

基于锥形束 CT 的强支抗内收上前牙病例牙根及牙槽骨的形态学分析

温馥嘉, 陈 贵, 刘 怡[△]

(北京大学口腔医学院·口腔医院正畸科 口腔数字化医疗技术和材料国家工程实验室 口腔数字医学北京市重点实验室, 北京 100081)

[摘 要] **目的:**借助锥形束 CT (cone-beam computed tomography, CBCT) 资料,对成人强支抗内收上前牙病例的牙根及牙槽骨进行形态学分析,以全面了解大范围移动上前牙后,其牙根及牙槽骨的形态学变化。**方法:**从就诊于北京大学口腔医院正畸科的患者中选取 12 例成人(18~40 岁)上颌前突病例,在正畸治疗前后拍摄 CBCT,利用转化头颅侧位片进行头影测量分析,通过构建治疗前后的矢状截面重叠图和三维重建图定性分析根周牙槽骨的相对变化规律,并定量测量治疗前后的牙根长度、唇腭侧不同水平牙槽骨厚度、唇腭侧及近远中牙槽骨高度。各项指标均由同一操作者重复测量 3 次取均值,并应用 SPSS 17.0 软件进行分析。**结果:**12 例中有 6 例切牙根周牙槽骨变化以唇侧骨厚度降低[根尖区牙槽骨厚度变化可达 (-0.64 ± 1.18) mm]、腭侧骨厚度增加[根尖区牙槽骨厚度变化可达 (0.93 ± 2.00) mm]、牙根少量吸收[(-0.95 ± 0.79) mm]为特征,另 6 例的切牙根周牙槽骨变化以唇侧骨厚度增加[根尖区牙槽骨厚度变化可达 (2.12 ± 1.46) mm]、腭侧骨厚度降低[根尖区牙槽骨厚度变化可达 (-2.88 ± 0.58) mm]、牙根大量吸收[(-2.12 ± 1.43) mm]为特征;12 例尖牙治疗前后根周牙槽骨变化基本一致,唇侧骨厚度降低[根尖区牙槽骨厚度变化可达 (-0.27 ± 1.86) mm],腭侧骨厚度有不同程度增加[根尖区牙槽骨厚度变化可达 (6.40 ± 6.00) mm],牙根少量吸收[(-1.12 ± 1.19) mm];所有上前牙治疗后三维方向上牙槽骨高度均不同程度降低,腭侧最为显著。**结论:**强支抗内收上前牙病例治疗后,切牙根尖移动量越大,牙根吸收量越大,牙根唇侧牙槽骨相对厚度增加、腭侧相对厚度减少,但整体厚度降低;治疗后上前牙牙槽骨高度普遍降低,并以腭侧最为明显。

[关键词] 锥束计算机断层摄影术;正畸学,矫正;牙根;牙槽骨;形态学

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1671-167X(2016)04-0702-07

doi: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.04.027

Morphological analysis of roots and alveolar bone changes after upper anterior retraction with maximum anchorage based on cone-beam computed tomography

WEN Fu-jia, CHEN Gui, LIU Yi[△]

(Department of Orthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Engineering Laboratory for Digital and Material Technology of Stomatology & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the remodeling of alveolar bone and the changes of roots after anterior retraction with maximum anchorage by analyzing CBCT data from adult cases. **Methods:** The sample comprised 48 incisors and 24 canines from 12 patients (18 to 40 years of age) with problems of maxillary protrusion or upper arch protrusion. CBCT scans were exposed before and after treatment, and lateral cephalometric images as well as multiple planar reconstruction images were reconstructed. Tracing superimpositions of sagittal sections and three-dimensional reconstructions were done for qualitative analysis. For all maxillary anterior teeth, changes of root length, alveolar bone height and labial-palatal thicknesses at different levels were evaluated. The average of measurements taken by the same tester in three times was processed by SPSS 17.0 statistical package. **Results:** In 6 of the 12 cases, alveolar thickness became thinner on labial side [apical area: (-0.64 ± 1.18) mm] while thicker on palatal side [apical area: (0.93 ± 2.0) mm] and the root length decreased [(-0.95 ± 0.79) mm]. In the other 6 cases, the incisors' alveolar bone became thicker on labial side [apical area: (2.12 ± 1.46) mm] while thinner on palatal side [apical area: (-2.88 ± 0.58) mm] and the loss of root length was obvious [(-2.12 ± 1.43) mm]. In all the 12 cases, the canines' alveolar bone became thinner on labial side especially on the apical level [(-0.27 ± 1.86) mm] while greatly thicker on palatal side [apical area: (6.40 ± 6.00) mm] and the root resorption was slight [(-1.12 ± 1.19) mm]. For all the anterior teeth, the

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划,2013AA040803)资助 Supported by the National High Technology Research and Development Program of China(863 Program, 2013AA040803)

[△]Corresponding author's e-mail, lyortho@163.com

网络出版时间:2016-5-12 13:16:35 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20160512.1316.008.html>

height of alveolar bone reduced around them after retraction. **Conclusion:** When the root apical moved more palatally, more root resorption would occur and the alveolar bone would get thicker on labial side but thinner on palatal side and thinner as a whole after anterior retraction with maximum anchorage. In the vertical direction, the height of the alveolar bone generally decreased on all sides and decreased the most on the palatal side.

