

牙颌面部生长发育的研究方法

张强¹综述 陈扬熙²审校

(1.南方医科大学附属深圳市妇幼保健院口腔疾病防治中心 深圳 518048;

2.四川大学华西口腔医院正畸科 成都 610041)

[摘要] 颌颌面生长发育知识是口腔正畸学的重要理论基础之一。不同种族、地域和性别人群的牙、颌、颌面形态结构各有特点和规律,相关研究复杂多样。随着科技的进步,颌颌面生长发育的探索由横断面观察转为长期纵向研究,信息采集从传统二维发展为立体三维,加上计算机技术日新月异的发展,各种功能软件相继开发使用,能深入细致地观察颌颌面的生长变化,总结出正常人的生长发育规律,帮助正畸医生作出正确的生长预测和临床诊疗决策。本文拟对颌颌面生长发育研究方法和进展作一综述。

[关键词] 颌颌面部; 生长发育; 研究方法

[中图分类号] R 783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.3969/j.issn.1673-5749.2011.01.022

Study methods of the dental-maxillo-facial growth and development ZHANG Qiang¹, CHEN Yang-xi². (1. Stomatology Health Care Center, Shenzhen Maternity and Child Healthcare Hospital, Affiliated Hospital of Southern Medical University, Shenzhen 518048, China; 2. Dept. of Orthodontics, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

[Abstract] The knowledge about cranio-maxillo-facial growth and development is an important part of orthodontic theories. People from different nations, regions, and genders have various patterns of craniofacial structure and occlusions, and the research about facial growth is complicated and difficult. Along with the advancement of technology, the studies on cranio-maxillo-facial growth develop from cross-sectional study to long-term longitudinal study, from 2-dimensional to 3-dimensional information acquisition. And the developing computer technique and software make the research more intensive. Such studies help our orthodontists to make precissive prediction of growth and clinic judgement. This topic is to overview the recent methods of studying cranio-maxillo-facial development.

[Key words] cranio-maxillo-facial; growth and development; research method

颌颌面的生长发育是一个极其复杂而持续时间较长的过程,许多内外因素均可导致患者颌颌面畸形并影响其正常的生长发育。因此,颌颌面部的生长发育知识对正畸临床的诊断、治疗设计和预后判断有重要的作用。所以,对生长发育的认识和预测一直是口腔医学界关注的热点之一^[1]。

1 颅骨标本研究

源自 18 世纪考古学者对欧洲古墓中尼安德特人和 Cro-Magnon 人头颅骨研究的颌测量术是人类学研究的重要方法^[2-3]。颅骨测量广泛地应用于人类学和人体解剖学的研究中,也为临床医学提供了大量的参考资料,但在生长发育的研究领域

仅能提供横向的信息,一般将其用于评估其他测量方法的误差参照^[4]。

2 颌面活体研究

2.1 直接测量研究

最早的颌面活体测量是直接用品笔标记测量点,使用传统的马丁人体测量仪,如直角规、软卷尺、弯角规和测高仪对颌面部选定部位进行直接测量^[5]。早期直接测量法虽然操作简单,但费时、费力,仅局限于二维信息,加之人的颌底空间狭小,测量标志点分布于不同平面,定位时接触点处软组织变形,使同一标志点因不同的线距测量需多次定位;而且还需要被检者的配合并保持静止,测量时间较长、可重复性低,眼部等测量甚至可能引起不适或损伤。所以,很多学者开始探索 X 线头影测量的研究。

[收稿日期] 2009-11-26; [修回日期] 2010-09-22

[作者简介] 张强(1964—),男,贵州人,主任医师,博士

[通讯作者] 陈扬熙, Tel: 028-85501425

由于在后期的实践中发现：头影测量存在 X 线片结构重叠、放大误差、测量点定位不精确和 X 线辐射等问题，故人体测量学因无 X 线辐射再次成为学者们收集生长发育资料的工具，使大样本长时间的生长发育纵向调查研究具有可行性^[6-9]。Farkas 等^[4]将 25 名成人干颅骨的直接测量与已校正投射放大率的正位片测量值相比较发现：后者的误差较大。该学者长期采用人体测量来研究儿童的生长发育，得出了北美地区不同年龄和种族儿童的颅面部生长发育的正常参考值，并摸索出了一套人体测量技术的操作规则^[6]。一些学者^[7-8]通过颅面部几个特定点，用特制面弓测得数字后绘制了三维结构图，构建了一些几何模型进行面高度、宽度和深度的生长分析。该方法减小了误差，并可综合考虑患者软组织的状况来分析其面部的对称性。

