结果提示, 正畸移动无咬合的牙齿时应加倍小心。

治疗及预后: 在正畸治疗的最初几个月对牙根吸收的诊断是不确定的, 治疗五六个月以后根据可靠的牙根 X 射线影像才可以确诊。为了评价牙根的形状和位置,

很多临床医师除了为患者拍摄 X 射线头影侧位片还会加拍全景片或根尖周 X 射线片^[28]。根尖周 X 射线片是正畸治疗记录的一个重要组成部分, 其对于比较治疗前后的牙根吸收情况是有用的。通常对治疗前后拍摄的 X 射线片描图, 以 Levander & Malmgren 牙根吸收评分体系, 将清晰可见的牙根形态分为五个等级, 其中牙根吸收 0 度表示无可见吸收; 1 度、2 度为轻度吸收; 3 度、4 度为重度吸收^[29]。用等级变化量定性表示根尖吸收的严重程度, 即: 牙根吸收等级 = 治疗后牙根形态等级 - 治疗前牙根形态等级。在正畸治疗过程中上前牙发生牙根吸收的可能性及吸收程度比其余牙齿都要大。而且, 在使用固定矫治器行正畸治疗时, 上切牙的牙根吸收会持续发生于整个治疗过程, 而最初的 6~9 个月是高风险期。因此, 在治疗期间应该谨慎的定期拍摄根尖周 X 射线片以观察牙根状况^[9]。在积极的正畸治疗期间如果发现牙根吸收的发生, 必须决定是否继续加力, 修改或终止治疗。且应该避免使用过大的正畸力, 因为它们已被证实会引起明显的牙根吸收。

Mavragani 等^[30]调查研究表明年轻恒牙接受正畸治疗可能会有潜在的益处。年轻恒牙在正畸治疗后牙根发育完成, 其长度明显大于治疗前已发育完成的牙齿。研究结果提示年轻恒牙接受正畸治疗对其牙根长度的发育更有益, 这一发现有助于治疗计划的制定。

4 结论

目前, 还没有可靠的指标来预测患者接受正畸治疗后是否会发生牙根吸收, 或发生吸收的严重程度。特定的白细胞介素 1 β 等位基因可能是牙根吸收发生的联合因素之一, 约有 15% 发生牙根吸收的正畸患者出现该位基因的变异, 这已成为一个检查可选的遗传标记^[11]。多基因联合作用, 如白细胞介素 1 β 基因, 肿瘤坏死因子家族基因和 TNSALP, 似乎对牙根吸收的发生均有影响, 但影响程度尚不清楚。

正畸治疗 3 个月后, 只有极少数的牙齿可以发现根尖牙根吸收。6 个月后出现牙根吸收的人数显著增加。监测牙根吸收的标准程序就是治疗 6 个月作 X 射线检查。如果存在发生牙根吸收的高危因素, 如弯曲型或细管型根管的牙齿, 建议每治疗 3 个月即行 X 射线检查^[29]。

有牙根吸收高危因素的正畸患者, 其治疗计划的制定应特别小心谨慎, 必须全面考虑不良习惯, 既往史, 药物摄入量(主要是可能影响骨转换率的疾病和药物), 家族病史, 牙体发育不全, 根系形态, 口腔健康诸因素。另有结果表明, 年轻恒牙接受正畸治疗, 对其牙根长度的发育有益。抗炎药物可能抑制正畸治疗引起的牙根吸收, 虽然没有足够的研究结论为某些高危患者提供书面证明。

在多发性牙根吸收中, 诊断程序要着眼于排除局部因素及其联合作用(如正畸力的大小, 持续时间和力的类型; 牙周疾病; 根系形态)可能导致的牙根吸收。系统性疾病相关的钙磷代谢异常, 如甲状腺功能低下症, 甲状旁腺功能亢进或低下症, 低磷血症, 结节病(高钙尿症的可能因素之一), Paget 氏病, 成骨不全症, 钙尿症和肾结石等病史都应加以考虑^[31]。