KEY WORDS Cone-beam computed tomography; Orthodontics, corrective; Tooth root; Alveolar bone; Morphology

随着正畸矫治技术与矫治器的进步,正畸治疗的适应证越来越宽泛,特别是随着种植支抗的广泛应用,牙齿移动的范围和程度得到了大幅度提高,许多复杂的骨性畸形在正畸治疗中取得了很好的效果。但以往基于二维放射影像的研究发现,正畸治疗中未经合理控制的牙齿移动,特别是切牙的过度轴向倾斜,会导致牙根长度和/或牙周支持骨高度的丧失。当牙齿移动的区域受到限制时,过大的力导致牙根压迫牙槽骨皮质,引起皮质骨的吸收和牙根的暴露^[1]。由此可见,根周骨质在一定程度上限制了牙齿的移动范围,因此更多的正畸医生开始关注和重视牙齿移动与根周牙槽骨改建之间的相互关系。

锥形束 CT (cone-beam computed tomography, CBCT)近年来在口腔医学中的应用越来越多,将口腔影像学检查带入了三维时代。利用 CBCT 可以更全面地分析牙根及牙槽骨在正畸治疗前后的三维变化,为正畸诊断和治疗提供了更充分的依据。本研究借助治疗前后的 CBCT 数据,对强支抗内收前牙的成人病例进行了牙根及牙槽骨的形态学分析,全面了解大范围移动牙齿时牙根的变化及牙槽骨的改建情况。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究获得北京大学口腔医院生物医学伦理委员会批准。选取 2008 年 11 月至 2014 年 5 月就诊于北京大学口腔医院正畸科的患者 12 例,其中男性 3 例,女性 9 例,年龄 18~40 岁,共计 48 颗切牙和 24 颗尖牙,治疗前头影测量分析差异无统计学意义。纳入标准:(1)牙列完整,上、下颌拥挤度在 I

度以内,上前牙区无明显的扭转或异位;(2)牙周组织健康,无明显牙龈退缩;(3)上颌前突,设计减数第一前磨牙,并采用种植支抗内收前牙;(4)牙槽骨区无病理性损害或大面积缺损,排除前牙区根尖阴影、颌骨囊肿;(5)口内无冠桥修复体或种植体;(6)无可能影响骨代谢的全身疾病,未长期服用影响骨代谢的药物。排除标准:(1)有正畸治疗史;(2)有牙周病史;(3)唇腭裂患者;(4)上颌前牙区存在埋伏牙、异位牙、大于 45°的扭转牙及其他颌骨病变者。

治疗过程:所有研究对象上颌均减数双侧第一前磨牙,第二磨牙纳入矫治范围,采用种植钉作为支抗。治疗中使用直丝弓矫治技术,经镍钛丝排齐整平,以 0.48 mm × 0.64 mm 不锈钢方丝在侧切牙远中弓丝上安放游离牵引钩,以 1.5~2.0 N 的力在种植支抗下滑动内收前牙,期间根据治疗需要调整前牙转矩,间隙关闭后经牙列和咬合的精细调整结束治疗,治疗时间平均 30 个月。

1.2 研究方法

1.2.1 数据获取

用 CBCT (DCT Pro, Vatech 公司, Korea)对所有患者在正畸治疗前后进行大视野扫描,扫描视野为 20 cm × 19 cm,曝光参数为 90 kVp、7 mA、15 s。扫描结果以 DICOM 3.0 格式输出并保存。将 DICOM 数据导入 InvivoDental 5.0 软件 (Anatomage 公司, USA),在截面视窗下调整头位,利用多平面重建 (multiple planar reconstruction, MPR) 方式截取各牙垂直向、矢状向及冠状向的截面图,使每次调整后目标牙的牙长轴为 z 轴,牙冠近远中最大径为 x 轴,y 轴过两轴交点并与两轴正交,从而获得以牙为中心的三维截面图 (图 1)。



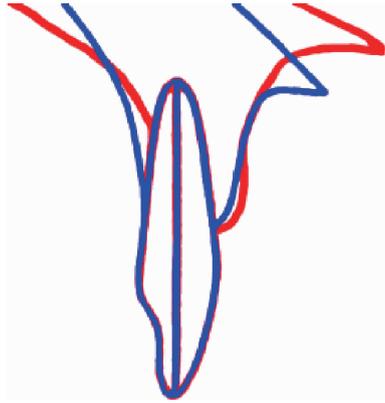
A, the horizontal plane of the teeth; B, the sagittal plane of the teeth; C, the coronal plane of the teeth.

图 1 以牙为中心的三维截面图

Figure 1 Multiple planar reconstruction of each tooth

1.2.2 治疗前后重叠图及三维重建的定性研究

对目标牙的矢状截面进行描记,将治疗前后的描记图进行重叠,定性分析比较治疗前后牙齿唇腭侧牙槽骨的变化(如图2,蓝色为治疗前,红色为治疗后)。此外,将CBCT数据在固定阈值范围(-102 HU,1 830 HU)进行三维重建,观察治疗前后牙槽骨表面形态变化(图3)。



Blue, pre-treatment; Red, post-treatment.

