

## CBCT在口腔正畸学的应用

杨云丹,张疆弢,黄瑾,梅梅,江策,丰雷

遵义医学院附属口腔医院正畸科,贵州 遵义 563003

**【摘要】**锥形束CT(CBCT)作为一种新型的影像学技术,近年来被广泛应用于口腔正畸学领域。它与传统影像学技术相比,具有扫描层薄、成像精确、辐射剂量低、操作简单等独特的优势。本文就CBCT在口腔正畸学领域的应用作一综述,主要应用领域包括三维头影测量、牙根吸收诊断、微种植体支抗研究、正畸牙齿阻生诊治、颞下颌关节病诊断、软组织分析、气道分析、牙槽骨研究和隐形矫治的应用等。

**【关键词】**锥形束CT;口腔正畸学;综述

**【中图分类号】**R783.5

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2017)01-0048-05

### Applications of cone beam CT in orthodontics

YANG Yundan, ZHANG Jiangtao, HUANG Jin, MEI Mei, JIANG Ce, FENG Lei

Department of Orthodontics, Stomatological Hospital Affiliated to Zunyi Medical College, Zunyi 563003, China

**Abstract:** In recent years, cone beam CT (CBCT) as a new imaging technique, is widely used in the field of orthodontics. Compared with the traditional imaging techniques, CBCT has such unique advantages as thin scanning layer, precise imaging, low irradiation dose, and simple operation. In this review, the authors summarize the application of CBCT in the field of orthodontics, including three-dimensional cephalometric, root absorption diagnosis, micro-implant anchorage, diagnosis and treatment of orthodontic impaction, diagnosis of temporomandibular joint disease, analysis of soft tissue, airway analysis, alveolar bone research and invisalign.

**Keywords:** cone beam CT; orthodontics; review

### 前言

锥形束CT(Cone Beam Computed Tomography, CBCT),顾名思义是锥形束投照计算机重组断层影像设备,是一种新型的影像诊断学技术。20世纪90年代后期,Mozzo等<sup>[1]</sup>将CBCT应用于口腔三维成像领域,口腔医生可通过CBCT三维立体评估患者骨骼与牙齿的关系,有助于临床医师对错颌畸形的诊断及做出更为合理的治疗方案。CBCT作为一种前沿影像学技术,它克服了传统CT和传统二维或二维影像的一些弊端,满足了口腔正畸学的诊断需要。本文就CBCT在口腔正畸学领域的应用作一综述。

**【收稿日期】**2016-08-16

**【基金项目】**遵义医学院附属口腔医院基金项目(ky2015-2,ky2015-10)

**【作者简介】**杨云丹,女,在读硕士研究生,研究方向:正畸生物力学,E-mail: 2798838710@qq.com

**【通信作者】**张疆弢,女,硕士,副教授,硕士生导师,研究方向:正畸生物力学,E-mail: 1223371848@qq.com

### 1 传统影像与CBCT对比

与传统CT相比,CBCT具有扫描层薄、成像精确、辐射剂量低、操作简单等优势<sup>[2]</sup>。利用CBCT也可以同时获得传统的曲面断层片和头颅正侧位片。正畸医生常用传统的头颅侧位片进行头影测量分析,但传统的头颅侧位片在拍摄中由于双侧面部组织离放射探头的距离不同,而出现影像放大、失真、重叠等问题,如颈椎、枕骨和气道等组织会影响影像的清晰度,为临床医师的诊断和制定诊疗计划带来困难。采用CBCT可以通过计算机去除颈椎等多余结构,在最初的三维重建过程中就可以纠正由于投照造成的组织结构大小的变化,从而获得更清晰更精确的影像。在辐射剂量方面,CBCT的辐射剂量已远低于普通CT,但随着CBCT在口腔正畸领域的大量应用,哪怕使用放射量最小的仪器,相比于全口曲面断层片和头颅正侧位片的辐射量要低于全头颅部

CBCT的辐射剂量。对于儿童而言,CBCT的辐射量仍然偏大<sup>[3]</sup>。Farman等<sup>[4]</sup>建议可用CBCT在其他特定区域进行三维扫描,进而减少对患者不必要的辐射。