2.2 间接测量研究

2.2.1 颅颌面部 X 线正侧位头影测量研究

自 1931 年由美国 Broadbent 和德国的 Hofranth 创立了 X 线头颌定位测量方法以来，X 线正侧位片分析成为研究生长发育的重要方法。在横向调查中，通过不同年龄正常骀群体均值比较后可判断不同年龄段个体的颅面结构特征，分析错骀畸形形成的机制、部位和程度；在纵向比较中，可反映个体颅面部的生长趋势，评估牙-牙槽位置和软硬组织的生长变化。随着计算机技术的发展，头影测量从最初的手工描点测量发展到目前对全自动化图像测量分析的探索，提高了精度和效率，成为生长发育研究的重要平台。

在参考平面的选择上，以往的研究多在颅面结构内部定基准平面作测量分析，但因颅内结构点本身有较大的生长变异而导致了测量误差。由丹麦皇家医学院 Björk^[10]提出的种植体放射法是一种用于人类的特殊实验方法，它是将金属微种植钉植入颅面部的骨骼中，钉与颌骨的牢固结合为后续的观测研究提供了可靠的参照，大大提高了准确性，但因其是有创操作故未能在临床上广泛采用。近年来，学者们开始探索稳定性和可重复性更高的颅外参考平面，在自然头位下摄片后发现：自然头位在生长变化中具有较高的稳定性。

在测量分析方面，Downs、Steiner、Tweed、Wylie、Wits 和 Ricketts 等分析法主要基于角度和线距来评价颅颌面骨骼的结构。一些学者采用简单的观测线法，也有学者采用弧线或图格，如

Sassauni 圆弧或 Mesh 网格等可视化图形以直观、简捷和整体化表现出颅颌面的结构特征以及颅面各标志点之间和各结构间成比例和不成比例的生长变化^[11]；一些学者^[12-13]则从颅脑脏器部和颌骨神经皮质部的形态入手，分析牙、牙槽骨和颌骨相对于颅底的前后位置以及旋转和垂直方向的关系。

在成像信息方面，采用双平面法和共平面法可将 X 线正侧位片的二维影像信息转化为三维资料^[14-15]。共平面法相对于双平面 X 线技术而言，克服了颅颌结构在 2 个平面方向上由于投照方向的不同而引起的放大误差，求出标志点的三维坐标值更准确，但因需要特殊设备且计算方法复杂，未能得到广泛的应用^[16]。

目前，X 线正侧位片头影测量分析常规应用于正畸临床的诊断治疗，但在生长发育研究方面因存在 X 线片结构重叠、放大误差、测量点定位不精确和 X 线辐射等问题，未在长时间大样本前瞻性纵向研究中广泛使用。

2.2.2 面部照相法

自 Simon 提出用面部拍照的方法进行颜面的研究以来，计算机技术的发展使其具有资料获取容易、软组织结构显示清楚和价廉等优点，被很多学者广泛采用^[17-18]。同为二维资料，Zhang 等^[19]认为：照相法并不会较头影测量的方法误差更大。颅面部是立体的，与参照物不在同一平面的标志点成像时会产生不同的“景深”和成像放大率，同时也存在测量的误差，且不能显示软硬组织之间的关系和提供三维立体信息。因此，二维照相法用于生长发育的研究测量也逐渐被其他新方法所代替。

