

口腔颌面部锥形束 CT 线距测量 准确性和可靠性的评价

徐子卿综述 冯静审校

(上海交通大学医学院附属第九人民医院口腔正畸科;
上海市口腔医学重点实验室 上海 200011)

[摘要] 锥形束CT(CBCT)可以为口腔颌面部提供高分辨率的三维影像信息,是21世纪发展迅速的口腔颌面部辅助检查方法之一。已有大量的文献报道:CBCT所获得的三维图像准确性优于传统的二维影像;相对于螺旋CT,CBCT费时短、放射剂量小,在口腔临床工作中得到了广泛的应用。使用CBCT所获得的三维图像进行线距测量,其数据是否具有足够的准确性和可靠性,是目前研究的热点。本文就CBCT在口腔颌面部进行线距测量的准确性和可靠性作一综述,以期为临床应用提供参考。

[关键词] 锥形束CT; 线距测量; 准确性; 可靠性

[中图分类号] R 782.05 [文献标志码] A [doi] 10.3969/j.issn.1673-5749.2012.04.039

Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography in oral maxillofacial linear measurements

Xu Ziqing, Feng Jing. (Dept. of Orthodontics, The Ninth People's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200011, China; Shanghai Key Laboratory of Stomatology, Shanghai 200011, China)

[Abstract] Recently, cone-beam computed tomography (CBCT) has become an important image technique for dento-maxilla facial applications, and it provides three-dimensional information with high resolution. Many research shows that CBCT measurements compared well to traditional radiography; compared with the standard medical CT, cost and dose are lower, which help it win wide attention in dental practice. Moreover, the accuracy and reliability for measuring different structures is still a hot research area. This review presented the accuracy and reliability of CBCT in oral maxillofacial linear measurements.

[Key words] cone-beam computed tomography; linear measurement; accuracy; reliability

X线影像是临床工作中进行口腔颌面部线距测量的一项重要辅助检查方法,例如头影测量片用于颅面结构的测量,根尖片用于牙和牙槽骨高度的测量。然而,二维X线检查因投照角度、放大误差、组织重叠影等因素的影响,无法对口腔颌面部的三维结构进行精确的线距测量。传统CT被证明具有足够的准确性^[1-6],但由于费用、射线等问题不能常规使用。而锥形束CT(cone-beam computed tomography, CBCT)在这些方面较传统CT有很大的改进^[7],自21世纪初CBCT应用于口腔颌面部的检查以来,已经越来越受到口腔科医生的欢迎。但其能否达到与传统CT相同的测量

可靠性和准确性仍是值得探讨的课题。

1 CBCT线距测量可靠性、准确性的研究对象和方法

目前,对CBCT线距测量的临床研究主要针对4个方面:颌面部解剖标志点间距的测量、牙和牙槽骨结构的测量、颞下颌关节区的测量以及面部软组织的测量。

1.1 颌面部解剖标志点间距的测量

正畸和正颌外科在治疗过程中需要对颌面部结构和牙列关系进行分析,CBCT较传统X线头影测量片有更高的准确性,因为其很少受到患者头位、组织重叠影等因素的影响。

对于CBCT在解剖标志点之间线距测量的准确性和可靠性,许多学者使用含全牙列且能保持稳定咬合关系的干头颅作为研究对象^[6-8]。首先,

[收稿日期] 2011-12-10; [修回日期] 2012-04-09

[作者简介] 徐子卿(1987—),男,江西人,住院医师,硕士

[通讯作者] 冯静, Tel: 13917933889

在干头颅上标记若干解剖标志点，使用电子测量器对其进行线距测量，得出测量值作为金标准；然后对干头颅进行CBCT扫描，运用软件进行三维重建后，再对三维图像信息进行线距测量。通过统计分析，Periago等^[6]得出：实体测量值与CBCT测量值的平均百分误差为-1.13%±1.47%，90%测量项目的平均误差小于2 mm。

1.2 牙和牙槽骨结构的测量

牙槽骨的高度和厚度对牙周治疗和种植修复都有重要的意义，牙根长度能有效评价正畸治疗造成牙根吸收的程度，埋伏牙的根冠形态和位置是决定埋伏牙保留价值的重要标准。而CBCT能对这些细小的解剖结构进行三维重建。

