

论著·临床研究

上颌前牙不同内收方式下相关牙槽骨改建变化的锥形束 CT 研究

周 迪, 吴 艳, 王云霄, 范小平

重庆医科大学附属口腔医院, 口腔疾病与生物医学重庆市重点实验室, 重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室, 重庆 401147

[摘要] **目的**·利用锥形束 CT (cone-beam computed tomography, CBCT) 比较上颌前牙倾斜性内收 (retraction adjunct with tip, R&Tp) 和控根性内收 (retraction adjunct with torque, R&Tq) 产生的牙槽骨改建反应差异。**方法**·选取 40 例符合纳入标准的安氏 II 类 1 分类青少年患者, 根据牙齿实际内收方式对纳入对象所有 160 颗上颌切牙进行标准化分组 (分为倾斜内收组和控根内收组), 利用 CBCT 影像结合三维测量软件对 2 组牙齿内收情况以及相关牙槽骨高度和厚度变化进行测量分析和比较。**结果**·2 组前牙均实现较大范围内收和直立, 倾斜内收组牙冠内收距离及内收角度均明显大于控根内收组 (均 $P=0.000$)。倾斜内收组 L3、P1 厚度显著减小 (均 $P=0.000$), 控根内收组 P1、P2 厚度显著减小 (均 $P=0.000$)。倾斜内收组 T1 厚度减小 ($P=0.000$), 控根内收组各水平牙槽骨总厚度均减小 (均 $P=0.000$)。2 组唇侧 ($P=0.000$)、腭侧 ($P=0.000$) 牙槽嵴高度均下降, 且腭侧牙槽嵴高度降低更显著。**结论**·安氏 II 类 1 分类青少年患者上颌前牙在较大范围内收时, 倾斜内收组唇侧根尖区、腭侧牙槽嵴区以及控根内收组腭侧牙根颈部及中部区域均为牙槽骨吸收高风险区。

[关键词] 锥形束 CT; 前牙内收; 牙槽骨改建; 安氏 II 类 1 分类错骀

[DOI] 10.3969/j.issn.1674-8115.2018.11.019 **[中图分类号]** R783.5 **[文献标志码]** A

Comparison of alveolar bone changes in maxillary anterior area secondary to different kinds of retraction method of anterior teeth: a cone-beam computed tomography study

ZHOU Di, WU Yan, WANG Yun-ji, FAN Xiao-ping

Chongqing Key Laboratory of Oral Diseases and Biomedical Sciences; Chongqing Municipal Key Laboratory of Oral Biomedical Engineering of Higher Education, Stomatological Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401147, China

[Abstract] **Objective**·Using cone-beam computed tomography (CBCT) to compare alveolar bone changes in maxillary anterior area secondary to maxillary incisor retraction adjunct with tip (R&Tp) and retraction adjunct with torque (R&Tq) movements. **Methods**·Forty teenagers with Angle's class II division 1 malocclusion who had completed orthodontic treatment met the inclusion criteria and were selected, and all of their 160 maxillary incisors were classified into two categories, namely R&Tp group and R&Tq group, according to their actual retraction pattern. Pre- and post-treatment CBCT images and 3D measurement software were used to measure and analyze tooth retraction and alveolar bone height and thickness changes within each group and to compare treatment changes of teeth and alveolar bone between two groups. **Results**·Anterior teeth in each group were intensively retracted and uprighted, with a longer retraction distance of incisal edge and a greater retraction angle of teeth in R&Tp group than in R&Tq group (both $P=0.000$). Alveolar bone thickness was significantly decreased at L3 and P1 in R&Tp group (both $P<0.05$), while it was significantly decreased at P1 and P2 in R&Tq group (both $P<0.05$). Total alveolar bone thickness decreased at T1 in R&Tp group ($P=0.000$) and at all levels in R&Tq group (all $P=0.000$). Finally, alveolar ridge height in two groups dropped both in the buccal (both $P=0.000$) and palatal (both $P=0.000$) sides, with a more prominent extent in the palatal side, and ridge height dropped most in palatal side of the teeth in R&Tq group. **Conclusion**·The buccal root apex area and the palatal alveolar ridge area of alveolar bone in the R&Tp group and the cervical and middle area of incisor root in palatal side of alveolar bone in the R&Tq group are high-risk areas for alveolar bone resorption when anterior teeth in teenagers with Angle's class II division 1 malocclusion are intended to have en masse retraction.