2.2.3 颅颌面部三维间接测量

用结构光扫描、立体摄影、激光扫描和 CT 扫描等技术获取的颅颌面部信息，结合计算机数字化系统三维重建后进行测量分析，其作为一种非介入性的测量方法大大缩短了测量时间，使数据获取速度快、信息量大，且能准确记录特定部位的形态和大小，比较患者生长中的微细变化，是很有前途的生物测量技术^[20]。

立体摄影多用于颅面软组织的测量方面。使用立体摄影并结合现代计算机技术进行面部软组织的三维重建，可定量研究人颜面形态的生长发育变化^[21-22]。Khambay 等^[23]用高分辨三维立体摄影系统与金标准的三维坐标测量仪对 12 名成年人的面部石膏模型进行测量后发现：前者误差小于 0.2 mm，可以满足临床面部软组织三维测量的要

求。商业化软件,如 3dMD 和 Di3D 系统的开发也大大提高了操作的自动化和准确性,使其在生长发育研究中有了更广阔的应用前景,但目前因设备昂贵未能被广泛使用^[24]。

三维激光测量技术的图像分辨率高,具有非接触式、非介入性且成本较低等优点,是今后颌面部软组织测量方法的选择之一;但其测量精度在很大程度上取决于激光束的宽窄,扫描时间长,扫描过程中患者需闭眼且不能扫描面部较深的倒凹,使患者的面部图像有失真。目前,很多学者致力于研发精密高速激光以减轻对人眼的伤害,再联合多种功能软件完成模型定点、线距测量和面部对称性分析的工作,以提高三维测量精度和抗干扰能力,扩大其适用范围^[25-26]。

CT 扫描多用于颅面部硬组织方面的研究,具有不破坏被测试物的条件下准确测量其表面和内部特征的优点,能生动、逼真地显示颅面复杂结构及其相互间的空间关系,测量精度高、可重复性好。借助功能软件包的 CT 三维重建研究在颅颌面不对称畸形分析方面具有不可比拟的优势,不仅可实现颅面结构三维可视化,而且可以对其进行全面、准确地定性和定量分析,是最佳的颅面部硬组织的研究方法。目前,因其存在对细小内部孔隙结构精度不足、立体重建技术软件不完善、费用较高和有 X 线辐射等缺点,尚未被广泛使用。相信今后朝着小型化和低辐射量的方向发展,结合日新月异发展的计算机技术,其将在生长发育的研究领域发挥出更大的作用^[27-28]。

3 牙列生长发育的研究进展

3.1 口内扫描三维数字化重建

目前,在牙和牙弓生长发育的特点方面有许多研究。口内牙列三维数字化重建与面部三维成像的原理相同:特制体积较小、刻度更精确的口内扫描仪,采用激光或结构光扫描牙列,最后得到牙列表面的三维成像来进行观察分析。

3.2 牙颌模型测量研究

3.2.1 传统的手工测量 应用游标卡尺和万能角度尺等对不同牙龄的系列牙颌模型进行手工测量是目前使用最多、最普遍的一种方法,可为牙颌生长发育的研究提供很多有价值的资料。其研究成本较低,但不能测量弧线、曲面或任意平面间的夹角,无法对牙颌的复杂几何形态作出全面、精确地定量描述和分析。

3.2.2 三维数字牙颌模型测量 采用接触式测量、非接触式测量和逐层扫描法采集牙颌模型的三维信息,经过光学仪器和计算机软件重建的牙颌模型三维图像,其细微结构清晰可辨,不仅可任意旋转或平移以供观察和测量模型表面的各个部位,还可完成任意点的三维坐标提取,空间任意 2 点距离、任意角度、弧长和曲面面积等项的测量分析,使手工测量无法涉及的指标成为可能;而且方便、直观,数字化信息可存储于计算机内,有利于模型资料的保存和管理^[29]。

目前还不能直接评价三维数字化牙颌模型与实物原形之间的误差,故多用石膏模型的手工测量结果作为标准来评价数字化模型的精度。许多建模产品的精度达不到厂家所提供的测量精度,这主要与测量环境、被测物体表面的形态和特性的变化、曲面重构以及模型的算法等有关。而在数字化模型上的定点可重复性方面,Zilberman 等^[30]认为:使用平面显示器对三维模型定点较在石膏模型上更为困难,影响了测量的可重复性,但也有学者持不同的意见。