图2 治疗前后矢状截面重叠示意图

Figure 2 Superimposition of the sagittal outline of the teeth

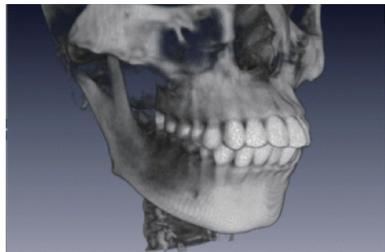


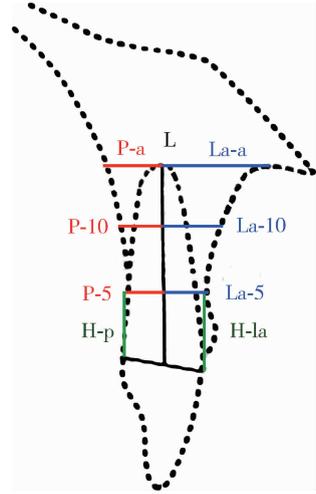
图3 颌骨三维重建示意图固定阈值范围(-102 HU,1 830 HU)

Figure 3 Three-dimensional reconstruction of the jaws with fixed threshold (-102 HU, 1 830 HU)

1.2.3 定量测量

根长测量:取矢状截面,沿纵轴(沿切牙切缘中点或尖牙牙尖点、髓腔影像中心及根尖点的直线)方向截取釉牙骨质界至根尖的距离,记为L。唇腭侧牙槽骨厚度测量:测量切牙时,选取距离釉牙骨质界5 mm、10 mm及根尖水平(apical, a,治疗后存在牙根吸收者通过L恢复治疗前根尖位置)分别测量纵轴到唇侧(labial side, La)、腭侧(palatal side, P)骨皮质外缘的水平距离,分别记为La-5, La-10, La-a, P-5, P-10和P-a;由于根长差异,测量尖牙时则选取距离釉牙骨质界6、12 mm及根尖水平(a)分别测量纵轴到唇侧(La)、腭侧(P)骨皮质外缘的水平距离,分别记为La-6, La-12, La-a, P-6, P-12和P-a。牙槽骨高度测量:取矢状截面,测量唇侧(La)、腭侧(P)釉牙骨质界沿纵轴方向至牙槽嵴顶的距离

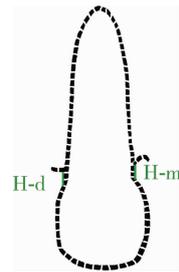
(height, H), 记为H-la和H-p。取冠状截面,测量近中(medial, m)和远中(distal, d)釉牙骨质界沿纵轴(沿切牙切缘中点或尖牙牙尖点、髓腔影像中心及根尖点的直线)方向至牙槽嵴顶的距离(H),记为H-m和H-d。各测量项目详见图4、5。



L, root length; La-5 or 10 or a, labial alveolar thickness on level of 5 mm over cemento-enamel junction (CEJ) or 10 mm over CEJ or root apical; P-5 or 10 or a, palatal alveolar thickness on level of 5 mm over CEJ or 10 mm over CEJ or root apical; H-p, palatal alveolar height; H-la, labial alveolar height.

图4 矢状截面测量项目

Figure 4 Measurement variables on sagittal plane



H-d, distal alveolar height; H-m, mesial alveolar height.

图5 冠状截面测量项目

Figure 5 Measurement variables on coronal plane

1.2.4 头影测量分析

为分析病例在正畸治疗前后的变化特征,用治疗前后的CBCT数据在Dolphin 11.7软件(Dolphin Imaging & Management Solutions公司,USA)下调整头位并转化头颅侧位片,采用北京大学头影测量分析法结合前述定性分析和定量测量结果进行头影测量分析。

1.3 统计学分析

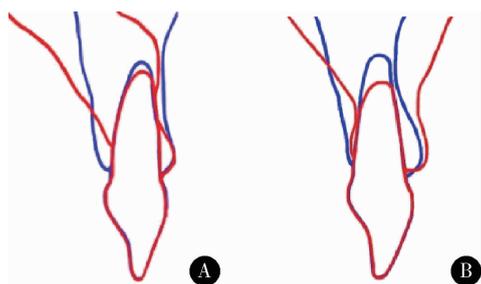
上述测量指标均由同一操作者重复测量3次取均值,使用SPSS 17.0软件对治疗前后各项指标进

行配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 定性分析

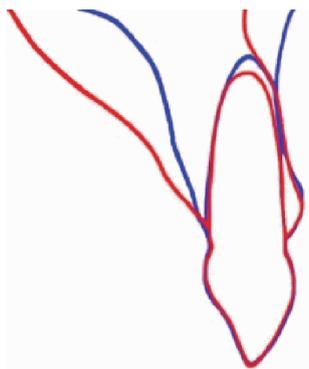
同一病例中, 双侧切牙、尖牙治疗前后描记图和重叠图均具有高度的相似性, 中切牙与侧切牙的重叠图牙槽骨变化形式没有明显差异。对于切牙, 12 例病例的重叠图中有 6 例治疗后唇侧牙槽骨厚度降低, 腭侧牙槽骨厚度增加, 同时腭侧牙槽骨高度明显降低, 伴有牙根的少量吸收(图 6A), 为便于后续定量分析, 将之设为“唇侧骨厚度降低组”; 另 6 例治疗后唇侧牙槽骨厚度增加, 腭侧牙槽骨厚度降低, 唇腭侧牙槽骨高度明显降低, 伴有牙根的明显吸收(图 6B), 设为“唇侧骨厚度增加组”。对于尖牙, 12 例病例的重叠图表现基本一致, 唇侧牙槽骨厚度降低, 随着尖牙的远中移动, 牙根腭侧的牙槽骨厚度有不同程度的增加, 牙根伴有不同程度的吸收(图 7)。



A, in 6 of the 12 cases, alveolar thickness became thinner on labial side after orthodontic treatment while thicker on palatal side and the root length decreased; B, in the other 6 cases, the incisors' alveolar bone became thicker on labial side after orthodontic treatment while thinner on palatal side and the loss of root length was obvious.

