

Cone-beam CT 技术及其在口腔正畸学中的应用进展

王婷 厉松

【摘要】 在正畸的诊断治疗过程中, Cone-beam CT 已广泛应用于口腔界的各个领域, 本文旨在对 Cone-beam CT 的原理、特点及其在口腔正畸领域中的应用进行综述, 以期增加正畸医师对于 Cone-beam CT 的理解。

X 线检查是正畸医师的“第三只眼”, 是诊断与治疗不可少的工具, 但传统二维的 X 线片由于重叠、伪影、提供信息量少等特点, 不能清楚地显示人体的三维结构。20 世纪 60 年代, 出现了计算机断层扫描技术(computed tomography, CT), 但由于放射量大, 成本高等原因无法在口腔领域作为常规的检查手段使用。21 世纪初出现了用于牙科的锥束 CT (cone beam computed tomography, CBCT) [1-2] 不仅可以提供直观、立体的三维图像, 还可以通过旋转从任意角度进行观察, 并且具有辐射小、成本低、设备结构简单等优势, 非常适于颅颌面的检查, 在正畸领域的使用也逐渐增多。

CBCT 技术介绍

传统的医疗 CT 以扇形 X 线束 [3-4] 沿人体某一选定层面进行照射, 记录在成 360° 排列于患者周围的线形探测器上, 在螺旋运动中连续拍摄一系列的一维的轴平面影像, 然后叠加在一起, 得到三维的影像信息, 因此又称为螺旋 CT。而 CBCT [3-5-7] 与传统的医疗 CT 不同, 它采用锥形 X 线束照射, 经过人体后由二维固态的探测器或无定型硅板接收 (图 1) [7]。锥束直径 4-30cm 不等, 扫描时锥形 X 线束只围绕病人一周, 即可获得重建所需的容积数据, 因为每个图像像素均为正方体, 将其数字化资料处理后可重组成各个断面如纵切面、横断面、矢状面甚至斜切面等影像, 这种功能称为多层面重建技术, 在 3D 软件的操作下可以做立体影像的观察。一次扫描可以获得 160-599 张基本图像 [6], 这些基本图像可用于任意方向进行平面或者曲度的重建。

目前市场上的 CBCT 系统在体积、设置、扫描范围、应用等方面均有区别。其 X 线扫描范围由锥束大小决定, J-CAT 和 New Tom 3G 等能对整个口腔颌面部进行扫描, Sirona Galileos 3D 能模拟拍摄全景片, 然后根据临床需要, 对特定部位进行精细扫描。而 3D Accuitomo、Planmeca Promax 3D 等的扫描范围小, 仅限于对 2-3 个牙位进行扫描 [8]。

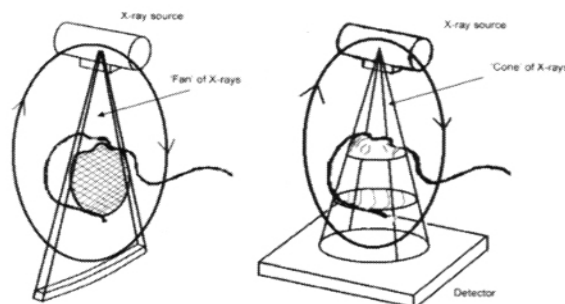


图 1 传统 CT 的扇形束(左)与 CBCT 的锥形束(右)

CBCT 的特点

1. 放射剂量相对较小

CBCT 的放射剂量与 X 线锥体束的大小成正比 [7], 大部分 CBCT 机可以只扫描感兴趣的区域, 以减少不必要的暴露。CBCT 的放射剂量平均为 36.9-50.3 μSv , 相对于传统的医疗 CT 降低了约 98%, 大约相当于一套胶片式全口根尖片的放射剂量 (13-100 μSv), 或者相当于拍摄一张曲面断层片的放射剂量 (30-238 μSv) [3-7-9]。Koji 等 [1] 运用 CBCT 和传统医疗 CT 对中切牙、第一磨牙进行照射, 同时记录皮肤的照射剂量, 结果显示, 传统医疗 CT 皮肤照射剂量为 458 mSv, 而 CBCT 仅为 1.19 mSv。Iwai 等 [2] 报道 CBCT 的照射剂量甚至低于曲面断层片。