4 颅面部整合的研究

颅面部软硬组织和牙颌模型的三维重建虽然都较为精确地捕获了该部分的三维信息,但均不能全面地反映颅颌面的整体状况。应用至少 3 个清晰、易识别的有阻射线的“结点”并且保持获取图像的过程中固定、可靠,可以高精度地完成三者的图像整合,从而达到最终的研究目的。Ayoub 等^[31]利用立体摄影三维重建面部软组织并与 CT 重建的骨模型进行图像融合,重建了面部三维形貌仿真模型,实现了在一个系统中软硬组织兼存且具有真实面部的形貌特征,从而获取了颌面部完整的数据资料。Rangel 等^[32]将立体三维面相和三维数字牙颌模型整合,动态模拟了口颌面部的功能,为正畸诊疗提供了更多的参考信息,也为生长发育的研究提供了更高的技术平台。

5 结束语

综上所述,颅颌面生长发育的研究方法随着计算机技术的日新月异而不断发展,研究资料从二维平面转向三维立体,信息采集从直接转向间接,研究范围从颅颌面硬组织拓展为软硬组织和牙颌模型整合的资料研究,数据信息丰富、多样化,使人们对生长发育的认识逐渐深入。目前,

各种方法各有优缺点,在不断探索中向更高精度、更广泛适用性和可操作性发展。今后在大样本纵向多层次研究设计的基础上,根据情况选择合适的研究方法,将多层面揭示颅面生长发育,从而有助于完善口腔正畸学的理论基础,指导临床实践。

6 参考文献

[1] 赵美英, 杨璞. 颅面部的生长发育[J]. 北京口腔医学, 2008, 16(2) :107-110.

[2] Ramirez-Yañez GO, Smid JR, Young WG, et al. Influence of growth hormone on the craniofacial complex of transgenic mice[J]. *Eur J Orthod*, 2005, 27(5) :494-500.

[3] Mosig RA, Dowling O, DiFeo A, et al. Loss of MMP-2 disrupts skeletal and craniofacial development and results in decreased bone mineralization, joint erosion and defects in osteoblast and osteoclast growth[J]. *Hum Mol Genet*, 2007, 16(9) :1113-1123.

[4] Farkas LG, Tompson BD, Katic MJ, et al. Differences between direct(anthropometric) and indirect(cephalometric) measurements of the skull[J]. *J Craniofac Surg*, 2002, 13(1) :105-110.

[5] 史铀, 鞠梅, 舒斌, 等. 学龄前儿童面部器官医学活体测量研究[J]. 泸州医学院学报, 1993, 16(1) :17-20.

[6] Farkas LG, Hreczko TM, Katic MJ, et al. Proportion indices in the craniofacial regions of 284 healthy North American white children between 1 and 5 years of age [J]. *J Craniofac Surg*, 2003, 14(1) :13-28.

[7] Landes CA, Bitsakis J, Diehl T, et al. Introduction of a three-dimensional anthropometry of the viscerocranium. Part :Measurement of craniofacial development and establishment of standard values and growth functions[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2002, 30(1) :18-24.

[8] Landes CA, Zachar R, Diehl T, et al. Introduction of a three-dimensional anthropometry of the viscerocranium. Part :Evaluating osseous and soft tissue changes following orthognathic surgery[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2002, 30(1) :25-34.

[9] Hönn M, Göz G. Reference values for craniofacial structures in children 4 to 6 years old :Review of the literature[J]. *J Orofac Orthop*, 2007, 68(3) :170-182.

[10] Björk A. The use of metallic implants in the study of facial growth in children :Method and application[J]. *Am J Phys Anthropol*, 1968, 29(2) :243-254.

[11] Jiang J, Xu T, Lin J, et al. Proportional analysis of longitudinal craniofacial growth using modified mesh diagrams[J]. *Angle Orthod*, 2007, 77(5) :794-802.