[Key words] cone-beam computed tomography (CBCT); anterior teeth retraction; alveolar bone remodeling; Angle's class II division 1 malocclusion

[基金项目] 重庆市第二批科技项目 [渝北财教 (2014) 42 号]; 2016 年重庆高校创新团队建设计划资助项目 (CXTDG201602006); 重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室资助项目; 重庆市卫生计生委医学科研项目 (2015MSXM054) (The Second Batch of Scientific and Technological Projects in Chongqing, 2014 No.42 of Yubei District Education Finance; Program for Innovation Team Building at Institutions of Higher Education in Chongqing in 2016, CXTDG201602006; Project Supported by Chongqing Municipal Key Laboratory of Oral Biomedical Engineering of Higher Education; Fund of Chongqing Municipal Committee for Health and Family Planning, 2015MSXM054)。

[作者简介] 周 迪 (1992—), 男, 住院医师, 硕士; 电子信箱: 2468988735@qq.com。

[通信作者] 范小平, 电子信箱: fanxp666@163.com。



牙槽骨具有高度可塑性, 持续性正畸力可使牙周膜纤维—牙槽骨发生改建, 在压力侧牙槽骨吸收并改建, 在张力侧形成新骨, 从而使牙齿在牙槽骨内移动, 这是正畸矫治的生物学基础^[1]。当牙齿整体移动时, 牙周膜表面应力均匀分布^[2], 可产生较少的牙周膜透明样变^[3], 有利于牙槽骨改建和牙周组织健康。

临床中牙齿整体移动相当困难, 常见前牙内收方式为倾斜性内收 (retraction adjunct with tip, R&Tp), 牙根尖和牙冠反向移动, 此种内收方式所需正畸力较小, 但此时牙周膜的根尖区和牙槽嵴顶区会产生压力聚集区; 此外当前牙内收受到牙根舌向转矩控制时可产生控根性内收 (retraction adjunct with torque, R&Tq), 牙根与牙冠同向运动, 相比而言牙齿运动更为接近整体移动, 牙周膜表面应力分布较为均匀。虽然前牙内收伴随的牙槽骨改建反应受到了许多学者关注, 但关于前牙在以上 2 种内收方式下相关牙槽骨改建变化的对比性研究甚少。Vardimon 等^[4]曾基于头影测量重叠法研究这 2 种内收方式下牙槽骨改建/牙齿移动比率, 但头影测量易受到解剖结构重叠、投照角度变化所致的影像扭曲变形等影响而无法进行精确的测量和分析。锥形束 CT (cone-beam computed tomography, CBCT) 影像在定量测量牙槽骨高度和厚度时具有良好精确性和可靠性^[5-6]。因此本研究旨在利用 CBCT 研究上颌前牙在大范围内收时, 2 种内收方式产生的牙槽骨改建差异, 探讨前牙在何种内收方式下更有利于牙槽骨改建及牙周组织健康, 为口腔正畸临床矫治提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究对象

选择 2012 ~ 2015 年就诊于重庆医科大学附属口腔医院正畸科且矫治结束的安氏 II 类 1 分类青少年患者, 在取得患者及家属对于本研究内容的知情同意后, 共纳入 40 例研究对象; 其中男性 11 例, 女性 29 例, 年龄 10 ~ 18 岁, 平均 (13.90 ± 2.11) 岁; 矫正时间 1.50 ~ 3.25 年, 平

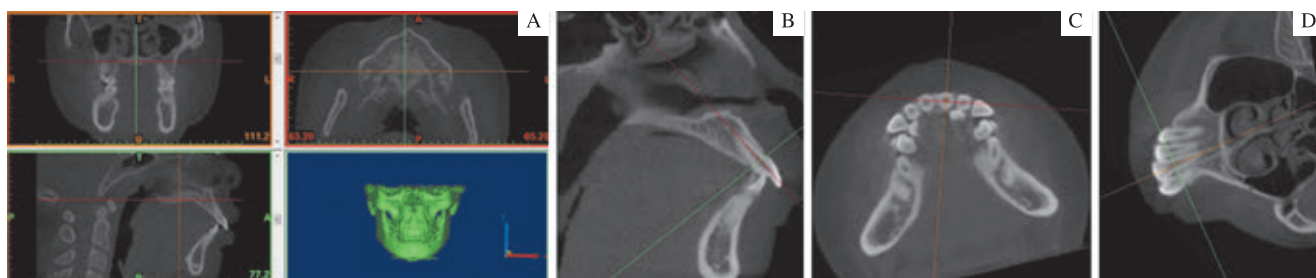
均 (2.19 ± 0.42) 年。患者纳入标准: ①恒牙列, 牙列完整, 无牙齿形态异常, 无牙体及牙周组织疾病。②前牙覆盖 >3 mm, 上颌前牙段无拥挤或拥挤量 ≤ 3 mm。③正畸治疗拔除 4 颗前磨牙, 包括 2 颗上颌第一前磨牙。④患者术前术后 CBCT 资料完整。排除标准: ①术前有正畸治疗史。②上颌前牙段间隙或者中重度拥挤。③严重的骨性 II 类错殆代偿治疗失败者。本研究所有患者均经同一位具备丰富临床经验的医师完成正畸治疗, 矫治过程采用直丝弓矫治体系和技术, 使用 Victory 超薄型托槽 (3M Unitek, 美国), 槽沟尺寸 $0.022 \text{ in} \times 0.025 \text{ in}$ ($1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$); 在完成第一阶段排齐和整平牙弓后, 使用 $0.019 \text{ in} \times 0.025 \text{ in}$ 不锈钢方丝作为工作弓丝, 在 150 g 内收力作用下采用滑动法内收上颌前牙、关闭拔牙间隙; 内收过程中视支抗需求采用 Nance 腭托、微种植钉等加强支抗的方法。