在研究CBCT对牙槽骨测量的精确性时，一些学者^[9-10]采用有天然牙槽骨缺损的干头颅为研究对象，Misch等^[11]则使用球钻人为地对下颌后牙区造成不同宽度和高度的牙槽骨缺损。测量参照点都选用牙尖、切嵴和釉牙骨质界等牙体解剖结构。测量后再分析CBCT和实体测量值间的差异。一些研究者^[11-12]还增加了CBCT与根尖片的比较。

1.3 颞下颌关节区的测量

颞下颌关节是由下颌髁突、颞骨关节面、居于二者之间的关节盘、关节周围的关节囊和关节韧带组成的特殊结构。传统X线检查技术因颌骨重叠和投照角度等原因会引起图像失真等问题。而磁共振成像检查能有效评价关节盘移位改变的情况，但对于髁突、软骨关节面等骨性结构的评价，传统CT和CBCT都优于磁共振成像检查。

关于CBCT在颞下颌关节线距测量的准确性和可靠性，许多学者同样选择了干头颅作为研究对象。Hilgers等^[13]以充气气球放入颅窝来模拟软组织，在髁突与关节窝之间放置1.5 mm厚泡沫垫来模拟关节间隙，用拉簧将下颌稳定在最大牙尖交错位。使用3种传统X线投照技术(侧位、后前位和颞顶位)和CBCT对每具头颅进行扫描。3种轴向的X线投照都采用严格的投照角度。随后使用软件对样本进行扫描、重建和测量。测量数据与电子测量器实体测量结果相比较，从而评价CBCT对颞下颌关节线距测量的准确性和可靠性。Schlueter等^[14]则更多关注CBCT对颞下颌关节重建的测量精度。

1.4 面部软组织的测量

为验证CBCT在软组织厚度线距测量的准确性和可靠性，通常使用皮肤打孔器对尸体头部的

软组织标志点进行打孔，打孔深度即实体测量值，再与CBCT的三维数据测量值相比较^[15]。

2 影响CBCT线距测量准确性和可靠性的因素

2.1 研究对象不同以及不同处理产生的误差

2.1.1 解剖标志点间距的测量 许多研究显示：CBCT对解剖标志点间距进行的线距测量具有足够的准确性，适用于颅颌面分析。但Brown等^[7]发现：CBCT三维重建对不同测量项目的测量表现出了不同的准确性，他们认为这种准确性的差异是由标志点定位误差造成的，对于没有明确硬组织参考的标志点(例如蝶鞍点)，观察者往往很难进行准确定位。

2.1.2 牙槽骨和牙结构 Misch等^[11]使用牙周探诊、根尖片和CBCT共3种方法对干头颅下颌后牙区人为造成的宽度、高度不同的牙槽骨缺损进行测量，结果显示：CBCT对各个方向牙槽骨缺损的测量都有较高的准确性，相较于传统X线检查，CBCT在成像方面有更大的优势。Pinsky等^[10]的研究也显示：CBCT能准确、可靠且无损伤地检测牙槽骨缺损的高度和宽度。

但Mol等^[12]的研究显示：CBCT在前牙区的准确性不高。而Leung等^[9]的研究显示：使用体素为0.38 mm的CBCT，牙槽骨高度的测量精度约为0.6 mm，且有较高的可靠性，所以，他们认为CBCT对骨开窗诊断的准确性较骨开裂高。

另外，一些学者多采用对干头颅人为造成不同程度高度和宽度的牙槽骨缺损来研究CBCT在各个方向对牙槽骨缺损的测量是否具有准确性和可靠性，研究结果显示：较其他的成像技术而言，CBCT在成像精确性等方面有很大的优势。

但Leung等^[9]指出：使用的人造骨缺损，不能体现自然状态下生物体形成的骨缺损的不规则性，而CBCT对实际生物体形成的骨缺损较难识别。Misch等^[11]的研究显示：人造骨缺损会减少CBCT的测量精度，因为人造缺损导致皮质骨轮廓丧失，从而影响CBCT对骨边缘的判断。

Sakabe等^[16]使用Morita3DX对患者腭中缝区域埋伏多生牙牙冠宽度进行测量，比较多生牙拔出后的实际情况，结果显示：CBCT在测量未萌出牙牙冠宽度方面有较高的可靠性，虽然CBCT测量值较实际测量值稍大，但是差异无统计学意义。Sherrard等^[17]对CBCT在牙长和根长的测量方面的研究同样得出：CBCT较根尖片有更高的准确性和