[12] Delaire J. The evolution of the lower jaw and the jaw joint, from reptiles to man[J]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac*, 1998, 99(1) :3-10.

[13] 冯格, 宋锦璘, 王涛, 等. 计算机辅助Delaire头影测量

分析方法的研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2008, 26(2) :121-124, 128.

[14] 王邦康, 厉松, 周立新, 等. X线头影和模型视频立体测量系统的建立[J]. 中华口腔医学杂志, 2000, 35(3) :230-232.

[15] Mori Y, Miyajima T, Minami K, et al. An accurate three-dimensional cephalometric system :A solution for the correction of cephalic malpositioning[J]. *J Orthod*, 2001, 28(2) :143-149.

[16] Baumrind S, Moffitt FH, Curry S. The geometry of three-dimensional measurement from paired coplanar X-ray images[J]. *Am J Orthod*, 1983, 84(4) :313-322.

[17] Bishara SE, Cummins DM, Jorgensen GJ, et al. A computer assisted photogrammetric analysis of soft tissue changes after orthodontic treatment. Part :Methodology and reliability[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1995, 107(6) :633-639.

[18] Cummins DM, Bishara SE, Jakobsen JR. A computer assisted photogrammetric analysis of soft tissue changes after orthodontic treatment. Part :Results[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1995, 108(1) :38-47.

[19] Zhang X, Hans MG, Graham G, et al. Correlations between cephalometric and facial photographic measurements of craniofacial form[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2007, 131(1) :67-71.

[20] McIntyre GT, Mossey PA. Size and shape measurement in contemporary cephalometrics[J]. *Eur J Orthod*, 2003, 25(3) :231-242.

[21] Ras F, Habets LL, van Ginkel FC, et al. Quantification of facial morphology using stereophotogrammetry—demonstration of a new concept[J]. *J Dent*, 1996, 24(5) :369-374.

[22] 白玉兴, 郭宏铭, 刘凤德, 等. 面部软组织三维重建及测量系统的研制与应用[J]. 中华口腔医学杂志, 2001, 36(4) :298-300.

[23] Khambay B, Nairn N, Bell A, et al. Validation and reproducibility of a high-resolution three-dimensional facial imaging system[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 46(1) :27-32.

[24] Winder RJ, Darvann TA, McKnight W, et al. Technical validation of the Di3D stereophotogrammetry surface imaging system[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 46(1) :33-37.

[25] Nute SJ, Moss JP. Three-dimensional facial growth studied by optical surface scanning[J]. *J Orthod*, 2000, 27(1) :31-38.

[26] Kau CH, Zhurov A, Richmond S, et al. The 3-dimensional construction of the average 11-year-old child face : A clinical evaluation and application[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2006, 64(7) :1086-1092.

[27] Adams GL, Gansky SA, Miller AJ, et al. Comparison be-

Polym, 2001, 44(1) :71-76.

[8] No HK, Park NY, Lee SH, et al. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights[J]. Int J Food Microbiol, 2002, 74(1/2) : 65-72.

[9] Maeda Y, Kimura Y. Antitumor effects of various low-molecular-weight chitosans are due to increased natural killer activity of intestinal intraepithelial lymphocytes in sarcoma 180-bearing mice[J]. J Nutr, 2004, 134(4) :945-950.

[10] Qin C, Du Y, Xiao L, et al. Enzymic preparation of water-soluble chitosan and their antitumor activity[J]. Int J Biol Macromol, 2002, 31(1/2/3) :111-117.

[11] Gumińska M, Ignacak J, Wójcik E. *In vitro* inhibitory effect of chitosan and its degradation products on energy metabolism in Ehrlich ascites tumour cells(EAT)[J]. Pol J Pharmacol, 1996, 48(5) :495-501.

[12] Hasegawa M, Yagi K, Iwakawa S, et al. Chitosan induces apoptosis via caspase-3 activation in bladder tumor cells [J]. Jpn J Cancer Res, 2001, 92(4) :459-466.

