

下颌后缩畸形患者正颌外科术后髁突改建的三维影像评价

陈 硕¹, 刘筱菁¹, 李自力¹, 梁 成¹, 王晓霞¹, 傅开元², 伊 彪^{1△}

(北京 大 学 口 腔 医 学 院 · 口 腔 医 院 1. 口 腔 颌 面 外 科 2. 放 射 科 北 京 100081)

[摘 要] 目的: 评价下颌后缩畸形患者正颌外科术后髁突形态的三维变化。方法: 回顾 2011 年 1 月至 2013 年 1 月于北京大学口腔医院颌面外科接受手术的下颌后缩畸形患者 18 例, 基于术前及术后 1 年双侧颞下颌关节锥形束 CT(cone-beam computed tomography ,CBCT) 数据进行髁突三维分割及重建, 并将术前和术后 1 年的髁突影像进行配准, 通过三维色谱分析评价髁突形态的三维变化。应用 SPSS 13.0 统计软件对获得数据进行统计学分析。结果: 术前与术后 1 年髁突表面平均距离的均方根为(0.37 ± 0.11) mm, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。髁突表面骨改建的分布差异具有统计学意义($P < 0.05$)。骨吸收主要发生在髁突后斜面, 骨沉积主要发生在前斜面。结论: 基于 CBCT 数据的三维影像重叠法表明, 下颌后缩畸形患者正颌外科术后髁突形态发生了改建。

[关键词] 下颌后缩; 下颌髁突; 正颌外科; 锥形束计算机体层摄影术; 成像, 三维

[中图分类号] R783.9 [文献标志码] A [文章编号] 1671-467X(2015)04-0703-05

doi: 10.3969/j.issn.1671-467X.2015.04.030

Three-dimensional evaluation of condylar morphology remodeling after orthognathic surgery in mandibular retrognathism by cone-beam computed tomography

CHEN Shuo¹, LIU Xiao-jing¹, LI Zi-li¹, LIANG Cheng¹, WANG Xiao-xia¹, FU Kai-yuan², YI Biao^{1△}

(1. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, 2. Department of Radiology, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT Objective: To evaluate the effect of orthognathic surgery on condylar morphology changes by comparing three-dimension surface reconstructions of condyles using cone-beam computed tomography (CBCT) data. **Methods:** In the study, 18 patients with mandible retrognathism deformities were included and CBCT data of 36 temporomandibular joints were collected before surgery and 12 months after surgery. Condyles were reconstructed and superimposed pre- and post-operatively to compare the changes of condylar surfaces. One-sample t test and χ^2 test were performed for the analysis of three-dimension metric measurement and condylar head remodeling signs. $P < 0.05$ was considered significant. **Results:** The root-mean-square (RMS) of condylar surface changes before and after the surgery was (0.37 ± 0.11) mm, which was significant statistically ($P < 0.05$). The distribution of condylar remodeling signs showed significant difference ($P < 0.05$). Bone resorption occurred predominantly in the posterior area of condylar head and bone formation occurred mainly in the anterior area. **Conclusion:** Three-dimension superimposition method based on CBCT data showed that condylar morphology had undergone remodeling after mandibular advancement.

KEY WORDS Retrognathia; Mandibular condyle; Orthognathic surgery; Cone-beam computed tomography; Imaging, three-dimensional

双侧下颌升支矢状劈开截骨术(bilateral sagittal split ramus osteotomy ,BSSRO) 是矫正下颌后缩畸形最常用的正颌外科手术方法。众所周知, BSSRO 术后髁突形态会发生变化^[1-2], 传统的评价髁突形态改变的影像学方法包括髁突经咽侧位^[1]和曲面断层片^[2], 但是这种二维影像存在变形失真及影像重叠等问题, 难以准确反映髁突表面骨质和三维形态的变化^[3], 因此, 通过二维图像评价髁突形态的三