可靠性。

2.1.3 颞下颌关节的结构 Hilgers等^[13]在干头颅上比较 iCAT-CBCT 与不同轴向的 X 线头影测量片线距测量的准确性,结果显示:CBCT 对颞下颌关节结构测量的可靠性和准确性均明显高于传统 X 线片检查。

2.1.4 软组织 在测量面部软组织厚度时,螺旋 CT 较 CBCT 有更高的精确性,但其应用受到高放射剂量的限制。Farman等^[18]认为:CBCT 能清晰地分辨软组织和空气边界,从而准确地重建面部轮廓。通过比较标本实体测量和 CBCT 重建影像,Fourie等^[15]发现:CBCT 能够应用于头面部软组织厚度的测量。体素为 0.3 mm 的 CBCT,其与实体测量的平均误差为 0.25 mm±0.17 mm,平均百分误差为 3.66%±2.53%。Moerenhout等^[19]对模拟人头的研究也得出了类似的结论。

然而,人体体表和深层软组织会对射线造成一定的衰减^[9],目前,商业化的 CBCT 都将这一因素考虑进去而对数据进行校准,因此,对干头颅进行研究时需要模拟软组织。在颅腔内放置充气气球^[6,13]或者使用新鲜猪的头部^[17]来模拟真实人体,可能会得到更好的准确性;但也有学者^[6]认为使用充气气球仍无法将表面皮肤等软组织的射线衰减作用考虑进去。

2.2 系统误差

系统误差产生的因素有 2 个。一是 CBCT 设备本身造成的。Periago等^[6]认为:CBCT 设备的扫描参数会对测量准确性造成影响,例如体素、投照单位数等。Fourie等^[15]报道:CBCT 的体素水平对面部软组织细节有很大的影响。Leung等^[9]发现:电流强度、投照范围等对图像精确度和分辨率也有影响。Ballrick等^[20]发现:投照范围为 6 cm 时,CBCT 的分辨率较 13 cm 时高。但也有学者持不同观点,如Brown等^[7]发现:不同投照单位数量下 CBCT 的测量准确度没有差异。造成系统误差的另一个因素是在图像重建过程中产生的。CBCT 测量软件的使用也会导致系统的误差^[8]。软件测量时,程序并不能识别具体某个标志点,而是对标志点所在的体素进行识别,并以体素的中心为标准进行测量。这也解释了在很多研究中 CBCT 测量值有轻微低于实体测量值的倾向,而且这种差异随着体素水平的增加而增加^[17]。

2.3 其他的影响因素

CBCT 的精确性还受到患者相关因素的影响,

例如软组织的射线衰减作用、金属伪影、位置伪影和运动伪影等^[6]。目前,商业化的 CBCT 都会对软组织的射线衰减作用进行校准,从而使测量结果更趋向准确。金属伪影常见于患者口内有修复体、正畸托槽等情况。金属会影响其周围组织的成像质量。位置伪影是目标区内由于物体过于靠近投照范围边缘而产生的光环状伪影^[21]。患者在接受扫描时的运动也将影响 CBCT 的准确性。扫描时,若有头部运动会导致图像质量明显降低。此外,Periago等^[6]还提出:数据处理过程、应用的软件和操作人员的技术水准等都会影响测量的准确性和可靠性。