## 2 CBCT在正畸诊疗中的应用

### 2.1 三维头影测量

头影测量分析是正畸学中的重要诊断工具,临床医师可以通过头影测量分析来判断颌骨的形态、大小、位置,以及上下颌骨的相对位置关系。传统的头影测量片的三维结构是用二维的方式来展现,虽然它已被广泛应用于制定正畸治疗计划的辅助工具,但仍然有一定的不足,对于某些参考点和标志点的定位较难,图像易变形,出现不均等放大的伪影,左右两侧的颅面结构重叠不一致,测量造成的误差等<sup>[5]</sup>。另外,头颅正侧位片的另一个不足是没有横断体积和面积的相关信息<sup>[6]</sup>。随着计算机科学技术的不断发展,三维头影测量使头影测量分析的可靠性和精确性得到了很大提高。三维头影测量利用CBCT断层扫描技术来获取患者颅颌面部的三维数据,从而模拟患者颅颌面部的三维结构,构建虚拟的三维颅颌面部结构模型,在计算机上通过相关软件进行头影测量分析,能够更全面更真实地反应颅颌面部结构的真实性。面部软硬组织三维重建及测量可以使正畸医师对患者面部结构及畸形的机制进行全面、客观、立体的三维分析<sup>[7]</sup>。

### 2.2 牙根吸收的诊断

牙根吸收作为正畸治疗常见的并发症之一,早期诊断牙根的吸收具有十分积极的意义。对牙根吸收的判断,临床医师常采用根尖片及全景片。根尖片常由于放大率和投照角度的不稳定,同时定位较差,易出现图片失真变形。曲面断层片常由于气道等组织而使得牙根观察时的清晰度受影响,尤其是上下颌前牙区牙的牙根。Sameshima等<sup>[8]</sup>研究认为曲面断层片使牙根吸收的程度夸大,因此不能反映牙根吸收程度的真实性,不适于早期诊断。CBCT已基本解决了二维图像上相关组织的影响,及其投照放大率的稳定性,更能从三维方向上反应牙根的吸收程度,已被国内外许多临床医师作为诊断牙根吸收的重要诊断工具。关于其准确性,余丽霞等<sup>[9]</sup>对固定矫治前后的上前牙分别拍摄全景片、根尖片及CBCT,以CBCT为标准来诊断全景片和根尖片对同一样本牙根吸收诊断的准确性,CBCT与全景片、根尖片相比较,对牙根吸收的诊断准确性更可靠。

### 2.3 微种植支抗研究

支抗的合理设计是正畸治疗中必不可少的环节,良好支抗的控制是正畸治疗成功的关键。微种植支抗作为一种新型的骨性支抗技术,具有种植体体积小、易植入、易去除等优势。微种植支抗的临床植入,需要对其种植部位局部骨质、骨量进行精确的评估,常规的二维X线片,例如曲面断层片、根尖片、头颅侧位片,都可以用来评估微种植支抗植入部位的骨质、骨量以及相关的解剖结构和它们之间的相互位置关系,但这些X线片都存在不同程度的局限性,如失真严重,影像组织结构重叠,不能获得横断面及立体影像,不能有效评估骨质的密度等。多层螺旋CT也可用于微种植体支抗植入前的评估,设计种植方案,但其扫描时间长、辐射剂量大、操作相对复杂等因素,未能在口腔领域作为常规检查手段得到广泛应用。CBCT的出现,由于它的分辨率高、扫描时间短、辐射剂量低、扫描伪影少等优势,可以有效评估支抗植入部位的骨质、骨量,在植入微种植支抗前可以有效评价植入部位与邻近解剖结构间的相互关系,准确判断植入部位的相关上颌窦、下颌神经管等重要解剖结构的位置,从而避免损伤,进而准确判断种植支抗植入的安全区域。侯凤春等<sup>[10]</sup>研究表明:种植支抗植入术通过CBCT进行扫描,可对唇侧骨皮质厚度、前牙区颌骨有所明确,提高手术的安全性,值得临床推广应用。此外,CBCT可以用于微种植支抗植入术后的评估,观察微种植支抗与相关解剖结构的关系位置,评估种植体与骨结合的情况,以此来评价种植支抗的稳定性。