维变化存在一定的局限性。螺旋 CT 虽然可以实现三维重建, 但由于照射量较大, 且检查费用相对较高, 在一定程度上限制了其在颞下颌关节检查中的应用。

近几年来所发展的锥形束 CT(cone beam computed tomography ,CBCT) , 空间分辨率高、放射剂量低, 并且价格低廉, 被国内外学者推荐为评价髁突骨质改变的首选检查方法^[4-5], 而且 CBCT 可以 1:1

△ Corresponding author's e-mail, yibiao@sina.com

网络出版时间: 2015-6-25 13:10:17 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20150625.1310.001.html>

真实反映颅颌面解剖结构,能够精确地实现二维测量和三维体积测量^[6-7]。Cevitanes 等^[8]首次提出运用基于 CBCT 数据的影像重叠技术,评价上颌骨前徙术后下颌升支及髁突的位置变化。Carvalho 等^[9]运用该方法评价 BSSRO 前徙下颌骨术后,髁突、下颌升支及颞部的位置变化,发现术后髁突发生了后上移位,在随访过程中,髁突的位置发生了适应性的改建。近年来,有学者运用基于 CBCT 的影像重叠方法,评价下颌前突患者正颌外科术后髁突形态的改建^[10-11],但有关下颌后缩畸形患者正颌外科术后髁突形态三维变化的研究仍然较少。

本研究的目的是基于 CBCT 数据进行髁突三维分割重建,利用影像重叠法评价下颌后缩畸形患者正颌外科术后髁突形态的三维变化。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾 2011 年 1 月至 2013 年 1 月在北京大学口腔医院颌面外科接受手术的下颌后缩畸形患者 18 例,其中男性 5 例,女性 13 例,平均年龄(25.5 ± 4.5)岁。研究对象符合以下纳入标准:下颌后缩畸形;完成正畸-正颌联合治疗;手术术式为“上颌 Le Fort I 截骨+BSSRO+颞成形术”,上颌骨及颞部截骨段间采用微型钛板、下颌骨截骨段间采用小型钛板完成坚固内固定;所有入组病例的病历资料完整。排除标准:伴有前牙开殆畸形;有颞下颌关节骨关节炎(temporomandibular joint osteoarthritis, TM-JOA)者;明显的面部不对称畸形;外伤、肿瘤、颞下颌关节强直等继发的颌骨畸形;伴有全身系统疾病者。本研究通过北京大学口腔医院生物医学伦理委员会审核。

1.2 髁突三维分割、重建及配准

1.2.1 颞下颌关节 CBCT 数据的获取 嘱患者取坐位,背部直立。使用头颅固定装置和光标定位系统使受试者面部正中矢状面与地平面垂直,眶耳平面与地平面平行,上、下颌牙列咬紧并保持在牙尖交错位,扫描过程中保持静止不动,使光标定位系统的十字光标正对扫描对象的中心位置,行双侧颞下颌关节扫描检查。CBCT(DCT Pro, Vatech, 韩国)扫描参数:管电压 90 kVp,管电流 7.0 mA,扫描视野 16 cm × 10 cm,扫描时间 24 s。以 DICOM 文件格式保存影像资料。

1.2.2 髁突三维分割及重建 将 DICOM 格式文件导入 ProPlan 1.4 软件系统(SynthesProPlan, Materialise, 比利时)分别完成术前和术后 1 年随访时髁

突的分割及重建(图 1):首先选择 segmentation 功能,选择合适的阈值;然后,在感兴趣区域(即髁突)选择种子点,在轴位上确定髁突的上、下界^[12],通过 remove selection 将与种子点不相连的颌骨部分擦除,初步完成髁突分割及重建;最后,选择 manual tools,参考 Xi 等^[13]提出的半自动分割方法获取精确的髁突三维模型。文件保存为 STL 格式。