5 参考文献

- [1] Jager A, Zhang D, Kawarizadeh A, et al. Soluble cytokine receptor treatment in experimental orthodontic tooth movement in the rat. *Eur J Orthod*. 2005;27(1):1-11.
- [2] Davidovitch Z, Krishnan V. Role of basic biological sciences in clinical orthodontics: a case series. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;135(2):222-231.
- [3] Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993;103(2):138-146.
- [4] Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res*. 2004;7(2):71-78.
- [5] Javaheri HH. The side effects of orthodontic mechanics in orthodontic treatments. *Int J Orthod Milwaukee*. 2008;19(2):11-12.
- [6] 张君, 张文娟, 王旭霞, 等. 固定矫治致切牙牙根吸收与患者性别、年龄的相关研究[J]. *上海口腔医学*, 2005, 14(5):452-455.
- [7] 李长霞, 李春雷, 王大为, 等. 面型对正畸治疗中牙根吸收影响的临床研究[J]. *现代口腔医学杂志*, 2003, 17(3):243-245.
- [8] Killiany DM. Root resorption caused by orthodontic treatment: an evidence-based review of literature. *Semin Orthod*. 1999;5(2):128-133.
- [9] Artun J, Smale I, Behbehani F, et al. Apical root resorption six and 12 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthod*. 2005;75(6):919-926.
- [10] Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;111(3):301-309.
- [11] Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK Jr, Everett ET, et al. Genetic predisposition to external apical root resorption in orthodontic patients: linkage of chromosome-18 marker. *J Dent Res*. 2003;82(5):356-360.
- [12] Hughes AE, Ralston SH, Marken J, et al. Mutations in TNFRSF11A, affecting the signal peptide of RANK, cause familial expansile osteolysis. *Nat Genet*. 2000;24(1):45-48.
- [13] Nakagawa N, Kinoshita M, Yamaguchi K, et al. RANK is the essential signaling receptor for osteoclast differentiation factor in osteoclastogenesis. *Biochem Biophys Res Commun*. 1998;253(2):395-400.
- [14] Beertsen W, VandenBos T, Everts V. Root development in mice lacking functional tissue non-specific alkaline phosphatase gene: inhibition of acellular cementum formation. *J Dent Res*. 1999;78(6):1221-1229.
- [15] Lowney JJ, Norton LA, Shafer DM, et al. Orthodontic forces increase tumor necrosis factor alpha in the human gingival sulcus. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;108(5):519-524.
- [16] Samehima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;119(5):511-515.
- [17] Nishioka M, Ioi H, Nakata S, et al. Root resorption and immune system factors in the Japanese. *Angle Orthod*. 2006;76(1):103-108.
- [18] Shirazi M, Dehpour AR, Jafari F. The effect of thyroid hormone on orthodontic tooth movement in rats. *J Clin Pediatr Dent*. 1999;23(3):259-264.
- [19] Ong CK, Walsh LJ, Harbrow D, et al. Orthodontic tooth movement in the prednisolone-treated rat. *Angle Orthod*. 2000;70(2):118-125.
- [20] Mavragani M, Brudvik P, Selvig KA. Orthodontically induced root and alveolar bone resorption: inhibitory effect of systemic doxycycline administration in rats. *Eur J Orthod*. 2005;27(3):215-225.
- [21] Verna C, Dalstra M, Melsen B. Bone turnover rate in rats does not influence root resorption induced by orthodontic treatment. *Eur J Orthod*. 2003;25(4):359-363.
- [22] Owman-Moll P, Kurol J. Root resorption after orthodontic treatment in high- and low-risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor. *Eur J Orthod*. 2000;22(6):657-663.
- [23] Han G, Huang S, Von den Hoff JW, et al. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod*. 2005;75(6):912-918.
- [24] Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod*. 2003;25(4):335-342.
- [25] Smale I, Artun J, Behbehani F, et al. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;128(1):57-67.
- [26] Oyama K, Motoyoshi M, Hirabayashi M, et al. Effects of root morphology on stress distribution at the root apex. *Eur J Orthod*. 2007;29(2):113-117.
- [27] Sringkarnboriboon S, Matsumoto Y, Soma K. Root resorption related to hypofunctional periodontium in experimental tooth movement. *J Dent Res*. 2003;82(6):486-490.
- [28] 孙超. 187例牙根吸收X线片分析[J]. *口腔医学*, 1999, 19(3):152-153.
- [29] Levander E, Bajka R, Malmgren O. Early radiographic diagnosis of apical root resorption during orthodontic treatment: a study of maxillary incisors. *Eur J Orthod*. 1998;20(1):57-63.
- [30] Mavragani M, Bøe OE, Wisth PJ, et al. Changes in root length during orthodontic treatment: advantages for immature teeth. *Eur J Orthod*. 2002;24(1):91-7.
- [31] Llana-Puy MC, Amengual-Lorenzo J, Forner-Navarro L. Idiopathic external root resorption associated to hypercalciuria. *Med Oral*. 2002;7(3):192-199.

关于作者: 第一作者构思并设计本综述, 第一作者解析相关数据, 经3次修改2次审校, 所有作者共同起草, 第一作者对本文负责。

利益冲突: 无利益冲突。

伦理批准: 没有与相关伦理道德冲突的内容。

此问题的已知信息: 现有研究普遍认为正畸治疗会增加发生牙根吸收的可能性, 一般从临床角度选择影响因素进行比较, 如: 年龄、面型、加力类型等。

本综述增加的新信息: 本文增加了一些更基础领域的生物力学方面的研究结果, 以及与遗传、全身因素及药物使用等可能相关因素的发现情况, 结合临床研究结果一起讨论, 希望能更全面看待正畸治疗中牙根吸收的问题, 在最大程度上尽量规避风险因素, 达到更好的治疗效果及预后。