CBCT还可用于三维重建。三维重建的牙颌模型可以模拟微种植体支抗的植入过程,定位植入体的最佳位置和角度,以此来降低微种植体植入的失败率,提高植入的精度和安全性。Kim等<sup>[11]</sup>对CBCT数据三维重建后利用快速成型技术制作微种植体的植入外科导板,提高植入精度和安全性的同时,临床医师可以直观地让患者看到种植钉植入过程和植入效果,有利于医患沟通。

### 2.4 正畸牙齿阻生诊治

阻生牙一直是正畸临床治疗的疑难病症之一,临床医师在对阻生牙进行诊断和制定治疗计划时,常需要考虑阻生牙是否需要拔除还是保留牵引。此时需要X线影像来判断阻生牙的位置及与邻牙相关情况。定位阻生牙的方法复杂而且误差大,只能判断阻生牙的颊、舌侧阻生,不能准确判断患牙的异常程度。常用根尖片和曲面断层片来定位阻生牙,其影像资料大多为二维影像,不能完全显示多轴向的

影像信息。通过CBCT可以从三维角度观察阻生牙的位置及与周围牙齿的关系,获得的图像经过处理可以得到局部冠状向、矢状向、轴向的连续平面影像<sup>[12]</sup>,进而协助临床医师做出最佳治疗计划,极大提高阻生牙正畸牵引的成功率,对治疗方案制定有着指导作用。CBCT还可以重建三维模型,达到局部解剖“模型再现”,能明确阻生牙的发育状况及直观反映三维位置,图像可以从冠状面、矢状面、横断面多个方向进行图像重建和任意的旋转图像观察,从而达到真正的“解剖三维”。同时还可以对阻生牙齿的大小进行精确的线性和立体测量。CT三维重建在技术上的优势,使正畸临床医生对阻生牙的诊断和治疗水平得以极大的提高。

## 2.5 颞下颌关节病诊断

颞下颌关节病与错颌畸形密切相关,由于颞下颌关节的骨性结构、形态和功能复杂,因此要对颞下颌关节病做出全面明确的诊断需要借助影像学工具。全口曲面断层片可以作为颞下颌关节骨性结构评估的初始工具,但由于其局限性,如未出现明显症状但骨质已有轻微病变的患者,此时曲面断层片可能无法显示出所有骨质病变情况。与曲面断层片相比,CBCT由于其分辨率高、成像清晰,能够提供可靠的线性测量数据<sup>[13]</sup>,对颞下颌关节的骨性结构和位置进行准确描述<sup>[14-15]</sup>。Sakabe等<sup>[16]</sup>使用CBCT发现颞下颌关节病患者髁突骨质破坏变平或骨赘形成,然而二维影像则无法显示上述病变。Alexiou等<sup>[17]</sup>通过CBCT观察不同年龄组颞下颌关节骨关节炎患者的关节间隙改变、关节窝骨质变化和髁突关节窝骨接触情况。因此CBCT可作为诊断颞下颌关节病的重要诊断工具。

## 2.6 软组织分析

颜面部的美观在现代正畸中受到了临床医师和患者越来越多的关注,定量的软组织测量有利于准确诊断颌面部疾病及制定相应的治疗计划。颌骨的发育异常可导致咬合关系不调和颜面形态的异常,从而引起牙颌面畸形的发生。以往传统的正畸档案的建立,包括照相、石膏模型、影像学资料,牙颌畸形的判断可以从石膏模型上三维观察,但是软组织外貌的评估只能通过照相和X线片来观察,由于其均限制在二维形式上,增加了评估的不准确性。然而CBCT在观察患者骨骼、牙齿的同时,还可以观察其软组织外貌,通过三维重建电子软件可以使临床医师直接观察患者的软组织外貌和颌骨相应结构<sup>[18]</sup>,进而预测正畸或正畸联合正颌患者的面型情况。徐小

惠等<sup>[19]</sup>利用CBCT对成人颜面不对称患者颌面部进行三维形态研究并得出相关结论。医师在制定矫治计划时必须清楚知道颌骨的移动对软组织外貌的改善,患者也需要了解软组织外貌可能发生的改变,通过三维重建来模拟术前术后的变化,有助于医患沟通,以此来了解患者的期望值。