1.2.3 髁突影像配准 将获取的术前及术后髁突三维模型导入 Geomagic Studio 2012(Geomagic, 美国),首先选取 3 个标志点进行点配准(图 2A),然后选取髁突头进行曲面配准(图 2B),使用三维色谱对两次髁突的差异进行定性和定量分析(图 2C)。软件自动计算出配准后两次髁突表面的平均距离,记录该值的均方根(root-mean-square, RMS),作为髁突表面骨质的改变量。将髁突形态的改建征象分为 3 种:骨吸收、骨沉积和无骨质变化。根据髁突解剖形态将髁突头分为 4 个区域:在矢状位,以髁突横嵴为界将髁突分为前斜面和后斜面;在冠状位,以髁突顶为界,将髁突分内斜面和外侧斜面。如图 3 所示,将髁突分为前内、前外、后内、后外 4 个斜面。

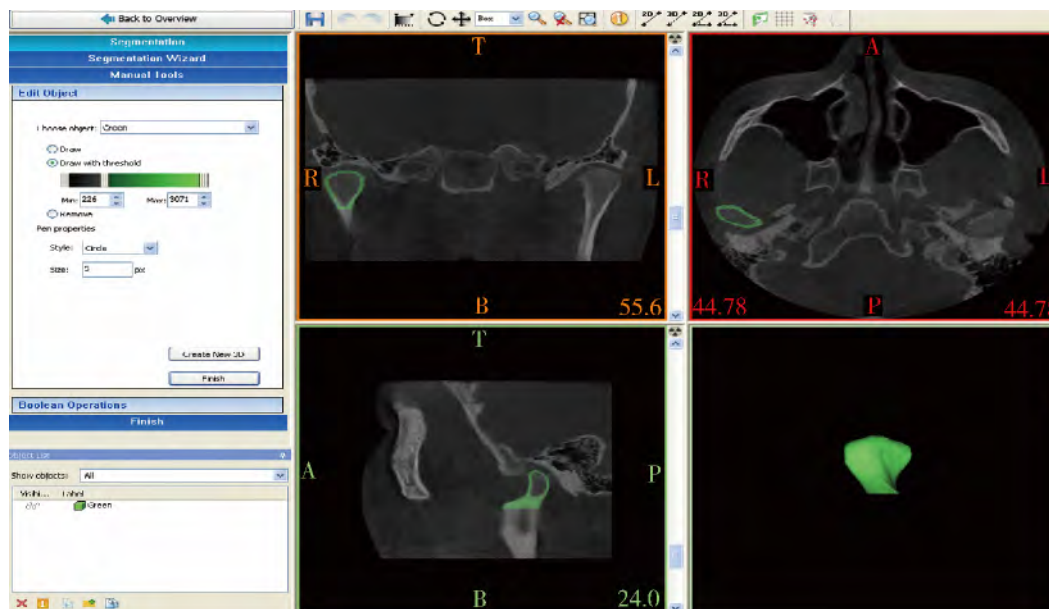
1.3 统计学分析

应用 SPSS 13.0 统计软件,采用卡方检验比较不同解剖部位改建征象差异有无统计学意义。记录重叠后髁突表面距离的均方根,采用单一样本 *t* 检验(test value = 0)进行统计学分析。每个研究对象均由两位研究者各自独立完成配准,同一研究者间隔两周重复配准一次。采用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)评价该方法研究者之间和研究者内部的可靠性。

2 结果

18 例患者下颌骨 B 点前徙的距离为 4.58 ~ 8.51 mm,平均(6.48 ± 1.17) mm。不同部位改建征象分布差异具有统计学意义($P < 0.05$),其中骨吸收主要发生在髁突后斜面,骨沉积主要发生在前斜面(表 1)。

该方法测得重叠后髁突表面距离的一致性良好,研究者之间和研究者内部的 ICC 分别为 0.954 和 0.975。术前与术后 1 年髁突表面平均距离的均方根为(0.37 ± 0.11) mm,差异有统计学意义(单一样本 *t* 检验, $P < 0.05$),说明髁突表面发生了骨改建。双侧髁突表面骨质变化差异无统计学意义[右侧(0.38 ± 0.12) mm,左侧(0.36 ± 0.11) mm,配对 *t* 检验, $P = 0.521$]。



T , top; B , bottom; L , Left; R , right; P , posterior; A , anterior.

