

graphy)、激光扫描等,比二维摄影技术如头部正、侧面照片和头影X线测量更具优势,具体表现为更精准、更快捷、更自动、更无害,而其中又以三维立体摄影在软组织颜色、质感上呈现最优,并可获得患者双眼睁开而非在激光扫描和CBCT中双眼紧闭的图像,同时,相比CBCT,其具有无辐射的优点。

然而,三维摄影技术的临床应用仍受到限制,原因在于尚无国际统一的三维颌面部测量标准。由于自然头位(natural head position)是目前公认的评价面部容貌的最佳参照基准,故建立三维颌面部测量标准的首要任务是建立校正自然头位的标准方法。从另一方面来说,二维到三维,自然头位一直是评价颌面部形态学的首要条件,然而,二维自然头位校正方法不再适用于三维软件,并且目前三维软件中校正自然头位仍然依靠医生的主观经验,缺乏客观依据、可重复性和准确性较差。因此,如何在软件中重建患者自然头位是三维立体摄影技术需要解决的基本问题。

本文对三维立体摄影技术校正自然头位的方法作一综述。

1 三维立体摄影技术

三维摄影或立体摄影起源于19世纪中叶,自1832年Charles Wheatstone发现立体图像以来,三维摄影术逐渐发展为数字化三维摄影术^[1-2],包括CBCT、三维激光扫描以及三维立体摄影;相比传统的二维影像,CBCT可提供高质量的软组织影像,但其有时间较长、辐射与噪音较大的问题^[3];三维激光扫描可在相对较短的扫描时间内,无辐射、精确重建软组织的颜色与质感,但由于激光对眼部具有伤害的风险,患者必须保持闭眼的状态,且皮肤色泽与质感仍不可能被完美地呈现^[4]。因此,三维立体摄影技术的优势显而易见,主要在于患者可保持双眼睁开、良好的可重复性和可靠性,并可显示出患者软组织的质感与颜色3个方面^[5-8]。该技术的方法是使用2台或更多的相机置于患者两侧,获取多组包含三维结构与皮肤纹理的图像,经计算机软件整合重建头部模型,并显示出形态、颜色与质感,供后续测量评估。常用的商业软件数字化三维摄影测量系统(digital three-dimensional photogrammetry, 3dMD)即结合了主动立体摄影与被动立体摄影技术,以获得高精

度、高质量的图像。

三维立体摄影技术对颅面人体测量学的发展产生了巨大的推动作用,出于美学与功能的要求,在术前模拟、术中监控、术后评估软组织变化、颅颌面部畸形的量化、颌面外科创伤与肿瘤术、颅面矫正与重建、正颌手术、正畸前检查与治疗方案的制定等领域成为有力的工具^[9]。

2 自然头位

1958年,自然头位^[10]的标准定义是:自然头位是当人物主体直立并处于完全放松状态下,双眼在没有任何外界干扰的情况下,水平注视前方时,该主体头部所处的位置,是一类标准的、稳定的、可重复的生理位置,反映了个体在自然生活状态下的头、颌、面、颈部的真实情况。随后,一系列概念对自然头位进行了补充,包括自适位(即主体通过头部减弱的屈伸运动以达到头部最舒适的位置)、镜像位(即主体通过镜像反射替代注视远处来达到自然头位)、自然头姿势(即主体准备自然行走时的头部位置)、自然头向(即主体在自然头位状态下经过操作人员校正后的位置)。自然头位的临床应用广泛,其短期与长期的稳定性和可重复性已得到数位学者的验证,尤其是在一些学者^[11-12]的系列研究中。

自然头位是目前公认的评价面部容貌的最佳参照基准,因此,自然头位的获取是进行面部形态头影测量分析的首要条件^[13]。整形外科、颌面外科和正畸科将自然头位常规应用于医学临床检查^[10]、诊断、治疗计划的制定、治疗过程中的监测以及治疗效果并最终评定中^[14]。根据获取方式的不同,自然头位包括记录自然头位(即被测主体在自然放松状态下进行头位的自我调节)、评价自然头位(即有一定经验并经过训练的医生通过主观认识,调整患者头部使其处于自然、直立的位置)。

3 三维立体摄影技术自然头位校正的方法

3.1 三维立体摄影测量校正自然头位

目前,已有数位学者运用多种辅助手段将三维立体摄影软件中的数字化自然头位校正至自然头位。de Paula等^[15]证实:使用微型三维动态跟踪传感器辅助记录自然头位,可极大提高3dMD照片