## 2.7 气道分析

气道是人体的重要组成部分,颅面结构与气道形态异常有着密切的关系,气道形态的研究对于正畸治疗计划有着重要意义。许多成年正畸患者由于上气道狭窄等气道形态异常,有打鼾或呼吸暂停等症状,判断气道是否发生阻塞及阻塞发生的位置多采用头颅侧位片,其费用低,简单易行,但有一定的局限性,不能测量气道的横截面积,并且难以从中获得气道的准确容积,以往对于上气道形态的研究主要通过头颅定位侧位X线片获取二维信息,在全面反映上气道复杂的三维组织结构方面尚具有一定局限性<sup>[20]</sup>,因此,它不能准确反映气道的三维结构。CBCT可以从三维方向观察气道的形态、走向、上气道容积及舌骨位置的形态特征。CBCT同时提供自动分割算法以测量气道体积和面积,了解气道的位置及相关解剖结构,判断阻塞发生的具体位置。Tso等<sup>[21]</sup>通过研究发现CBCT能够很好地评估气道的形态特征,通过Mimics软件对上气道进行三维重建,可操作性和精确性好,并且在二维层面上能对上气道的界限进行精确定位,对临床治疗有着极大的指导作用。CBCT对软组织和空腔边界确定能力较强,不具放大效应。有国外相关研究表明,CBCT对于咽部气道的测量极为准确、误差最小<sup>[22-23]</sup>。

## 2.8 牙槽骨研究

牙槽骨对于正畸治疗极其重要,足够的牙槽骨厚度和密度,是牙齿安全移动的前提条件,也是矫正的基础。CBCT由于其较高的清晰度和成像的精确度弥补了二维影像的缺陷,能较清晰地评估牙槽骨的厚度和密度。廖妮等<sup>[24]</sup>通过骨性Ⅱ类不同垂直骨面型患者切牙牙槽骨形态特征的CBCT研究表明:骨性Ⅱ类高角患者上下切牙区牙槽骨较为狭窄,内收时需警惕牙槽骨吸收和牙根暴露情况,骨性Ⅱ类错牙合在内收治疗的风险更大,制定治疗计划时需谨慎。

CBCT还可以从三维角度可视化牙齿与牙槽骨的关系,通过旋转、倾斜等角度观察牙槽骨的形态。三维影像对骨性错牙合患者牙槽骨形态进行研究<sup>[25]</sup>。李哲仪等<sup>[26]</sup>通过CBCT研究不同垂直骨面型成人下切牙区牙槽骨的形态特征,认为不同垂直骨面型之



间的下切牙区牙槽骨形态存在差异,在正畸制定治疗计划时应当考虑。

## 2.9 隐形矫治的应用

无托槽隐形矫治是20世纪90年代末期兴起的一种矫治技术。1998年Invisalign隐形矫治器首次研制成功并投入应用<sup>[27]</sup>,随着Invisalign技术的发展,它实现了矫治过程的计算机模拟,以及无托槽隐形矫治器的批量生产,满足了成人患者对矫治器美观性、隐蔽性和便捷性的需求,受到了越来越多正畸患者的青睐<sup>[28]</sup>。无托槽隐形矫治是基于激光扫描数字化牙冠模型和CT的数字化牙颌模型来进行整合,采用包括牙冠、牙根及颌骨来整合模型进行设计,三维虚拟重建牙列和颌骨CBCT图像,使用OrthoDS 4.6软件在三维方向上调整每颗牙的位置,并调整上下颌的咬合关系使之达到正常。将CBCT图像的牙冠部分切割掉,保留CBCT的颌骨和牙根图像用来与扫描模型的牙冠图像整合,获得整合模型,包括颌骨、牙列、牙根的3D整合模型<sup>[29]</sup>。排牙时同时兼顾牙冠和牙根,以此来达到牙列排齐整平,覆牙合覆盖正常,磨牙中性关系,且牙根间互相平行,均位于牙槽骨内无外露的个体化数字排牙模型。经过检验这种方法能够建立较精确的三维整合模型,整个虚拟矫治过程,可以得以动态观察牙根和牙槽骨的相互关系,避免牙根外露,从而引起骨开窗、骨开裂情况<sup>[30]</sup>。