3 参考文献

- [1] Lou L, Lagravere MO, Compton S, et al. Accuracy of measurements and reliability of landmark identification with computed tomography(CT) techniques in the maxillo-facial area: A systematic review[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2007, 104(3):402-411.
- [2] Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, et al. Cranio-facial skeletal measurements based on computed tomography: Part . Accuracy and reproducibility[J]. Cleft Palate Craniofac J, 1992, 29(2):112-117.
- [3] Richtsmeier JT, Paik CH, Elfert PC, et al. Precision, repeatability, and validation of the localization of cranial landmarks using computed tomography scans [J]. Cleft Palate Craniofac J, 1995, 32(3):217-227.
- [4] Williams FL, Richtsmeier JT. Comparison of mandibular landmarks from computed tomography and 3D digitizer data[J]. Clin Anat, 2003, 16(6):494-500.
- [5] Cavalcanti MG, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: Implications for clinical applications[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2004, 33(3):170-176.
- [6] Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, et al. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program[J]. Angle Orthod, 2008, 78(3):387-395.
- [7] Brown AA, Scarfe WC, Scheetz JP, et al. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images[J]. Angle Orthod, 2009, 79(1):150-157.
- [8] Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, et al. Reliability and accuracy of cone-beam computed tomography dental measurements[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2009, 136(1):19-28.
- [9] 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 Suppl) S109-S119.
- [10] Pinsky HM, Dyda S, Pinsky RW, et al. Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2006, 35(6) :410-416.
- [11] Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements [J]. J Periodontol, 2006, 77(7) :1261-1266.
- [12] Mol A, Balasundaram A. *In vitro* cone beam computed tomography imaging of periodontal bone[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2008, 37(6) :319-324.
- [13] Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, 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] Schlueter B, Kim KB, Oliver D, et al. Cone beam computed tomography 3D reconstruction of the mandibular condyle[J]. Angle Orthod, 2008, 78(5) :880-888.
- [15] Fourie Z, Damstra J, Gerrits PO, et al. Accuracy and reliability of facial soft tissue depth measurements using cone beam computer tomography [J]. Forensic Sci Int, 2010, 199(1/2/3) :9-14.
- [16] Sakabe J, Kuroki Y, Fujimaki S, et al. Reproducibility and accuracy of measuring unerupted teeth using limited cone beam X-ray CT[J]. Dentomaxillofac Radiol, 2007, 36(1) :2-6.
- [17] Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, et al. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010, 137(4 Suppl) S100-S108.
- [18] Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006, 130(2) :257-265.
- [19] Moerenhout BA, Gelaude F, Swennen GR, et al. Accuracy and repeatability of cone-beam computed tomography (CBCT) measurements used in the determination of facial indices in the laboratory setup[J]. J Craniomaxillofac Surg, 2009, 37(1) :18-23.
- [20] Ballrick JW, Palomo JM, Ruch E, et al. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008, 134(4) :573-582.
- [21] Katsumata A, Hirukawa A, Noujeim M, et al. Image artifact in dental cone-beam CT[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2006, 101(5) :652-657.

(本文编辑 王姝)

(上接第 556 页)

- [15] Choi Y, Pae A, Park EJ, et al. The effect of surface treatment of fiber-reinforced posts on adhesion of a resin-based luting agent[J]. J Prosthet Dent, 2010, 103(6) :362-368.
- [16] Meriç G, Dahl JE, Ruyter IE. Cytotoxicity of silica-glass fiber reinforced composites[J]. Dent Mater, 2008, 24(9) :1201-1206.
- [17] Grandini S, Goracci C, Monticelli F, et al. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts : Three-point bending test and SEM evaluation[J]. Dent Mater, 2005, 21(2) :75-82.
- [18] Goodacre CJ. Carbon fiber posts may have fewer failures than metal posts[J]. J Evid Based Dent Pract, 2010, 10(1) :32-34.
- [19] Jung SH, Min KS, Chang HS, et al. Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading[J]. J Prosthet Dent, 2007, 98(4) :270-276.
- [20] Varvara G, Perinetti G, Di Iorio D, et al. *In vitro* evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisors with differing heights of residual dentin[J]. J Prosthet Dent, 2007, 98(5) :365-372.
- [21] Eraslan O, Aykent F, Yücel MT, et al. The finite element analysis of the effect of ferrule height on stress distribution at post-and-core-restored all-ceramic anterior crowns[J]. Clin Oral Investig, 2009, 13(2) :223-227.
- [22] 孙迎春, 周晖, 高平. 桩核材料和咬合状态对牙本质应力分布影响的分析[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2009, 10(4) :243-245.
- [23] Silva NR, Castro CG, Santos-Filho PC, et al. Influence of different post design and composition on stress distribution in maxillary central incisor : Finite element analysis[J]. Indian J Dent Res, 2009, 20(2) :153-158.
- [24] Vişalariu AM, Antohe M, Bahrim D, et al. A maxillary premolar reconstruction with a glass fiber reinforced post [J]. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi, 2006, 110(4) :982-986.
- [25] Coelho CS, Biffi JC, Silva GR, et al. Finite element analysis of weakened roots restored with composite resin and posts[J]. Dent Mater J, 2009, 28(6) :671-678.
- [26] 刘翠玲, 高旭, 蓝菁, 等. 不同桩核系统及根管重塑对漏斗形根管下颌前磨牙抗折特性的研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2010, 28(3) :286-289.
- [27] 张保卫, 潘炜娟, 叶少波. 不同角度桩核的应力分析[J]. 上海口腔医学, 2000, 9(1) :8-10.

(本文编辑 王姝)