自然头位的可重复性。首先, 装设传感器的头戴设备用于记录6个自由度(上、下、前、后、左、右)的俯仰、横滚和侧偏角(俯仰表示头部矢状向变化, 横滚相当于头部冠状向变化, 侧偏是描述头部沿垂直轴旋转); 接着, 受试者坐直、面对镜子, 并将面部左右平分线与镜子上的绝对垂直线对齐, 保持自然头位拍摄照片, 用佩戴头戴传感器时测得的6个自由度与未佩戴时相同这一指标来衡量2次拍摄之间头位是否一致; 最后, 通过在软件中测量相关软组织标记点之间的距离(鼻根点、鼻尖点、鼻下点、左右上下唇联合、上下唇红的中点和软组织下齿槽座点)来比较有头戴传感器辅助的可重复性差异。结果表明: 使用传感器辅助的自然头位相比不使用的可重复性更高。

其他研究也使用多种头戴设备帮助重建自然头位。如将数字化定向传感器^[16]或数字化陀螺仪^[15, 17]固定于患者脸部、使用陀螺仪或激光束^[18]帮助患者摆正头位、面部粘贴标记帮助研究人员摆正图像来获得物理参考面^[17]等, 但存在头戴设备的自重影响自然头位^[19]、头部设备阻挡了上下唇图像的获取^[19]以及面部标记方法不够便捷^[10]等问题。

Weber等^[20]进行了一些改进, 取消了头戴设备的使用。首先, 令患者坐于一台iCAT CBCT扫描仪内, 保持自然头位。该iCAT用于发射红外线光束至患者脸部, 利用光束定位, 位于前额与鼻尖的2个垂线点和耳前与颧骨下2个水平线点用墨水标记, 由此确立了垂线和水平线; 随后, 运用3dMD拍摄照片, 在软件中用4个数字化的墨点来建立矢状面和水平面, 冠状面通过与二者均垂直来建立; 最后, 判定方法的可重复性, 将2次重建的自然头位前额与鼻部重合, 比较二者2条x轴、y轴、z轴分别所成的角度, 运用此方法建立的三维自然头位是可重复的。Weber等^[20]方法的优势在于不需要特殊设备与软件的辅助、也没有射线辐射, 但研究人员在患者脸部标记墨点时患者可能会被转移注意力, 头部出现轻微偏移, 以及头部震动^[21]; 此外, 标记步骤与照相步骤分离, 可能为医生和患者带来不便; 故有研究者^[22]质疑其准确性和便捷程度。由此可见, 该方法虽然去除了头戴设备对自然头位的影响, 但仍然存在标记本身影响自然头位的问题, 以及延长操作时间的问题^[23]。

Hsung等^[24]不使用头戴设备, 也不在面部绘制或放置参考点, 通过拍摄的参考板建立坐标系来矫正软件中重建的头位网状模型。第一步, 用立体摄影测量仪记录参考板的数字化网状模型, 该参考板正对测量仪并通过铅垂线保持绝对垂直, 通过红外线光束平面以及设置在测量仪中间的镜子保持绝对平行。第二步, 导出参考板数字网状模型的参数, 来调整随后记录的患者面部图像的俯仰、横滚与侧偏角度。该方法虽精准、可重复, 但仍需要一定的人工操作。在此基础上, Hsung等^[25]优化方案、改进参考板, 使其同时具有物理参考垂线和自然头位校准的镜像定向功能, 这样得以去除人工操作, 并将其命名为自动定向-校准(orientation-calibrated)的立体摄影测量。通过检测6个自由度的偏差, 此方法为目前精确度最高的自然头位记录方法, 其精确度涉及4个因素: 激光准直测量的精确度、三维表面测量的可靠性、参考板的放置以及计算机定位轴的检测; 同时, 3位操作者的检测结果说明该方法具有高度可重复性。此外, 一旦校准完成, 随后的三维扫描记录自然头位就和普通照相一样, 患者可以在没有任何附加装置的情况下呈现最自然的头位; 并且, 在校正后, 设备自动在记录下的定向轴系基础上拍摄头位图像, 期间不涉及任何人工操作, 由此消除了校正之后的阶段由于操作者不同所带来的误差。

3.2 三维立体摄影辅助校正CBCT图像至自然头位

CBCT是口腔医学领域中重要的头影测量设备, 其广泛应用于颌面外科、正畸科的评估诊断中, 故获取患者CBCT图像自然头位数据同样非常重要。但应用CBCT图像校正自然头位仍具有以下4方面的问题: 1) 由于CBCT扫描的特殊性, 不能同三维立体摄影一样运用头戴设备或面部绘制或放置参考点; 2) 同时, CBCT使用方式与三维立体摄影不同, 患者头位可能是在平躺、坐姿或站姿的情况下记录的, 扫描时, 患者头部位置随机使基于此的畸形评估测量等不准确^[26](有学者认为仰卧位下^[19]以及使用了头部固定装置^[20]获得的头位并非生理头位); 3) 二维的颅内参考线, 比如Frankfort水平面等在评估CBCT扫描软组织模型时不再可用, 目前缺少可靠的外部参考^[27]; 4) 由于CT扫描时间相对较长(20~40 s), 患者难以长时间维持同一姿势, 故在CT图像中摆正头位较为困难。