2. 扫描时间短

传统的医疗 CT 需要在持续的螺旋运动中连续拍摄一系列的轴平面影像, 然后叠加, 扫描需要 3-5min。而大部分 CBCT 的拍摄类似于曲面断层片, 只需要围绕患者旋转拍摄一周即可获得全部数据, 可以一次性采集全部牙齿、颅颌面的容积数据, 也可以选择性的采集局部数据。扫描时间 10-70s [6]。由于扫描时间短, 由运动造成的伪影及总的有效放射剂量均随之减少。

3. 伪影减少

一方面, 由于扫描时间缩短, 由运动造成的伪影减少了。另一方面, 由金属造成的伪影也大大减少 [7], 这对于口内含种植体、金属冠等的患者进行颅颌面部的 CT 扫描有重要

意义。此外,传统曲面断层片发生于前牙区的燃烧状影像在 CBCT 中也不复存在^[10]。

4. 精度相对较高

CBCT 的图像像素达到 0.1-0.5mm^[5,7],一次扫描能分解成超过 108 个均等立方体,通过计算机数据处理,可在矢状面、冠状面、轴面进行重建,精度高于传统医疗 CT。许多学者对其精度进行了研究,他们把在干颅骨上进行直接测量(颅颌骨测量的金标准)的结果与 CBCT 的测量结果进行比较,发现 CBCT 仅存在较小的系统误差^[11,12]。

CBCT 在正畸中的应用

1. 定位阻生牙、埋伏牙

通过 CBCT 三维重建,可以准确定位阻生牙、埋伏牙,通过多层重建技术(MPR),可以显示任意方向多个平面包括冠状、矢状、斜面、曲面等断面图像^[13]。MPR 图像可直观显示埋伏牙检查所需要的各个内部层面信息,精确显示埋伏牙的数量、大小、牙体的表面形态、所在位置、萌出方向、邻牙牙根的吸收情况及其与周围组织的关系^[13-15],并可从任意角度分析观察,指导临床医师制定治疗方案,明确手术路径,无论是对正畸牵引治疗,还是颌面外科手术都具有极为重要的临床意义。

2. 头颅正侧位片和曲面断层片的分析

CBCT 生成的头颅正侧位片与传统的头颅正侧位片相似,但可视性增强。传统的头颅侧位片^[9]采用视角照射技术,被照射结构与接收器的距离不同,得到的影像会存在不同的放大率,不可避免地出现两个下颌骨体边缘,无法区分为哪一侧,而 CBCT 技术可以实现 1:1 的放大率,避免了这些缺陷,使得测量更加准确。CBCT 计算机数据处理得到许多基本图像,可以选择其中单张的图像作为头颅侧位片进行测量,也可以采用 MPR 技术选择不同厚度重建后得到的头颅侧位片^[16]。Moshiri M 等人^[16]对干颅骨分别拍摄传统的侧位片和 CBCT,将其与直接测量得到的线距进行比较,发现 CBCT 的精确度除 Pog-Go,Go-M 外均高于传统侧位片,仅次于直接测量,而比较应用 CBCT 基本图像和 MPR 重建的侧位片测量得到的线距没有明显差异。CBCT 在头颅正位片中的优势在于排除了颈椎和枕骨重叠的干扰。

CBCT 生成的曲面断层片与传统的曲面断层片相似,但因为去除了颈椎影像而更加清晰。同时也消除了照射伪差和传统曲面断层片中常发生于前牙区的燃烧状影像^[8]。

3. 评价上气道,上颌窦

正常的呼吸对促进颌面部的发育有重要作用,长期口呼吸和继发性的上气道阻塞被认为是错颌畸形的病因之一,会造成上牙弓狭窄,后牙反颌,前牙开颌,此类病人还会出现前面高增加,舌低位,下颌平面角增大等现象,因此上颌窦及上气道影像也成为三维正畸分析的一部分。国外多位学者^[17-19]通过 CBCT 三维重建对上气道进行三维评估,通过研究上气道与面型的关系,发现其精度要高于普通 X 线片。