图 1 通过 ProPlan1.4 软件系统完成髁突三维重建

Figure 1 Three-dimensional reconstruction of condyle with ProPlan 1.4 software

表 1 髁突表面骨改建征象分布

Table 1 Distribution of condylar remodeling signs in different areas of condylar head

Variable	Remodeling sign (n = 36)			χ^2	P
	Bone resorption	Bone formation	Unchanged		
Anteromedial	4	20	12	10.667	0.005
Anterolateral	6	19	11	7.167	0.028
Posteromedial	24	4	8	18.667	<0.001
Posterolateral	23	5	8	15.500	<0.001

3 讨论

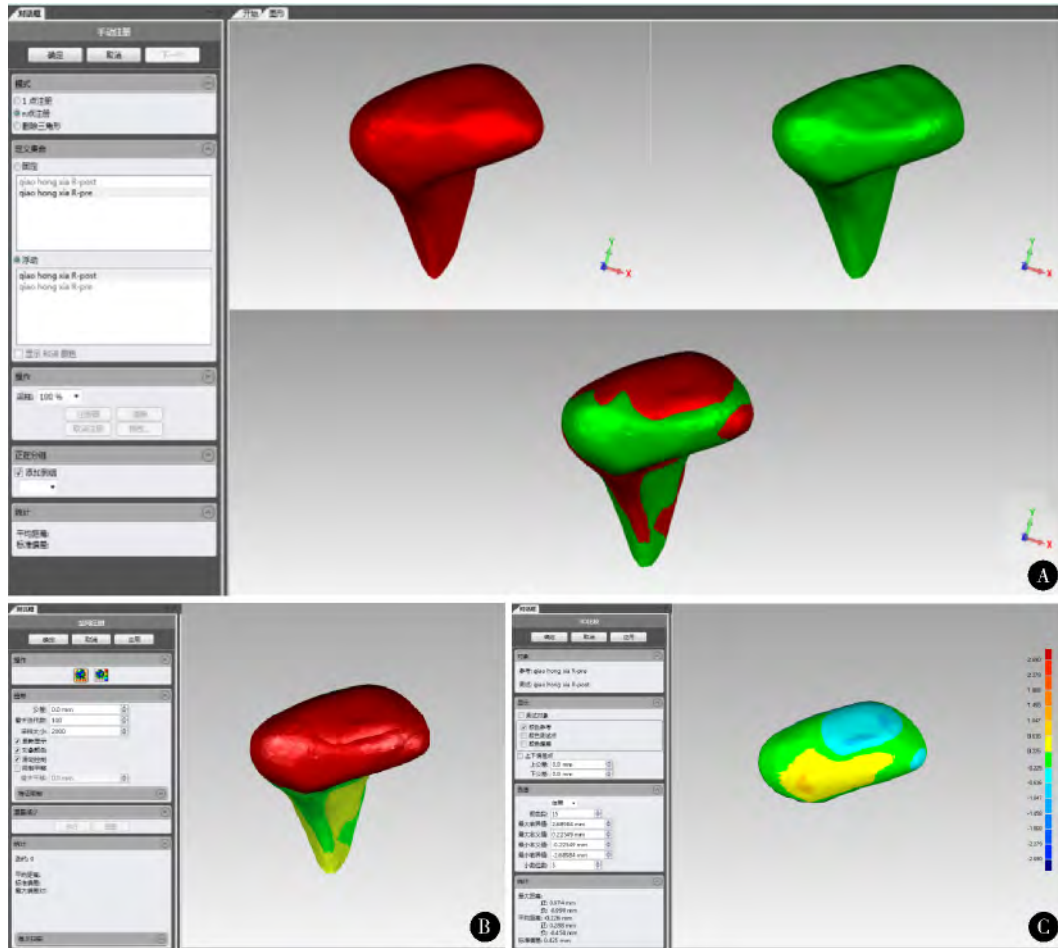
髁突软骨在生长发育完成后仍有对外界生物力刺激作出适应性改建的能力,因此颞下颌关节是具有适应性改建能力的滑膜关节,其改建活动具有终身性、渐进性、生物力依赖性^[14],正颌外科手术术后髁突改建或吸收的报道并不少见^[1-2,10-11]。过去对于髁突形态变化的评价多采用经咽侧位或曲面断层片,近年来,随着医学图像软件的发展,利用 CBCT 数据将髁突三维重建并将其从颅底和下颌骨中分离出来成为可能,从而避免各结构间的重叠及干扰,可以任意角度观察髁突形态的三维变化。本研究基于 CBCT 数据,实现了对下颌骨前徙术后髁突改建的三维定性和定量分析。