1.2 CBCT 拍摄及数据处理

本研究所有对象均经同一台 CBCT (KaVo Dental GmbH, 美国) 扫描。扫描参数: 可视范围 $13 \text{ cm} \times 16 \text{ cm}$, 灰度值 14 bit, 扫描时间 4 s, 层厚 0.4 mm, 球管电压 120 kV, 球管电流 5 mA。所有患者术前术后 CBCT 数据均以 DICOM (digital imaging and communication in medicine) 格式储存, 随后利用 Mimics 17.0 以及 3-matic 软件对 40 位患者的 160 颗上颌切牙进行三维测量、分组和相关项目的比较。

1.3 CBCT 测量方法

1.3.1 获取参考平面 结合可视化重建三维模型以及 3 个相互垂直参考面 (图 1A), 利用 Mimics 软件的 Online Reslice 功能逐一截取每例 CBCT 影像中上颌切牙的矢状面, 之后在矢状位旋转视图, 使水平线经过上颌切牙唇腭侧釉牙骨质界 (cemento-enamel junction, CEJ) (图 1B), 在水平位调整矢状线使其经过切牙牙冠的唇腭侧中点 (图 1C), 最后在冠状位调整矢状线使其经过切缘中点与根尖点 (图 1D), 即可获得切牙的正中矢状面 (central buccolingual plane)。



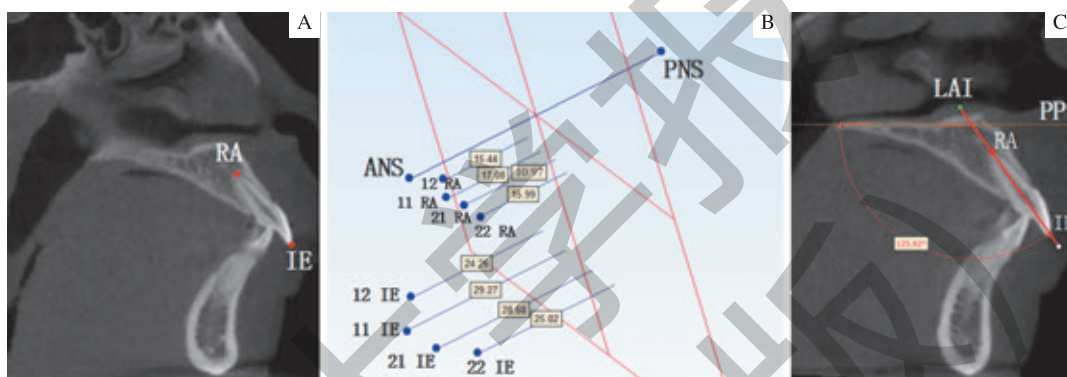
注: A. 三维模型及 3 个相互垂直参考面; B. 矢状位; C. 水平位; D. 冠状位。

图 1 Mimics 重建图

Fig 1 Reconstruction graphics of Mimics

1.3.2 牙齿线距和角度 在获取的切牙正中矢状面中确定切牙切缘点 (incisal edge, IE) 和根尖点 (root apex, RA) (图 2A), 同时在三维图像中确定前鼻棘点 (anterior nasal spine, ANS) 和后鼻棘点 (posterior nasal spine, PNS), 随后将每例 CBCT 影像中 4 颗上颌切牙的 IE、RA 点以及三维图像中的 ANS、PNS 点共同以 STL 格式导入 3-matic 软件, 之后以 ANS 和 PNS 连线的中垂面 (midplane) 作为参考平面, IE 点、RA 点到该平面的垂直距离分别记作 IE-MP、RA-MP (图 2B), 由此 Δ IE-MP、 Δ RA-MP 即为上颌切牙切缘及根尖的内收距离, 且可通过 Δ RA-MP 的正负判定切牙根尖移动方向。参照 Vardimon 等^[4]的分组方法, 即