图 6 切牙重叠结果

Figure 6 Superimposition outcome of the incisors



In all the 12 cases, the canines' alveolar bone became thinner on labial side especially on the apical level after orthodontic treatment while greatly thicker on palatal side and the root resorption was slight.

图 7 尖牙重叠结果

Figure 7 Superimposition outcome of the canines

唇侧骨厚度降低组的 6 例病例治疗后切牙区唇侧表面的骨质变菲薄; 唇侧骨厚度增加组的 6 例治疗后切牙唇侧骨质增厚, 而 12 例病例尖牙唇侧表面的骨质均表现为牙槽骨厚度降低(图 8)。

2.2 定量测量

根据定性研究的结果, 将前述病例分组(A 组: 唇侧骨厚度降低组; B 组: 唇侧骨厚度增加组), 进行定量测量及统计学分析, 结果如表 1~2。

上述定量研究结果与定性研究结果基本相符: A 组切牙唇侧各个水平的牙槽骨厚度均降低, 腭侧釉牙骨质界上方 5 mm 水平及牙颈部区牙槽骨厚度降低, 而在 10 mm 及根尖水平腭侧牙槽骨厚度则有所增加, 牙根长度降低, 根周牙槽骨高度普遍降低。B 组切牙在各个水平上唇侧牙槽骨厚度增加, 而腭侧牙槽骨厚度普遍降低, 牙根长度降低且值明显大于 A 组, 牙槽骨高度也普遍降低。12 例病例中, 尖牙根尖唇侧牙槽骨厚度降低, 而腭侧牙槽骨厚度明显增加, 釉牙骨质界上方 5 mm 水平唇腭侧牙槽骨厚度均降低, 牙根同样存在根尖外吸收, 并且根周牙槽骨高度降低。

2.3 头影测量分析

根据定性研究的结果分组进行头影测量指标的统计学分析, 所有病例上前牙均明显内收, 上中切牙切缘点(upper incisor, U1)到鼻根(nasion, N)-上齿槽座点(subspinale, A)连线距离 U1-NA(mm)及下中切牙切缘点(lower incisor, L1)到鼻根(N)-下齿槽座点连线(supramental, B)距离 L1-NB(mm)显著减小, A 组以牙轴的显著变化为主, B 组骨性测量指标变化更为显著(表 3)。