[13] Mi FL, Shyu SS, Wu YB, et al. Fabrication and characterization of a sponge-like asymmetric chitosan membrane as a wound dressing[J]. Biomaterials, 2001, 22(2) : 165-173.

[14] Lloydb LL, Kennedy JF, Methacanon P, et al. Carbohydrate polymers as wound management aids[J]. Carbohydr Polym, 1998, 37(3) :315-322.

[15] Prabakaran M, Mano JF. Chitosan-based particles as controlled drug delivery systems[J]. Drug Deliv, 2005, 12(1) :41-57.

[16] 杨军, 陈治清. 壳聚糖-羟基磷灰石复合材料修复骨缺损的实验研究[J]. 口腔医学纵横, 1992, 8(1) :5-8.

[17] 石国华, 丁诚, 龚连生, 等. 壳聚糖/羟基磷灰石纳米复合材料修复骨缺损研究[J]. 中国现代医学杂志, 2007, 17(19) :2322-2325, 2329.

[18] Takagi S, Chow LC, Hirayama S, et al. Properties of elastomeric calcium phosphate cement-chitosan composites [J]. Dent Mater, 2003, 19(8) :797-804.

[19] Leroux L, Hatim Z, Frèche M, et al. Effects of various adjuvants(lactic acid, glycerol, and chitosan) on the injectability of a calcium phosphate cement[J]. Bone, 1999, 25(2 Suppl) :31S-34S.

[20] Ding SJ. Biodegradation behavior of chitosan/calcium phosphate composites [J]. J Non-Cryst Solids, 2007, 353(24/25) :2367-2373.

[21] Cheng XM, Li YB, Zuo Y, et al. Properties and *in vitro* biological evaluation of nano-hydroxyapatite/chitosan membranes for bone guided regeneration[J]. Mater Sci Eng C, 2009, 29(1) :29-35.

[22] Oliveira JM, Rodrigues MT, Silva SS, et al. Novel hydroxyapatite/chitosan bilayered scaffold for osteochondral tissue-engineering applications : Scaffold design and its performance when seeded with goat bone marrow stromal cells[J]. Biomaterials, 2006, 27(36) :6123-6137.

[23] Xu HH, Simon CG Jr. Fast setting calcium phosphate-chitosan scaffold: Mechanical properties and biocompatibility[J]. Biomaterials, 2005, 26(12) :1337-1348.

[24] Liu C, Xia Z, Czernuszka JT. Design and development of three-dimensional scaffolds for tissue engineering[J]. Chem Eng Res Des, 2007, 85(7) :1051-1064.

[25] Jiang T, Abdel-Fattah WI, Laurencin CT. *In vitro* evaluation of chitosan/poly(lactic acid-glycolic acid) sintered microsphere scaffolds for bone tissue engineering[J]. Biomaterials, 2006, 27(28) :4894-4903.

[26] Park YJ, Lee YM, Park SN, et al. Platelet derived growth factor releasing chitosan sponge for periodontal bone regeneration[J]. Biomaterials, 2000, 21(2) :153-159.

(本文编辑 李彩)

(上接第82页)

tween traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2004, 126(4) :397-409.

[28] Swennen GR, Barth EL, Eulzer C, et al. The use of a new 3D splint and double CT scan procedure to obtain an accurate anatomic virtual augmented model of the skull [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2007, 36(2) :146-152.

[29] 郭宏铭, 周洁珉, 白玉兴. 传统模型与三维数字化模型在平整牙弓间隙分析中的比较研究[J]. 现代口腔医学杂志, 2007, 21(3) :241-244.

[30] Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models[J]. Angle Orthod, 2003, 73(3) :301-306.

[31] Ayoub AF, Xiao Y, Khambay B, et al. Towards building a photo-realistic virtual human face for craniomaxillofacial diagnosis and treatment planning[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2007, 36(5) :423-428.

[32] Rangel FA, Maal TJ, Bergé SJ, et al. Integration of digital dental casts in 3-dimensional facial photographs[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008, 134(6) :820-826.

(本文编辑 王晴)