基于切牙根尖移动方向确定切牙内收方式, 对 40 例研究对象的 160 颗上颌切牙进行分组, 将术前 RA-MP 值 \leq 术后 RA-MP 值, 即 Δ RA-MP ≤ 0 的切牙纳入 A 组即倾斜内收组, 反之则纳入 B 组即控根内收组。结果 78 颗 (48.75%) 牙齿纳入倾斜内收组, 82 颗 (51.25%) 牙齿纳入控根内收组。另外在重建三维图像中, 以 ANS、PNS 及 A 点确定颅颌骨正中矢状面, 然后旋转水平参考面使其经过 ANS、PNS 即可获得腭平面 (the palatal plane, PP); 在切牙正中矢状面中以 IE 和 RA 连线作为牙长轴 (the longitudinal axis of incisor, LAI), LAI 延长线与 PP 的后下交角记作 LAI.PP (图 2C), 由此 Δ LAI.PP 即为上颌切牙的内收角度。



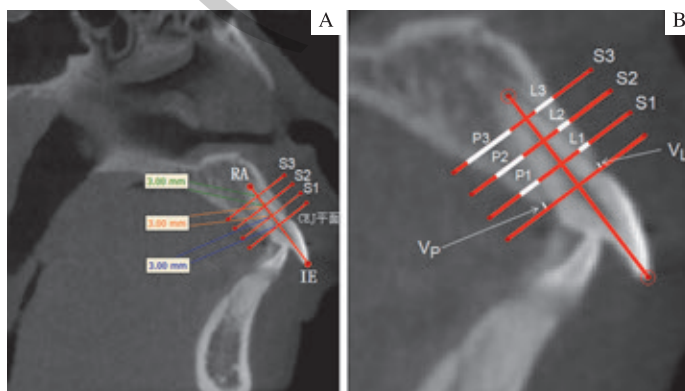
注: A. 切牙正中矢状面中确定 IE 和 RA; B. 红色平面为 ANS、PNS 的中垂面, 图中牙位记录参照国际牙科联合会系统记录法; C. 切牙正中矢状面中确定 LAI.PP。

图 2 牙齿测量项目

Fig 2 Dental measurements of upper incisor

1.3.3 牙槽骨厚度和高度 在切牙正中矢状面, 连接唇腭侧 CEJ 点作为 CEJ 平面, 在牙长轴上自 CEJ 平面与牙长轴交点开始往根方每隔 3 mm 做一个与 CEJ 平面平行的平面, 一共 3 个平面, 代表牙根颈部、中部及根尖部, 分别记作 S1、S2、S3 (图 3A); 在对应平面上, 唇侧、腭侧牙根表面与骨皮质表面之间的牙槽骨厚度分别记作 L1、L2、L3 和 P1、P2、P3, 唇腭侧骨皮质之间的牙槽骨总厚

度记做 T1、T2、T3, 同时唇腭侧牙槽嵴顶点到 CEJ 平面的垂直距离记做 V_L 、 V_P (图 3B)。牙齿及牙槽骨所有测量项目见表 1。所有研究对象术前术后 CBCT 资料均采用以上测量方法进行处理。所有测量工作均由作者在一段时间内集中完成, 每个项目测 2 次取平均值。间隔 3 周后随机抽取 10 例患者进行重复测量, 并采用组内相关系数 (ICC) 评价数据测量可靠性。



注: A. 切牙正中矢状面中确定 S1、S2、S3; B. 在对应平面上, 确定 V_L 、 V_P 。

图 3 牙槽骨测量项目

Fig 3 Alveolar bone measurements of upper incisor

表 1 牙齿及牙槽骨测量项目及相关定义
Tab 1 Definitions of dental and alveolar bone measurements

测量项目	定义
牙齿	
IE-MP	上颌切牙切缘到腭中垂面的距离
RA-MP	上颌切牙根尖到腭中垂面的距离
LAI.PP	上颌切牙牙长轴与腭平面的后下交角
L1、L2、L3	上颌切牙在 S1、S2、S3 平面上的唇侧牙槽骨厚度
牙槽骨	
P1、P2、P3	上颌切牙在 S1、S2、S3 平面上的腭侧牙槽骨厚度
T1、T2、T3	上颌切牙在 S1、S2、S3 平面上的牙槽骨总厚度
V _L 、V _P	上颌切牙唇侧及腭侧牙槽嵴顶点到 CEJ 平面的垂直距离

1.4 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析, 定量数据表示为 $\bar{x} \pm s$ 。先对各组内数据进行 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验和 Levene's 方差齐性检验, 当数据满足正态性和方差齐性时, 采用 t 检验, 否则采用非参数检验方法。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组上颌切牙术前测量项目比较