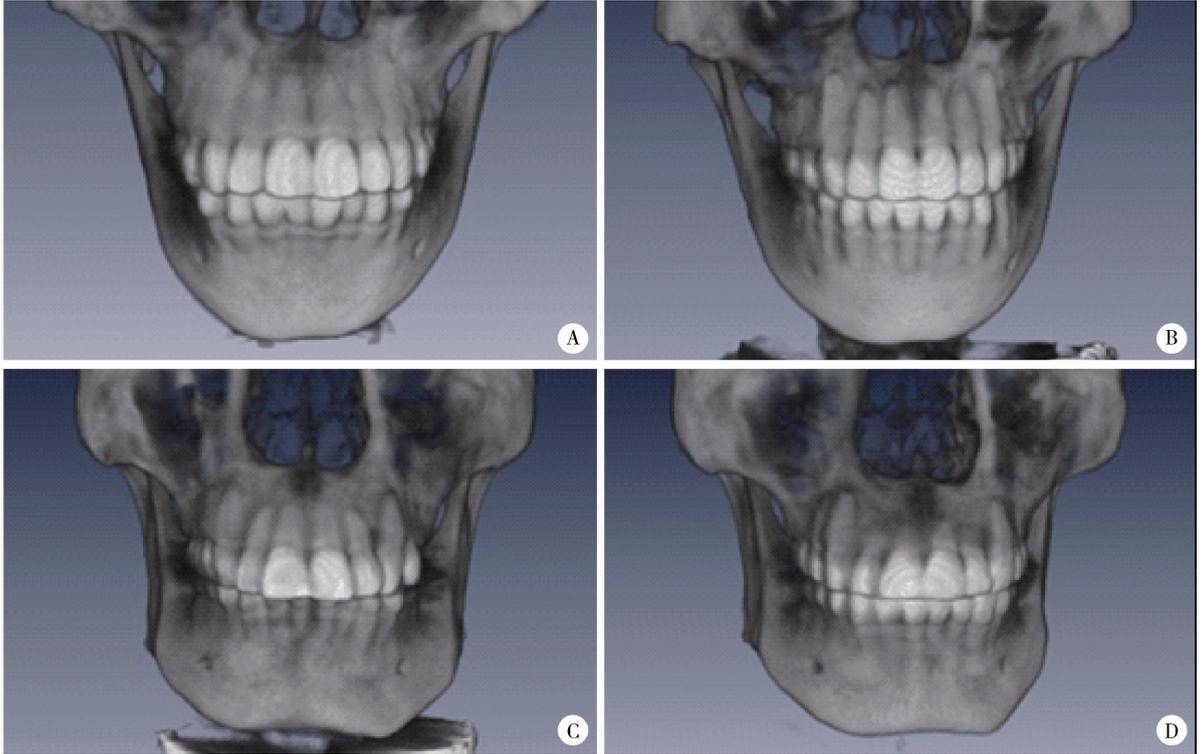
3 讨论

以往对牙槽骨形态学的观察及测量方法主要基于二维的 X 线片^[2-3], 头颅定位侧位片及曲面体层片作为正畸治疗前后的常规检查项目, 目前仍是临床上常用的研究方法, 但不可否认的是, 这些二维影像均存在多种结构重叠、定位不够准确等缺点。CBCT 从应用于临床以来发展迅速, 越来越多地应用于口腔各个学科, 相比传统影像学方法更有优势: 首先, CBCT 精度高, 分辨率高, 可以 1:1 显示牙列及相关组织, 无放大率误差^[4-5]; 其次, CBCT 图像可以实现 3 个维度上的截面研究, 同时通过三维重建对图像进行任意角度的观察, 理论上又可以分割出任意部位, 如骨骼、牙根、气道及关节等^[6], 因此, 借助 CBCT 影像对强支抗病例的牙根及牙槽骨变化进行形态学研究是本研究区别于以

与重叠图所示情况相符, 三维重建的影像显示,

往类似研究之处,有利于全面了解牙根及牙槽

骨的三维改变。



A(pre-treatment) and B(post-treatment), in 6 of the 12 cases, alveolar thickness became thinner on labial side after orthodontic treatment and the shape of the roots were so obvious; C(pre-treatment) and D(post-treatment), in the other 6 cases, the incisors' alveolar bone became thicker on labial side after orthodontic treatment and the shape of the roots were less obvious.

图 8 治疗前后 CBCT 三维重建效果

Figure 8 Three-dimensional reconstruction of different cases' CBCT

表 1 切牙测量指标变化($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Changes of variables for incisors ($\bar{x} \pm s$)

| Variables | Pre-treatment | | Post-treatment | | Changes | | <i>t</i> | | <i>P</i> | |
|-----------|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----------|---------|----------|---------|
| | Group A | Group B | Group A | Group B | Group A | Group B | Group A | Group B | Group A | Group B |
| L | 11.90 ± 1.91 | 12.39 ± 1.36 | 10.96 ± 1.94 | 10.26 ± 2.01 | -0.95 ± 0.79 | -2.12 ± 1.43 | 5.76 | 4.53 | 0.00 * | 0.00 * |
| La-5 | 3.41 ± 0.66 | 3.63 ± 0.48 | 3.27 ± 0.54 | 4.36 ± 1.54 | -0.14 ± 0.58 | 0.73 ± 1.34 | 1.19 | 0.49 | 0.25 | 0.63 |
| La-10 | 2.13 ± 0.80 | 2.09 ± 0.53 | 1.66 ± 0.73 | 4.07 ± 2.71 | -0.47 ± 0.67 | 1.98 ± 2.40 | 3.38 | -0.86 | 0.00 * | 0.40 |
| La-a | 0.66 ± 1.11 | 1.57 ± 0.22 | 0.02 ± 1.77 | 3.69 ± 1.35 | -0.64 ± 1.18 | 2.12 ± 1.46 | 1.34 | 0.33 | 0.00 * | 0.70 |
| P-5 | 4.26 ± 0.66 | 4.42 ± 0.54 | 3.76 ± 0.88 | 3.08 ± 0.52 | -0.50 ± 0.76 | -1.34 ± 0.83 | 3.17 | 1.92 | 0.00 * | 0.07 |
| P-10 | 5.26 ± 1.01 | 6.27 ± 1.62 | 6.18 ± 1.42 | 4.31 ± 1.74 | 0.92 ± 1.07 | -1.96 ± 2.68 | -4.11 | -1.03 | 0.00 * | 0.31 |
| P-a | 5.86 ± 1.02 | 7.9 ± 0.50 | 6.79 ± 1.81 | 5.01 ± 0.97 | 0.93 ± 2.00 | -2.88 ± 0.58 | -1.14 | -2.38 | 0.00 * | 0.08 |
| H-la | 2.15 ± 0.51 | 2.11 ± 0.48 | 2.39 ± 0.65 | 2.25 ± 0.97 | 0.24 ± 0.67 | 0.14 ± 1.03 | -1.75 | -2.52 | 0.10 | 0.02 * |
| H-p | 2.02 ± 0.98 | 2.22 ± 1.04 | 3.83 ± 1.61 | 7.87 ± 4.15 | 1.80 ± 2.00 | 5.65 ± 3.47 | -4.32 | -4.78 | 0.00 * | 0.00 * |
| H-m | 1.99 ± 0.39 | 1.99 ± 0.45 | 2.22 ± 0.52 | 2.66 ± 1.83 | 0.22 ± 0.55 | 0.67 ± 1.71 | -1.97 | -2.81 | 0.06 | 0.01 * |
| H-d | 2.10 ± 0.59 | 2.05 ± 0.56 | 2.06 ± 0.40 | 2.42 ± 0.55 | -0.04 ± 0.45 | 0.37 ± 0.48 | 0.45 | -1.00 | 0.66 | 0.33 |