4. 骨组织重建

通过 CBCT 三维重建可以清楚地展现上下颌骨与颅底的关系,有助于正畸诊断的骨骼分型。通过观察牙槽嵴的高度和牙槽嵴的形态,可以了解患者的牙周状况,对于成年患者尤其重要^[20,21]。在正畸治疗过程中,由于牙齿过度移动造成的骨开窗、骨开裂,以及牙根吸收的检出率明显高于普通 X 线片^[22,23],有助于在治疗过程中早发现,早处理。CBCT 还可以用于判断牙齿颊舌侧骨板的厚度^[24],对于评估颊舌侧牙槽骨板的改建和吸收有重要意义。

5. 对微螺旋种植钉周围组织的评价

微螺钉种植体由于体积小、植入简单而受到临床医生的广泛青睐,但种植体与周围重要解剖结构的关系会影响其安全性,种植区的骨厚度及骨密度会影响其稳定性。因此,种植术前的评估具有重要意义。研究指出,术前通过 CBCT 模拟植入微螺钉种植体,并对植入部位的解剖结构及适宜的种植体直径等方面进行评估,可有效地避免损伤重要的解剖结构及预防术后并发症^[25]。国内外很多学者均使用 CBCT 对种植支抗植入部位的骨厚度或骨密度进行分析,来确定种植的最适区域^[26,27]。

6. 牙列重建和软组织重建

通过重建牙列,去除周围的骨组织,可以从唇舌向观察咬合关系,并且可以观察到牙根近远中向和唇舌向的排列关系,使对治疗效果的评价更加精确。可以在牙槽嵴顶的高度上描记弓形,检查上下颌牙弓的协调程度,按原大小打印的弓形图还可用于选择和弯制弓形。同一患者不同年龄的三维牙列影像还能记录牙齿、骨骼和软组织的生长发育过程^[28]。

CBCT 通过对软组织进行重建,可以对正面、侧面和自定义任意角度的面像进行分析,避免了二维面像造成的视觉误差,还可以通过调整影像的透明度明确相关软组织与骨骼的特定关系。但与三维激光扫描软组织和牙冠表面相比^[26],CBCT 的精度仍相对较低。

7. 牙体组织重建

CBCT 可以同时观察到牙冠和牙根,为正畸治疗中纠正牙齿的转矩提供了重要依据,胡湘权等^[29,30]利用牙科 CBCT 分别测量牙冠唇面 4 个不同高度的切线与牙冠长轴所成的角度,以及牙冠长轴与牙根长轴所成的角度(冠根角),研究上颌前牙的唇面形态及牙冠牙根成角关系对转矩的影响,为临床治疗中调整牙齿的转矩提供了参考。

8. 观察颞下颌关节

正畸与颞下颌关节之间的关系越来越受到重视,以往很难采用一种单独的方式对颞下颌关节进行很好的观察,往往采用曲面、平片和关节片结合的方式,但随之而来的问题是高放射量和高成本^[31]。CBCT 的出现解决了这些问题。Honey 等^[31]研究发现使用 CBCT 研究颞下颌关节的准确性要高于三种方式的综合,并且由于拍摄 CBCT 时颞下颌关节影像与全口咬合影像同步摄取,由此还可以判断颞下颌关节

位置与咬合之间的关系 根据三维断面的位置关系及左右侧颞颌关节的位置差异可以清晰地判断功能性的关节偏斜及器质性病变。

9. 三维分析系统的建立

在以往的头影测量数据处理上,很多学者提出了不同的分析方法^[32, 33]。随着三维摄影技术的发展,越来越多的学者认识到在三维影像中选择标志点已成为可能,建立一套三维的分析方法对于诊断和治疗十分必要,如 Lagralvère 等^[34]以蝶骨棘孔为原点建立的评价体系,但目前尚没有一个被大家广泛接受的三维分析系统。