所有测量项目的 ICC 分析结果均大于 0.90, 表明数据测量具有良好的可靠性。倾斜内收组上颌切牙术前 IE-MP、LAI.PP 值均大于控根内收组 (均 $P=0.000$), 但 2 组间 RA-MP 值差异无统计学意义 ($P=0.815$), 提示倾斜内收组术前切牙更加唇倾 (表 2)。2 组间术前牙槽骨测量项目除 L2 ($P=0.028$)、T3 ($P=0.026$) 以外差异均无统计学意义, 但此 2 项目的差异较小, 因此可以认为 2 组术前牙槽骨厚度及高度基本一致。

表 2 2 组间术前牙齿测量项目比较
Tab 2 Comparison of pretreatment dental measurements between two groups

测量项目	A 组 (R&Tp, $n=78$)	B 组 (R&Tq, $n=82$)	P 值
IE-MP/mm	28.67 ± 3.08	26.49 ± 3.42	0.000
RA-MP/mm	16.38 ± 2.26	16.47 ± 2.50	0.815
LAI.PP/°	123.36 ± 7.38	118.78 ± 6.52	0.000

2.2 上颌前牙内收情况比较

2 组间牙冠内收距离 (Δ IE-MP)、根尖位移量 (Δ RA-MP) 以及牙长轴内收角度 (Δ LAI.PP) 均不满足方差齐性, 故采用 Mann-Whitney U 检验比较差异。结果显示倾斜内收组牙冠内收距离及内收角度均明显大于控根内收组 (均 $P=0.000$), 而 2 组牙根尖产生了相反方向的移动 (表 3)。

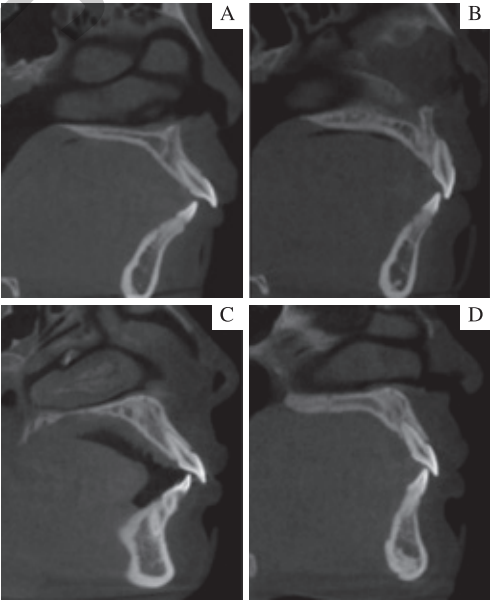
表 3 2 组前牙内收变化结果比较
Tab 3 Comparison of dental changes between two groups

测量项目	A 组 (R&Tp, $n=78$)	B 组 (R&Tq, $n=82$)	P 值
Δ IE-MP/mm	5.86 ± 1.77	4.71 ± 1.32	0.000
Δ RA-MP/mm	-1.12 ± 0.89	1.85 ± 1.16	0.000
Δ LAI.PP/°	18.90 ± 6.46	8.35 ± 3.87	0.000

注: Δ 表示术前术后差值, 正值表示术后距离或角度减小, 负值表示术后距离或角度增大。

2.3 牙槽骨改建变化情况比较

倾斜内收组上颌切牙唇侧牙槽骨厚度从牙根颈部到根尖部均减小 ($P=0.017$, $P=0.000$, $P=0.000$), 且往根尖方向减小量逐渐增大, 在个别牙齿唇侧根尖区发现骨开窗现象; 该组腭侧牙槽骨厚度在 S1 水平表现为减小 ($P=0.000$), 但在 S2、S3 水平表现为厚度增加 (均 $P=0.000$) (图 4A、B)。控根内收组上颌切牙唇侧牙槽骨厚度自牙根颈部到根尖部均表现为增加 ($P=0.000$, $P=0.000$, $P=0.002$), 但增加量较小; 而腭侧牙槽骨厚度在 3 个水平上均显著减小 (均 $P=0.000$), 且在 S1 水平减小量最大, S2 水平次之, 在一些研究对象中发现骨开裂现象 (图 4C、D)。在唇腭侧牙槽骨总体厚度项目上, 倾斜内收组 T1 厚度减小 ($P=0.000$), T2、T3 厚度增大 ($P=0.001$, $P=0.000$); 控根内收组各水平牙槽骨总厚度均表现为减小 (均 $P=0.000$), 其中 T1、T2 厚度减小量较大。2 组唇侧 (均 $P=0.000$)、腭侧 (均 $P=0.000$) 牙槽嵴高度均下降, 且腭侧牙槽嵴高度降低更显著, 其中又以控根内收组变化最大 ($P=0.000$) (表 4)。