* $P < 0.05$. Group A, the 6 cases with decreasing labial alveolar thickness; Group B, the other 6 cases with increasing labial alveolar thickness. L, root length; La-5 or 10 or a, labial alveolar thickness on level of 5 mm over cemento-enamel junction (CEJ) or 10 mm over CEJ or root apical; P-5 or 10 or a, palatal alveolar thickness on level of 5 mm over CEJ or 10 mm over CEJ or root apical; H-p, palatal alveolar height; H-la, labial alveolar height; H-d, distal alveolar height; H-m, mesial alveolar height.

表 2 12 例病例尖牙测量指标变化量 ($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Changes of variables for canines ($\bar{x} \pm s$)

| Variables | Pre-treatment | Post-treatment | Changes | <i>t</i> | <i>p</i> | /mm | |
|-----------|---------------|----------------|--------------|----------|----------|-----|--|
| | | | | | | | |
| L | 15.39 ± 1.92 | 14.27 ± 2.08 | -1.12 ± 1.19 | 4.53 | 0.00 * | | |
| La-5 | 4.21 ± 0.75 | 4.17 ± 0.77 | -0.04 ± 0.39 | 0.49 | 0.63 | | |
| La-10 | 2.36 ± 0.70 | 2.45 ± 0.84 | 0.09 ± 0.48 | -0.86 | 0.40 | | |
| La-a | 1.40 ± 0.52 | 1.13 ± 2.04 | -0.27 ± 1.86 | 0.33 | 0.70 | | |
| P-5 | 5.60 ± 1.30 | 5.20 ± 0.95 | -0.40 ± 1.01 | 1.92 | 0.07 | | |
| P-10 | 7.89 ± 2.63 | 8.40 ± 2.06 | 0.51 ± 2.36 | -1.03 | 0.31 | | |
| P-a | 8.92 ± 1.87 | 15.32 ± 7.52 | 6.40 ± 6.00 | -2.38 | 0.08 | | |
| H-la | 2.24 ± 0.59 | 2.58 ± 0.69 | 0.34 ± 0.66 | -2.52 | 0.02 * | | |
| H-p | 2.30 ± 1.25 | 3.86 ± 1.05 | 1.56 ± 1.57 | -4.78 | 0.00 * | | |
| H-m | 1.95 ± 0.59 | 2.22 ± 0.41 | 0.27 ± 0.46 | -2.81 | 0.01 * | | |
| H-d | 2.29 ± 0.66 | 2.39 ± 0.48 | 0.11 ± 0.51 | -1.00 | 0.33 | | |

* $P < 0.05$. Abbreviations as in Table 1.

表 3 北京大学头影测量分析法 ($\bar{x} \pm s$)
Table 3 Results of cephalometric analysis of Peking University ($\bar{x} \pm s$)