## 3 存在的不足及展望

与传统的二维影像相比,CBCT在口腔领域有着明显的优势。CBCT克服了传统二维影像的失真、伪影等不足,解决了正畸临床诊断和治疗难以发现的漏洞及其他传统影像在口腔领域的局限性。但CBCT也存在不足,如CBCT对数据的储存空间需求大,传输方式是通过打印部分CT图像的激光片还是通过刻录光盘交付患者,以何种传输方式更能方便患者,对影像医师提出了更高的要求;环状伪影也是CT技术人员经常遇到的问题,视野的选择和体素的大小对三维模型的准确性也有显著影响;CBCT对部分软组织解剖结构,尤其是软组织病变的显像不如多排螺旋CT清晰;CBCT的费用也较传统CT及传统的二维影像高。随着计算机技术的快速发展,CBCT在技术上肯定会有更进一步的提高,CBCT提供的影像数据在正畸治疗的各个阶段均能起到重要作用,帮助临床医师获得更多的诊断信息,制定合理的治疗计划。

## 【参考文献】

[1] MOZZO P, PROCACCI C, TACCONI A, et al. A new volumetric

CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results[J]. Eur Radiol, 1998, 8(9): 1558-1564.

[2] SILVA M A, WOLF U, HEINICKE F, et al. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a tradition dose evaluation[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008, 133(5): 640.e1-5.

[3] SHARON L B. CBCT dosimetry: orthodontic considerations[J]. Semin Orthod, 2011, 17(1): 14-18.

[4] FARMAN A G, WILLIAM C. Scarfe. the basics of maxillofacial cone beam computed tomography[J]. Semin Orthod, 2009, 15(1): 2-13.

[5] PITTAYAPAT P, LIMCHAICHANA-BOLSTAD N L, WILLEMS G, et al. Three-dimensional cephalometric analysis in orthodontics: a systematic review[J]. Orthod Craniofac Res, 2014, 17(2): 69-91.

[6] LENZA M G, LENZA M M, DALSTRA M, et al. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study[J]. Orthod Craniofac Res, 2010, 13(2): 96-105.

[7] DORUK C, SÖKÜCÜ O, BIÇAKÇI A A, et al. Comparison of nasal volume changes during rapid maxillary expansion using acoustichinometry and computed tomography[J]. Eur J Orthod, 2007, 29: 251-255.

[8] SAMESHIMA G, GLAUSER R, RUHSTALLER P, et al. Five-year results of implants with an oxidized surface placed predominantly in soft bone and subjected to immediate occlusal loading[J]. J Prosthet Dent, 2007, 9(7): 59-68.

[9] 余丽霞,何姝妹,陈嵩.全景及根尖片对正畸相关牙根吸收诊断准确性的研究[J].华西口腔医学杂志,2012,30(2): 169-172.

YU L X, HE S S, CHEN S. Diagnostic accuracy of orthopantomogram and periapical film in evaluating root resorption associated with orthodontic force[J]. West China Journal of Stomatology, 2012, 30(2): 169-172.

[10] 侯凤春,臧艳君. CBCT在种植支抗植入术中应用价值分析[J].全科口腔医学电子杂志,2015,2(8): 95-96.

HOU F C, ZANG Y J. CBCT in plant resistance to implantation team application value analysis[J]. The Department of Oral Medicine Electronic Magazine, 2015, 2(8): 95-96.

[11] KIM S H, CHOI Y S, HWANG E H, et al. Surgical positioning of orthodontic mini implants with guides fabricated on models replicated with cone-beam computed tomography[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2007, 131: S82-S89.

[12] TAMIMI D, KHALED E. Cone beam computed tomography in the assessment of dental impactions[J]. Semin Orthod, 2009, 15(1): 57-62.

[13] HILGERS M L, SCARFE W C, SCHEETZ J P, et al. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2005, 128(6): 803-811.

[14] 曹均凯,王照五,石校伟,等. CBCT与螺旋CT对颞颌关节成像的比较[J].口腔颌面修复学杂志,2009,10(4): 217-219.

CAO J K, WANG Z W, DAN J W, et al. Compare the images of two kinds of CT reconstruction of temporomandibular joint (TMJ)[J]. Chinese Journal of Prosthodontics, 2009, 10(4): 217-219.