注: A、B. 前牙非控制性倾斜内收, 上颌切牙腭侧根尖区牙槽骨厚度增加, 唇侧骨量减少, 唇侧根尖区出现骨开窗现象; C、D. 前牙控根性内收, 牙根位置控制良好, 切牙颊侧牙槽骨厚度增加, 但腭侧见明显骨开裂现象。

图 4 牙槽骨改建情况比较
Fig 4 Comparison of treatment changes of alveolar bone between two groups

表 4 2 组内牙槽骨测量项目术前术后比较及 2 组间牙槽骨治疗变化结果比较
Tab 4 Comparison of pre- and post-treatment alveolar bone measurements within two groups and alveolar bone changes between two groups

测量项目	A 组牙槽骨测量项目术前术后比较 (R&Tp, n=78)			B 组牙槽骨测量项目术前术后比较 (R&Tq, n=82)			2 组间牙槽骨治疗变化结果比较		
	术前	术后	P 值 ^①	术前	术后	P 值	A 组	B 组	P 值 ^②
L1/mm	1.09±0.32	0.99±0.36	0.017	1.07±0.34	1.20±0.40	0.000	0.10±0.34	-0.13±0.31	0.000
L2/mm	1.07±0.33	0.83±0.40	0.000	0.96±0.32	1.16±0.47	0.000	0.25±0.36	-0.20±0.40	0.000
L3/mm	1.42±0.68	0.85±0.74	0.000	1.22±0.54	1.52±0.82	0.002	0.57±0.58	-0.30±0.79	0.000
P1/mm	1.71±0.47	1.08±0.71	0.000	1.71 (1.47, 1.97) ^③	0 (0, 0.78)	0.000	0.63±0.66	1.30±0.56	0.000
P2/mm	2.62±0.75	3.08±1.14	0.000	2.63±0.66	1.36±0.87	0.000	-0.45±0.99	1.28±0.90	0.000
P3/mm	4.01±1.12	5.90±1.85	0.000	3.84±0.98	2.96±1.32	0.000	-1.89±1.54	0.88±1.28	0.000
T1/mm	8.40±0.70	7.93±0.92	0.000	8.28±0.71	7.40±0.70	0.000	0.47±0.73	0.89±0.53	0.000
T2/mm	8.58±0.92	9.00±1.31	0.001	8.35±0.95	7.41±1.02	0.000	-0.42±1.02	0.93±0.83	0.000
T3/mm	9.08±1.26	10.43±1.80	0.000	8.62±1.23	8.05±1.38	0.000	-1.35±1.38	0.56±1.23	0.000
V _l /mm	0.73±0.34	1.38±0.60	0.000	0.69 (0.54, 0.97)	1.04 (0.75, 1.60)	0.000	-0.65±0.60	-0.33±0.47	0.001
V _r /mm	0.67±0.32	1.80±1.00	0.000	0.67 (0.51, 0.96)	3.26 (1.51, 4.79)	0.000	-1.14±1.20	-2.73±2.35	0.000

注：^①正态性资料使用配对 *t* 检验；^②非正态性分布资料使用 Wilcoxon 符号秩和检验；^③方差齐性资料采用独立样本 *t* 检验，方差不齐资料采用 Mann-Whitney *U* 检验。

3 讨论

3.1 前牙的移动方式

临床上双颌前突或上颌前突的患者较为常见，此类患者的矫治常需要内收和直立前牙以改善软组织侧貌突度^[7-8]。本实验研究对象为安氏Ⅱ类 1 分类恒牙列患者，其上颌前突畸形常需进行拔牙和内收矫治，结果显示 2 组上颌前牙均实现了较大范围的内收和直立，有效地改善了前突畸形。

以往有关前牙内收的研究，无论是研究前牙内收距离、内收方式^[4, 9-10]，还是牙轴内收角度^[9-10]，均采用二维头影测量分析方法，存在着解剖结构重叠、影像精确度不高、易受头颅位置影响等不足。本实验基于 CBCT 影像，结合三维测量软件，有效截取上颌各个切牙的正中矢状面，以 ANS、PNS 确定的腭中垂面进行距离测量，以 ANS、PNS、A 点确定的腭平面进行角度测量，可以直观、精确地在目标面进行测量，测量方法精度和可重复性良好。