| Variables | Pre-treatment | | Post-treatment | | Changes | | <i>P</i> | |
|-----------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------|---------|
| | Group A | Group B | Group A | Group B | Group A | Group B | Group A | Group B |
| SNA/° | 83.07 ± 1.64 | 87.30 ± 2.66 | 82.45 ± 3.61 | 84.40 ± 2.95 | -0.62 ± 2.37 | -2.90 ± 0.95 | 0.40 | 0.00 * |
| SNB/° | 77.43 ± 3.34 | 79.52 ± 2.86 | 76.87 ± 2.65 | 77.77 ± 3.20 | -0.57 ± 1.75 | -1.75 ± 1.51 | 0.91 | 0.04 * |
| ANB/° | 5.67 ± 2.33 | 7.82 ± 1.29 | 5.57 ± 3.03 | 6.67 ± 1.31 | -0.10 ± 3.25 | -1.15 ± 1.46 | 0.33 | 0.11 |
| FH-Npo/° | 87.83 ± 2.97 | 89.15 ± 3.26 | 88.08 ± 2.57 | 88.57 ± 3.25 | 0.25 ± 1.97 | -0.58 ± 1.45 | 0.98 | 0.37 |
| NA-Apo/° | 14.00 ± 6.91 | 16.27 ± 2.73 | 12.45 ± 10.05 | 12.98 ± 3.64 | -15.25 ± 7.73 | -3.28 ± 2.74 | 0.21 | 0.03 * |
| U1-NA/mm | 5.38 ± 3.32 | 3.83 ± 2.98 | 0.45 ± 3.72 | -1.25 ± 2.63 | -4.93 ± 4.00 | -5.08 ± 3.69 | 0.02 * | 0.02 * |
| U1-NA/° | 27.7 ± 9.46 | 21.57 ± 8.25 | 12.45 ± 10.05 | 12.12 ± 11.37 | -15.25 ± 7.73 | -9.45 ± 13.13 | 0.00 * | 0.14 |
| L1-NB/mm | 9.75 ± 2.19 | 8.95 ± 1.72 | 5.52 ± 1.53 | 5.62 ± 1.04 | -4.23 ± 1.72 | -3.33 ± 1.71 | 0.00 * | 0.01 * |
| L1-NB/° | 37.22 ± 5.04 | 36.38 ± 4.26 | 27.60 ± 4.90 | 31.18 ± 7.06 | -9.62 ± 3.57 | -5.20 ± 8.09 | 0.01 * | 0.18 |
| U1-L1/° | 109.42 ± 5.70 | 114.25 ± 9.44 | 134.37 ± 7.55 | 130.02 ± 16.71 | 24.95 ± 7.64 | 15.77 ± 19.27 | 0.00 * | 0.10 |
| U1-SN/° | 110.77 ± 9.71 | 108.87 ± 9.19 | 94.92 ± 9.49 | 96.53 ± 12.46 | -15.85 ± 8.18 | -12.33 ± 12.26 | 0.00 * | 0.07 |
| MP-SN/° | 35.32 ± 7.76 | 35.10 ± 6.86 | 37.37 ± 10.57 | 36.30 ± 8.16 | 2.05 ± 3.05 | 1.20 ± 1.83 | 0.44 | 0.16 |
| MP-FH/° | 24.15 ± 6.56 | 25.80 ± 6.87 | 25.93 ± 8.24 | 26.25 ± 7.17 | 1.78 ± 2.57 | 0.45 ± 1.85 | 0.21 | 0.58 |
| L1-MP/° | 104.47 ± 7.47 | 101.78 ± 7.18 | 93.37 ± 9.51 | 97.18 ± 11.47 | -11.10 ± 5.06 | -4.60 ± 8.43 | 0.01 * | 0.24 |
| Y-axis/° | 62.38 ± 3.03 | 62.10 ± 3.62 | 63.02 ± 2.45 | 62.62 ± 3.63 | 0.63 ± 1.29 | 0.52 ± 1.75 | 0.23 | 0.50 |
| Pog-NB/mm | -1.43 ± 2.14 | 0.68 ± 1.41 | -0.43 ± 2.42 | 1.57 ± 0.71 | 1.00 ± 1.29 | 0.88 ± 1.46 | 0.41 | 0.20 |

* $P < 0.05$. Group A, the 6 cases with decreasing labial alveolar thickness; Group B, the other 6 cases with increasing labial alveolar thickness. SNA(°), angle of Sella-Nasion-Subspinale(A); SNB(°), angle of Sella-Nasion-Supramental(B); SNA(°) - SNB(°); FH-Npo(°): angle between FH plane and Nasion-Pogonion; NA-Apo(°), angle between Nasion-A and A-Pogonion; U1-NA(mm), distance of upper incisor's edge to Nasion-A; U1-NA(°), angle between axis of upper incisor and Nasion-A; L1-NB(mm), distance of lower incisor's edge to Nasion-B; L1-NB(°), angle between axis of lower incisor and Nasion-B; U1-L1(°), angle between axes of upper incisor and lower incisor; U1-SN(°), angle between axis of upper incisor and Sella-Nasion; MP-SN(°), angle between mandibular plane and Sella-Nasion; MP-FH(°), angle between mandibular plane and FH plane; L1-MP(°), angle between axis of lower incisor and mandibular plane; Y-axis(°), angle of Nasion-Sella-Gonion; Pog-NB(mm), distance of Pogonion to Nasion-B.

基于 CBCT 的形态学分析是目前广泛应用于相关研究领域的方法之一。CBCT 为我们提供了牙齿和骨骼的三维数据,虽然三维影像技术可以增强视觉效果,但三维的分析和测量过程仍然不可避免地需要通过截面研究获取信息。Ahn 等^[7]通过上牙弓

前突病例前牙强支抗内收前后的 CBCT 数据的重叠和三维截面测量对牙槽骨做了形态学评价(morphometric evaluation),发现前牙大量内收后,腭侧的牙槽骨面积、垂直骨高度及切牙的根长和根面积均有明显的降低。本研究同样也利用了患者治疗前后常

规拍摄的 CBCT 数据,通过 MPR 获取单个牙齿的正交平面进行截面重叠和测量,从而实现对牙根及根周牙槽骨的形态学分析。该方法有如下优点:直接利用 CBCT 数据进行截面分析和测量,避免了数据分割造成的信息损失,降低了测量误差;应用 MPR 方法可以依照实验的实际需求稳定地呈现以单个牙为参照系的三维截面,不受拍摄条件和头位的干扰;在 CBCT 数据中,双侧中切牙、侧切牙和尖牙的影像信息均等,利于研究双侧、不同牙位的牙槽骨变化,并且不受重叠影像的干扰。