[15] 曹均凯,王照五,刘洪臣,等. 54例正常人双侧颞下颌关节CBCT测量值分析[J].口腔颌面修复学杂志,2008,9(4): 291-294.

CAO J K, WANG Z W, LIU H C, et al. The measurement technique of skeletal structure of temporomandibular joint with dental volumetric computerized tomography[J]. Chinese Journal of Prosthodontics, 2008, 9(4): 291-294.

[16] SAKABE R, SAKABE J, KUROKI Y, et al. Evaluation of

- temporomandibular disorders in children using limited cone-beam computed tomography: a case report[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2006, 31(1): 14-16.
- [17] ALEXIOU K E, STAMATAKIS H C, TSIKLAKIS K. Evaluation of the severity of temporomandibular joint osteoarthritic changes related to age using cone beam computed tomography [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2009, 38(3): 141-147.
- [18] SWENNEN G, MOMMAERTS M Y, ABELOOS J, et al. A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2009, 38(1): 48-57.
- [19] 徐小惠, 王建国, 苍松, 等. 利用锥体束CT对成人颜面不对称患者颌面部三维形态的研究[J]. *口腔医学研究*, 2010, 26(6): 847-850.
- XU X H, WANG J G, CANG S, et al. Study on three-dimensional craniofacial morphology in adults with facial asymmetry by cone-beam CT[J]. *Journal of Oral Science Research*, 2010, 26(6): 847-850.
- [20] GRABER T M, VANARSDALL R L, VIGK W L. Orthodontics: current principles and techniques [M]. 4th ed. Philadelphia: Mosby, 2005: 117-143.
- [21] TSO H H, LEE J S, HUANG J C, et al. Evaluation of the human airway using cone-beam computerized tomography[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009, 108(5): 768-776.
- [22] LUDLOW J B, IVANOVIC M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2008, 106(1): 106-114.
- [23] ABOUDARA C, NIELSEN I, HUANG J C, et al. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional Reconstruction from cone-beam computed tomography[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 135(4): 468-479.
- [24] 廖妮, 周诺, 莫水学, 等. 骨性Ⅱ类不同垂直骨面型患者切牙牙槽骨形态特征的CBCT研究[J]. *实用口腔医学杂志*, 2015, 31(4): 556-559.
- LIAO N, ZHOU N, MO S X, et al. A CBCT study of alveolar bone structure around incisors of the patients with vertical facial type of skeletal class II [J]. *Journal of Practical Stomatology*, 2015, 31(4): 556-559.
- [25] MOLINA-BERLANGA N, LLOPIS-PEREZ J, FLORES-MIR C, et al. Lower incisor dentoalveolar compensation and symphysis dimensions among class I and III malocclusion patients with different facial vertical skeletal patterns[J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(6): 948-955.
- [26] 李哲仪, 白玉兴, 厉松. 同垂直骨面型成人下切牙区牙槽骨形态特征的CBCT研究[J]. *北京口腔医学*, 2015, 23(5): 270-274.
- LI Z Y, BAI Y X, LI S. A CBCT study of the association between mandibular anterior alveolar morphology and vertical facial types [J]. *Beijing Journal of Stomatology*, 2015, 23(5): 270-274.
- [27] NAIK V R, CHAVAN P. Invisalign: the invisible braces [J]. *J Contemp Dent*, 2010, 1(2): 54-57.
- [28] BOYD R L, MILLER R J, VLASKALIC V. The invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases[J]. *J Clin Orthod*, 2000, 34(4): 203-212.
- [29] 周晶, 郭宏铭. 包括牙根三维牙颌模型重建系统的研究[J]. *北京口腔医学*, 2010, 18(1): 14-17.
- ZHOU J, GUO H M. 3D visualization and setup of digital model integrating roots and jaws [J]. *Beijing Journal of Stomatology*, 2010, 18(1): 14-17.
- [30] 高一, 郭宏铭, 周洁珉. 3D整合牙颌模型在无托槽隐形矫治器设计中的应用[J]. *北京口腔医学*, 2011, 19(5): 276-279.
- GAO Y, GUO H M, ZHOU J M. Application of 3D integrating model containing jaws and roots in invisalign design [J]. *Beijing Journal of Stomatology*, 2011, 19(5): 276-279.

(编辑:黄开颜)