结果显示，倾斜内收组上颌切牙根尖与切缘移动方向相反，但切缘内收量大于根尖唇向移动量，因此前牙移动方式为旋转和整体内收的组合，旋转中心位于阻抗中心和根尖之间^[11]。控根性内收组上颌切牙牙根虽然与牙冠同向移动，但根尖移动量较小，因此前牙内收时仍然发生了旋转。除此之外，本实验还发现牙槽骨总厚度减小量小于两侧牙槽骨减小量的总和（倾斜内收组 T1，控根内收组 T1、T2、T3），或者牙槽骨总厚度增加量大于两侧牙槽骨厚度增量总和（倾斜内收组 T2、T3），提示前牙内收过程中发

生了压低移动。压低移动一方面可抵消前牙内收过程的“钟摆效应”，有利于打开前牙咬合及内收前牙；另一方面使牙根更靠近骨量更充足的牙槽基骨，同时促进颊舌侧牙槽突表面及根尖区骨沉积^[12-13]，从而使牙槽骨总厚度增加。因此 2 种内收方式下前牙的移动均为旋转、平移以及压低移动的组合，但各部分构成比重存在差别。

3.2 牙槽骨改建变化情况

倾斜内收组前牙发生旋转移动时仅有一半的牙周膜区域受力，即唇侧根尖区和腭侧牙槽嵴顶区，施加于牙齿上的正畸力集中于这 2 个区域，此时即使很小的内收力也会产生较大的局部应力；有研究^[14]表明此时牙槽嵴顶区局部应力是整体移动时牙槽骨表面应力的数倍。强大的局部应力使血管压闭，局部牙周膜产生玻璃样变，成骨细胞和破骨细胞的分化和激活停止，导致牙槽骨改建受限；其次牙槽骨在远处发生潜掘性吸收，其吸收的范围和厚度较大。因此研究结果显示上颌切牙唇侧根尖区以及腭侧牙槽嵴顶区牙槽骨厚度显著减小，且腭侧牙槽嵴高度显著降低，这与房兵等^[15]的研究结果类似。而腭侧牙根中部及根尖区牙槽骨厚度增加，并非由于牙槽骨的沉积所致，而应该归因于该区域相应牙槽骨的改建滞后于牙齿移动。研究结果提示，前牙倾斜内收时唇侧根尖区和腭侧牙槽嵴处形成的压力聚集区均不利于牙槽骨改建，牙槽骨损伤明显^[16]。

控根内收组上颌切牙唇侧牙槽骨厚度增加，腭侧牙槽骨厚度显著减小，这与 Sarikaya 等^[9]、刘映鸿等^[17]的研究结果类似；且唇侧牙槽骨增加量明显小于腭侧减小量，与

Ahn 等^[10]的结果相似。此外,研究发现上颌切牙唇腭侧牙槽骨厚度变化量均小于前牙内收量,表明牙槽骨具有一定的改建能力,能够补偿牙齿移动;但由于前突切牙周围牙槽骨较薄^[18],不利于成骨前体细胞形成新骨^[19],因此牙槽骨改建能力有限,过度的牙齿移动将会使牙周膜与邻近骨膜融合^[20],继而发生牙槽骨吸收、牙根穿出骨皮质等不良反应。相应地,本研究中发现控根内收组部分切牙腭侧出现骨开裂现象。除此之外,研究发现虽然切牙唇腭侧牙槽骨高度均降低,但腭侧更加显著(2.73 mm vs 0.33 mm)。Guo 等^[21]认为唇腭侧牙槽骨弯曲性能存在差异,腭侧骨皮质弯曲能力有限,过度的牙齿内收超出腭侧骨皮质弯曲极限将会导致牙槽骨损伤、牙槽骨高度显著降低。因此,结果表明,前牙控根内收时腭侧牙槽骨的补偿性改建有限,前牙的大范围内收将超出其改建限度,从而导致牙槽骨吸收变薄甚至骨开裂、牙槽骨高度降低等不良后果。

值得一提的是,本研究关注的是患者矫治结束即刻的牙槽骨变化情况,而牙槽骨在矫治结束后长期的改建变化情况尚无一致性结论。Engelking 等^[22]研究发现,正畸治

疗导致前牙腭侧牙槽骨处牙槽骨厚度减小,但在其后数年的随访过程中并未发现牙槽骨的重建和修复;也有研究^[23-24]认为当移动后的牙齿返回其原始位置后,正畸治疗产生的骨开裂会逐渐修复,牙槽骨仍可恢复其初始厚度。因此在矫治结束后的保持阶段,有必要对牙槽骨长期的改建反应做进一步观察和研究,以明确牙槽骨是否继续发生改建变化以匹配正畸矫治产生的牙齿移动。