结合头影测量的结果,治疗前 A 组的 SNA($^{\circ}$)、ANB($^{\circ}$)低于 B 组并接近正常值范围,而上中切牙牙轴(U1)与鼻根-上齿槽座点连线夹角 U1-NA($^{\circ}$)、上中切牙切缘点到鼻根-上齿槽座点连线距离 U1-NA(mm)高于 B 组;治疗后两组间相关指标差异变小,其中 A 组上、下切牙牙轴的相关指标及 B 组 SNA($^{\circ}$)变化的差异具有统计学意义($P < 0.01$),可见 A 组病例上切牙牙轴的冠腭向转矩变化更大,发生了明显的倾斜移动,而 B 组 SNA($^{\circ}$)变化更大,说明根尖区牙槽骨向内改建更明显。由此可以认为引起前突的骨性因素越明显,治疗中上前牙往往需要控根移动或整体移动以更多地内收牙根,使根周的牙槽骨尽可能随之改建而缓解突度,此时牙根唇侧牙槽骨相对增厚,而根尖区牙槽骨整体厚度下降。另一方面,治疗前明显唇倾的上前牙在治疗中需要更多地发生倾斜移动以缓解牙性前突的问题,此时唇侧牙槽骨厚度相对降低,而根周整体牙槽骨厚度变化不明显。

此外,本研究还发现,上前牙发生控根移动或整体移动的 B 组病例,其牙根吸收量明显大于发生倾斜移动的 A 组病例,且吸收量可达 3.5 mm 以上,超出了临床上可接受的范围。结合牙槽骨定量测量结果可知,切牙根尖唇侧牙槽骨厚度增量越大,即牙根在牙槽骨内移动量越大,牙根吸收的量就越大,这与以往研究结果一致,即牙槽骨对牙根的移动有限制作用,过度的牙根移动会引起牙根吸收、骨开窗和骨开裂等问题^[8-10]。

对于尖牙,本研究发现 12 例病例尖牙根周牙槽骨分布的变化规律基本一致,均表现为唇侧根尖及腭侧牙颈部的牙槽骨明显变薄甚至缺如,而腭侧牙根中段及根尖区牙槽骨厚度增加,这可能与其在牙弓中的特殊位置和特殊的正畸移动方式有关。尖牙在牙列中位于牙弓弧度最大的区域,随着上前牙的内收,尖牙主要沿牙弓曲线向远中移动,而牙弓后段固有的腭侧牙槽骨厚度较大,因此随着位置的改变

尖牙牙根中段及根尖区的牙槽骨厚度有所“增加”。在唇腭向,尖牙的远中移动使其偏离了骨质丰满的颧牙槽嵴区,在新的位置上唇侧的牙槽骨固有厚度较小,同时临床上为追求紧密的咬合关系往往需要尖牙的直立甚至冠部的腭倾,导致尖牙根尖区唇侧牙槽骨厚度降低甚至出现缺如,三维重建后明显可见突出的尖牙牙根轮廓和根尖位置。遗憾的是,传统的头影测量方法无法对尖牙进行分析,因此基于 CBCT 的三维牙齿移动分析将成为进一步的研究方向。

在垂直向上,随着前牙的内收,牙槽骨高度普遍降低,其中腭侧的牙槽骨高度的降低最为明显,这可能是因为上前牙腭侧牙槽骨呈倒三角形分布,牙槽嵴顶骨质薄弱,加之内收过程中上前牙特别是切牙以腭向移动为主,腭侧牙槽骨受压发生骨吸收,因此腭侧骨高度降低最为明显。

综上所述,强支抗内收上前牙病例在正畸治疗后,切牙根尖移动量越大,牙根吸收量越大,牙根唇侧牙槽骨相对厚度增加,腭侧相对厚度减少,但整体厚度降低。尖牙根周牙槽骨变化受其特殊位置的影响,以唇侧牙槽骨相对变薄而腭侧相对变厚为特征。治疗后上前牙垂直向牙槽骨高度普遍降低并以腭侧最为明显。

参考文献

- [1] Kaied IB, Tanielian RH. Comparative radiographic evaluation of the alveolar bone support changes after incisal intrusion[J]. Orthodontics (Chic.), 2012, 13(1): 60-71.
- [2] Vardimon AD, Oren E, Ben-Bassat Y. Cortical bone remodeling/tooth movement ratio during maxillary incisor retraction with tip versus torque movements[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1998, 114(5): 520-529.
- [3] 许天民,刘妍,江久汇,等. 正畸内收上切牙对上颌牙槽骨改建的临床研究[J]. 实用口腔医学杂志, 2004, 20(4): 431-433.
- [4] 刘怡,赵健慧,丁云,等. 锥形束 CT 转化头颅侧位片定点精确性的研究[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2010, 17(2): 61-65.
- [5] Gribel BF, Gribel MN, Frazao DC, et al. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans[J]. Angle Orthod, 2011, 81(1): 26-35.
- [6] 刘怡. 锥束 CT 的发展与临床应用[J]. 口腔正畸学, 2008, 15(4): 189-192.
- [7] Ahn HW, Moon SC, Baek SH. Morphometric evaluation of changes in the alveolar bone and roots of the maxillary anterior teeth before and after en masse retraction using cone-beam computed tomography[J]. Angle Orthod, 2013, 83(2): 212-221.
- [8] Sarikaya S, Haydar B, Ciger S, et al. Changes in alveolar bone thickness due to retraction of anterior teeth[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2002, 122(1): 15-26.
- [9] Yanagita T, Kuroda S, Takano-Yamamoto T, et al. Class III malocclusion with complex problems of lateral open bite and severe crowding successfully treated with miniscrew anchorage and lingual orthodontic brackets[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2011, 139(5): 679-689.
- [10] Ang G. What happened to the alveolar bone during retraction?[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2011, 140(3): 284-285.