参 考 文 献

- 1 Hashimoto K, Arai Y, Iwai K, et al. A comparison of a new limited cone beam computed tomography machine for dental use with a multidetector row helical CT machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003, 95(3): 371-377.
- 2 Iwai K, Arai Y, Hashimoto K, et al. Estimation of effective dose from limited cone beam X-ray CT examination. *Dent Radiol*, 2000, 40(6): 251-259.
- 3 Swennen GR, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006, 130(3): 410-416.
- 4 Fuchs T, Kachelriess M, Kalender WA. Technical advances in multi-slice spiral CT. *Eur J Radiol*, 2000, 36(2): 69-73.
- 5 White SC. Cone-beam imaging in dentistry. *Health Phys* 2008, 95(5): 628-637.
- 6 Palomo JM, Kau CH, Palomo LB, et al. Three-dimensional cone beam computerized tomography in dentistry. *Dent Today*, 2006, 25(11): 130, 132-135.
- 7 Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*, 2006, 72(1): 75-80.
- 8 顾迎新. 锥束 CT(CBCT) 在牙体牙髓病诊治中的应用进展. *牙体牙髓病学杂志*, 2009, 19(4): 238-244.
- 9 Roberts JA, Drage NA, Davies J, et al. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J of Radiol*, 2009, 82(973): 35-40.
- 10 赵颖. Cone Beam CT 技术及其在口腔正畸学中的应用. *口腔医学研究*, 2008, 24(5): 579-582.
- 11 Stratemann SA, Huang JC, Maki K, et al. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofac Radiol*, 2008, 37(2): 80-93.
- 12 Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, et al. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009, 136(1): 19-25.
- 13 Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005, 128(4): 418-423.
- 14 Mason C, Papadakou P, Roberts GJ. The radiographic localization of impacted maxillary canines: a comparison of methods. *Eur J Orthod*, 2001, 23(1): 25-34.
- 15 Walker L, Enciso R, Mah J. Three-dimensional localization of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005, 128(4): 418-423.
- 16 Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, et al. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from derived from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 132(4): 550-560.
- 17 Aboudara C, Nielsen I, Huang JC, et al. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 135(4): 468-479.
- 18 Grauer D, Cevdanes LS, Styner MA, et al. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: relationship to facial morphology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(6): 805-814.
- 19 Aboudara CA, Hatcher D, Nielsen IL, et al. A three-dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthod Craniofac Res*, 2003, 6 Suppl 1: 173-175.
- 20 Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol*, 2008, 37(5): 252-260.
- 21 Treil J, Braga J, Ait Ameur A. 3D representation of skull and soft tissues. Usefulness in orthodontic and orthognathic surgery. *J Radiol*, 2009, 90(5 Pt 2): 634-641.
- 22 Estrela C, Bueno MR, De Alencar AH, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod*, 2009, 35(11): 1491-1497.
- 23 Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, et al. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 135(4): 434-437.
- 24 Garib DG, Henriques JF, Janson G, et al. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2006, 129(6): 749-758.
- 25 Nickenig HJ, Eitner S. Reliability of implant placement after virtual planning of implant positions using cone beam CT data and surgical (guide) templates. *J Craniomaxillofac Surg*, 2007, 35(4-5): 207-211.
- 26 Kim GT, Kim SH, Choi YS, et al. Cone-beam computed tomography evaluation of orthodontic miniplate anchoring screws in the posterior maxilla. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(5): 628. e1-10.
- 27 Baumgaertel S, Hans MG. Buccal cortical bone thickness for mini-implant placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(2): 230-235.
- 28 Cevdanes LH, Heymann G, Cornelis MA, et al. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009, 136(1): 94-99.
- 29 胡湘权, 孔卫东, 蔡斌, 等. 牙科锥形束 CT 评价上颌前牙唇面形态对转矩的影响. *华西口腔医学杂志*, 2009, 27(3): 297-300.
- 30 Liu Y, Olszewski R, Alexandroni ES, et al. The validity of in vivo tooth volume determinations from cone-beam computed tomography. *Angle Orthod*, 2010, 80(1): 160-166.
- 31 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. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 132(4): 429-438.
- 32 Kau CH, Littlefield J, Rainy N, et al. Evaluation of CBCT digital models and traditional models using the Little's index. *Angle Orthod*, 2010, 80(3): 435-439.
- 33 Nakajima A, Sameshima GT, Arai Y, et al. Two- and three-dimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography. *Angle Orthod*, 2005, 75(6): 895-903.
- 34 Lagravè Mo, Major PW. Proposed reference point for 3-dimensional cephalometric analysis with cone-beam computerized tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2005, 128(5): 657-660.

(2010 年 5 月 12 日收稿)