综上所述,上颌前牙倾斜性内收时局部牙槽骨改建受限,控根性内收时牙槽骨改建有限、滞后于牙齿移动;前牙在 2 种内收方式下相关牙槽骨均以吸收为主要表现,牙槽骨不能保持其原有厚度及高度。倾斜性内收组上颌切牙唇侧根尖区、腭侧牙槽骨区以及控根内收组切牙腭侧牙龈颈部及中部区域均是牙槽骨吸收高风险区,上颌前牙过度的内收将会导致这些区域的牙槽骨损伤。正畸治疗不仅应考虑牙列咬合及侧貌协调,更应当重视其对牙周健康带来的挑战。牙槽骨厚度前牙段较后牙段薄^[25],且颊腭侧骨板与前牙的矢状向运动密切相关,因此正畸前牙内收存在着牙周风险,应避免过度移动牙齿损害牙周组织健康。

参 · 考 · 文 · 献

- [1] Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics[M]. 5th ed. Maryland Heights (USA): Mosby Elsevier, 2012: 282-286.
- [2] Burstone CJ, Pryputniewicz RJ. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces[J]. Am J Orthod, 1980, 77(4): 396-409.
- [3] Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics[J]. Am J Orthod, 1957, 43(1): 32-45.
- [4] 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.
- [5] Leung CC, Palomo L, Griffith R, et al. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010, 137(4): S109-S119.
- [6] Timock AM, Cook V, McDonald T, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2011, 140(5): 734-744.
- [7] Sharma JN. Skeletal and soft tissue point A and B changes following orthodontic treatment of Nepalese Class I bimaxillary protrusive patients[J]. Angle Orthodontist, 2010, 80(1): 91-96.
- [8] Bills DA, Handelman CS, Begole EA. Bimaxillary dentoalveolar protrusion: traits and orthodontic correction[J]. Angle Orthodontist, 2005, 75(3): 333-339.
- [9] Sarikaya S, Haydar B, Cicer 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.
- [10] 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 Orthodontist, 2013, 83(2): 212-221.
- [11] Burstone CJ, Choy K. The biomechanical foundation of clinical orthodontics[M]. Chicago (USA): Quintessence Publishing Co Ltd, 2015: 171-175.
- [12] Bondevik O. Tissue changes in the rat molar periodontium following application of intrusive forces[J]. Eur J Orthod, 1980, 2(1): 41-49.
- [13] Melsen B. Tissue reaction following application of extrusive and intrusive forces to teeth in adult monkeys[J]. Am J Orthod, 1986, 89(6): 469-475.
- [14] Choy K, Pae EK, Park Y, et al. Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2000, 117(1): 98-105.
- [15] 房兵, 许燕玲, 毛丽霞, 等. 种植支抗辅助内收前牙后牙槽骨的改建[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2008, 6(1): 28-33.
- [16] Cobo J, Argüelles J, Puente M, et al. Dentoalveolar stress from bodily tooth movement at different levels of bone loss[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1996, 110(3): 256-262.
- [17] 刘映鸿, 周泽渊, 赵奎, 等. 青少年患者前牙内收过程中牙槽骨改建情况的锥形束 CT 研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2016, 34(1): 78-84.
- [18] Nahm KY, Kang JH, Moon SC, et al. Alveolar bone loss around incisors in Class I bidentoalveolar protrusion patients: a retrospective three-dimensional cone beam CT study[J]. Dento Maxillo Facial Radiology, 2012, 41(6): 481-488.
- [19] Artun J, Grobety D. Periodontal status of mandibular incisors after pronounced orthodontic advancement during adolescence: a follow-up evaluation[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2001, 119(1): 2-10.
- [20] Fuhrmann R. Three-dimensional evaluation of periodontal remodeling during orthodontic treatment[J]. Semin Orthod, 2002, 8(1): 23-28.
- [21] Guo QY, Zhang SJ, Liu H, et al. Three-dimensional evaluation of upper anterior alveolar bone dehiscence after incisor retraction and intrusion in adult patients with bimaxillary protrusion malocclusion[J]. J Zhejiang Univ Sci B, 2011, 12(12): 990-997.
- [22] Engelking G, Zachrisson BU. Effects of incisor repositioning on monkey periodontium after expansion through the cortical plate[J]. Am J Orthod, 1982, 82(1): 23-32.
- [23] Thilander B, Nyman S, Karring T, et al. Bone regeneration in alveolar bone dehiscences related to orthodontic tooth movements[J]. Eur J Orthod, 1983, 5(2): 105-114.
- [24] Rimmelink HJ, van der Molen AL. Effects of anteroposterior incisor repositioning on the root and cortical plate: a follow-up study[J]. J Clin Orthod, 1984, 18(1): 42-49.
- [25] Horner KA, Behrents RG, Kim KB, et al. Cortical bone and ridge thickness of hyperdivergent and hypodivergent adults[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2012, 142(2): 170-178.

[收稿日期] 2018-06-22

[本文编辑] 邵碧云