实现髁突定量分析的第一步是将髁突从下颌骨中分割出来。CBCT 获取骨组织的体素灰度值并不

完全取决于骨密度,而与图像的空间位置有关,这意味着对于 CBCT 影像,相邻的骨组织可能对应不同的灰度值。因此,基于灰度值的自动分割法所获取的髁突三维影像经常可以看到表面骨皮质不连续的现象,通常需要手动描计髁突的轮廓,实现对髁突影像的精确重建。目前基于 CBCT 数据的髁突分割金标准仍是人工分割结果^[13]。

我们将分割重建的髁突三维影像导入 Geomagic Studio 2012,基于迭代最近点算法原理(iterative closest points, ICP)^[15]进行图像的点配准和曲面配准,从而将术前和术后的影像进行重叠。计算机软件计算出两次影像曲面之间的距离平均值,并通过三维彩色矢量图直观地反应髁突表面骨质的沉积与吸收。图像的配准和运算通过计算机软件实现,易于重复且配准精度可达(0.025 ± 0.129) mm^[16],从而在一定程度上减少人为测量产生的误差,这是研究者之间和研究者内部具有高度一致性的原因。而且,与传统的二维测量相比,三维色谱分析对于髁突表面骨质的细微改建更加敏感^[17]。

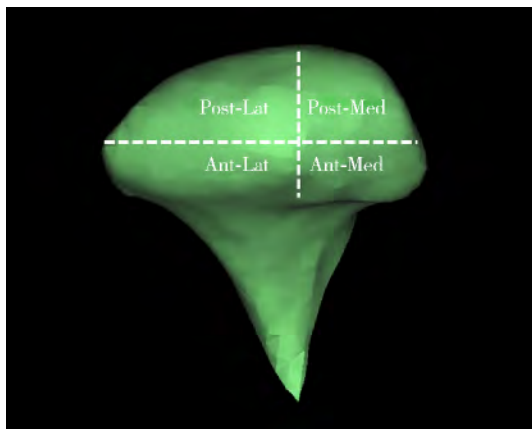
本研究通过三维影像重叠,发现术前与术后 1 年髁突表面的平均距离为(0.37 ± 0.11) mm,表明 BSSRO 前徙下颌骨术后,髁突表面发生了骨改建。通过三维色谱分析发现,骨吸收主要发生在髁突后斜面,骨沉积主要发生在前斜面,这与 Carvalho 等^[9]观察到的结果相似。我们推测,髁突表面骨改建的分布特点可能与髁突位置的变化有关。



A , registration according to points; B , global registration according to surface; C , surface distances between pre-and post-surgery condylar image (Maximum: 0.974 / -0.990 mm; Average: 0.288 / -0.458 mm; Standard deviation: 0.425 mm; Yellow is bone formation , blue is bone resorption) .

图 2 髁突影像配准及三维色谱分析

Figure 2 Registration between pre- and post-surgery condylar images and analysis by three-dimension color map



Ant-Lat , anterolateral; Ant-Med , anteromedial; Post-Lat , posterolateral; Post-Med , posteromedial.

图 3 将髁突头分为 4 个解剖区域

Figure 3 Condylar head is divided into four areas

Ellis 等^[18]建立的下颌骨矢状劈开动物模型表明 ,髁突后斜面的软骨厚度与其水平方向移位有关:

髁突前移位程度越大 ,髁突后斜面软骨越厚;反之 ,髁突后移位程度越大 ,髁突后斜面软骨越薄 ,甚至软骨层丧失 ,出现骨吸收。临床研究亦观察到 ,在下颌功能性前伸后 ,髁突后上部可见新骨形成^[19] ,这可能是因为髁突位置的变化 ,改变了颞下颌关节局部生物力学环境 ,产生后继生物学效应 ,刺激或抑制了软骨细胞的增殖^[20]。已有体外实验证实 ,一定持续的张应力和压应力可以促进髁突软骨细胞增殖 ,过度的压应力则会减少软骨细胞内基质成分的合成^[21-22]。我们前期的研究表明 ,下颌骨前徙术后 1 年 ,髁突位置发生了后上移位 ,并且髁突位置的改变并没有引起颞下颌关节紊乱体征的增加^[23]。髁突后上移位可能伴随其后斜面承受压应力增加 ,进而引起后斜面骨吸收;前斜面少量骨沉积可能与关节前间隙增加及关节前间隙内压力释放刺激了软骨增殖有关 ,提示髁突形态的变化是对其位置改变的一种适应性反应。

颞下颌关节是具有改建能力的滑膜关节,影响其改建的因素主要包括关节腔内机械应力的大小以及关节自身的适应能力^[2]。当关节负重的改变在其适应范围内时,髁突表现为功能性的改建(functional remodeling);当关节负重的改变超过其适应能力时,则出现功能障碍性改建(dysfunctional remodeling)^[24],可能导致颞下颌关节功能紊乱,甚至引起下颌升支变短,进而导致畸形复发^[25]。本研究表明,下颌骨前徙后髁突形态发生了适应性改建,这种改建是否会持续进行及其对术后稳定性的影响有待进一步研究。

参考文献

- [1] Kerstens HC , Tuinzing DB , Golding RP , et al. Condylar atrophy and osteoarthritis after bimaxillary surgery [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* ,1990 ,69(3) : 274 - 280.
- [2] Borstlap WA , Stoelinga PJ , Hoppenreijts TJ , et al. Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective , multicentre study with two-year follow-up. Part III: condylar remodelling and resorption [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg* ,2004 , 33(7) : 649 - 655.
- [3] Mawani F , Lam EW , Heo G , et al. Condylar shape analysis using panoramic radiography units and conventional tomography [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* ,2005 , 99(3) : 341 - 348.
- [4] Honda K , Larheim TA , Maruhashi K , et al. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material [J]. *Dentomaxillofac Radiol* ,2006 , 35(3) : 152 - 157.
- [5] 傅开元,张万林,柳登高,等. 应用锥形束 CT 诊断颞下颌关节骨关节病的探讨 [J]. *中华口腔医学杂志* ,2007 ,42(7) : 417 - 420.
- [6] Honey OB , Scarfe WC , Hilgers MJ , et al. Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: comparisons with panoramic radiology and linear tomography [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* ,2007 ,132(4) : 429 - 438.
- [7] Bayram M , Kayipmaz S , Sezgin OS , et al. Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography [J]. *Eur J Radiol* ,2012 ,81(8) : 1812 - 1816.
- [8] Cevidanes LH , Bailey LJ , Tucker GJ , et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients [J]. *Dentomaxillofac Radiol* ,2005 ,34(6) : 369 - 375.
- [9] Carvalho FA , Cevidanes LH , Da MA , et al. Three-dimensional assessment of mandibular advancement 1 year after surgery [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* ,2010 ,137(4 Suppl) : S51 - S55.
- [10] Park SB , Yang YM , Kim YI , et al. Effect of bimaxillary surgery on adaptive condylar head remodeling: metric analysis and image interpretation using cone-beam computed tomography volume superimposition [J]. *J Oral Maxillofac Surg* ,2012 , 70(8) : 1951 - 1959.
- [11] An SB , Park SB , Kim YI , et al. Effect of post-orthognathic surgery condylar axis changes on condylar morphology as determined by 3-dimensional surface reconstruction [J]. *Angle Orthod* ,2014 ,84(2) : 316 - 321.
- [12] Tecco S , Saccucci M , Nucera R , et al. Condylar volume and surface in Caucasian young adult subjects [J]. *BMC Med Imaging* ,2010(10) : 28.
- [13] Xi T , van Loon B , Fudalej P , et al. Validation of a novel semi-automated method for three-dimensional surface rendering of condyles using cone beam computed tomography data [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg* ,2013 ,42(8) : 1023 - 1029.
- [14] 谷志远,傅开元,张震康. 颞下颌关节紊乱病 [M]. 北京: 人民卫生出版社,2008: 61.
- [15] Besl PJ , McKay ND. A method for registration of 3-D shapes [J]. *Pattern Analysis and Machine Intelligence* ,IEEE Transactions on ,1992 ,14(2) : 239 - 256.
- [16] 赵一姣,原福松,谢晓艳. 牙颌模型激光扫描数据与锥形束 CT 数据配准方法的精度比较 [J]. *中华口腔医学杂志* ,2013 ,48(3) : 173 - 176.
- [17] Kinzinger G , Kober C , Diedrich P. Topography and morphology of the mandibular condyle during fixed functional orthopedic treatment: a magnetic resonance imaging study [J]. *J Orofac Orthop* ,2007 ,68(2) : 124 - 147.
- [18] Ellis ER , Hinton RJ. Histologic examination of the temporomandibular joint after mandibular advancement with and without rigid fixation: an experimental investigation in adult *Macaca mulatta* [J]. *J Oral Maxillofac Surg* ,1991 ,49(12) : 1316 - 1327.
- [19] Liu MQ , Chen HM , Yap AU , et al. Condylar remodeling accompanying splint therapy: a cone-beam computerized tomography study of patients with temporomandibular joint disk displacement [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* ,2012 ,114(2) : 259 - 265.
- [20] Teramoto M , Kaneko S , Shibata S , et al. Effect of compressive forces on extracellular matrix in rat mandibular condylar cartilage [J]. *J Bone Miner Metab* ,2003 ,21(5) : 276 - 286.
- [21] Iimoto S , Watanabe S , Takahashi T , et al. The influence of Celecoxib on matrix synthesis by chondrocytes under mechanical stress *in vitro* [J]. *Int J Mol Med* ,2005 ,16(6) : 1083 - 1088.
- [22] 郭维华,李松,徐芸. 不同静压力对大鼠髁突软骨细胞生物学特性的影响 [J]. *华西口腔医学杂志* ,2007 ,25(6) : 603 - 605.
- [23] Chen S , Lei J , Wang X , et al. Short- and long-term changes of condylar position after bilateral sagittal split ramus osteotomy for mandibular advancement in combination with le fort I osteotomy evaluated by cone-beam computed tomography [J]. *J Oral Maxillofac Surg* ,2013 ,71(11) : 1956 - 1966.
- [24] Arnett GW , Milam SB , Gottesman L. Progressive mandibular retrusion-idiopathic condylar resorption. Part II [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* ,1996 ,110(2) : 117 - 127.
- [25] Kobayashi T , Izumi N , Kojima T , et al. Progressive condylar resorption after mandibular advancement [J]. *Br J Oral Maxillofac Surg* ,2012 ,50(2) : 176 - 180.

(2014-09-23 收稿)
(本文编辑: 赵 波)