一些研究巧妙地规避校正CBCT图像至自然头位可能出现的上述问题,提出以正面照片为基准,首先校正3dMD头像至自然头位,再以矫正完成3dMD中的自然头位为基准,将CBCT的头像校正至自然头位的方法(表1)。如Kim等^[19]建立了一种在头颅模型的正面照上运用一个执行3D姿态估计的计算机视觉缩放算法(pose from orthography and scaling with iterations, POSIT),记录重建3D自然头位,并随后校正CBCT图像至自然头位的方法。该方法在头颅模型上完成,还未运用到患者的试验。首先,头颅模型面部固定7个直径4 mm的陶瓷球形标记物作为标志点,头颅模型保持自然头位并固定在一个底座上,底座上有金属球供CBCT图像中校正自然头位;其次,拍摄二维

正面照片时,相机放在固定的三脚架上,并用水平仪校正保持与地面平行,拍摄后即可获得二维照片的自然头位;随后,立即拍摄CBCT图像;最后,二维正面照片与CBCT导入软件后,拍摄的二维照片上标记点中心所在的位置被转化为二维坐标 (x_i, y_i) ,运用POSIT即可算出将其转化为三维坐标 (x_i, y_i, z_i) ,此时,俯仰、横滚和侧偏的旋转角度可校正CBCT图像至自然头位。通过比较有无POSIT校正的自然头位的俯仰、横滚和侧偏的差异来判断该方法的精确度,结果表明:2种方法的精确度差异无统计学意义,同时,2位操作者之间差异也无统计学意义,其可重复性较好。该方法具有简单、准确、成本低廉、无遮挡、不影响唇部位置的优点^[28-29]。

表 1 近年来三维摄影测量技术中校正自然头位的方法

Tab 1 The method of correcting natural head position in 3D photogrammetry in recent years

参考文献	方法	三维摄影技术
de Paula等 ^[15]	使用装配在耳机上的微型三维动态跟踪传感器记录6个角度(上、下、前、后、左、右)的俯仰角、横滚角和侧偏角,以帮助患者摆正头位,可极大提高3dMD照片自然头位的可重复性。	3dMD
Weber等 ^[20]	使用iCAT仪发射激光束,帮助在患者脸部标记定位墨点来确立轴线和矢状线;随后运用3dMD获取图像并导入软件,数字化的墨点分别与轴面和矢状面平齐,获得可重复的三维自然头位。	3dMD
Hsung等 ^[24]	用立体摄影测量仪记录参考板的数字化网状模型,此时,参考板正对测量仪并通过铅垂线保持绝对垂直,通过激光平面以及设置在测量仪中间的镜子保持绝对平行。参考板数字网状模型中导出的参数用于调整随后记录的患者面部图像的俯仰、横滚与侧偏角。	立体摄影技术
Hsung等 ^[25]	该方法主要改进上述参考板,使其同时具有物理参考垂线和自然头位校准的镜像定向功能。参考板上的定向轴线被记录,并同样用于从俯仰、横滚与侧偏角度调整患者的自然头位。	3dMD
Xia等 ^[16]	将一个数字化定向传感器通过一个面弓和一个个性化的咬夹具固定于患者脸部。该设备将辅助激光扫描获取患者的三维自然头位。	激光扫描
Damstra等 ^[17]	以垂直投射至鼻部和水平投射至上唇的激光束为参考线,在患者脸部粘贴6个玻璃珠作为软组织标记点(侧面观、正面观、上面观各2个标记点),拍摄CBCT图像后,将参考标志点与水平参考线重合,即可在软件中定位自然头位。	CBCT
Schatz等 ^[26]	外部设备包括由咬夹具和面弓X线阻滞效应的基准标记点组成的殆垫,具有立体定位功能的数字化陀螺仪用以记录三维空间中的x、y、z轴旋转坐标。	CBCT
刘筱菁等 ^[18]	使用带有陀螺仪的外部装置的同时,用激光水平面将一条水平线投射至头部模型上,并运用CBCT拍摄照片。随后,在软件中调整使垂线与矢状轴同时与水平参考线垂直,进而获得虚拟自然头位。	CBCT
Kim等 ^[19]	在患者正面照上运用POSIT,记录重建3D自然头位,并随后校正CT图像至自然头位。	正面照片、CBCT

4 总结与展望

将三维摄影技术应用于软组织的评估与诊断中,有助于远程诊疗、辅助治疗,良好医患沟通的实现;三维立体摄影与CBCT具有良好的应用前

景,临床工作中,需要建立一种基于三维摄影技术的三维头面部测量评估系统,而评估系统必然是以自然头位为基准的。

然而,相比记录自然头位,对于评价自然头位的研究较少^[30],这主要缘于三维评价自然头位受医生主观经验影响较大。但其优势在于不仅不

需要在患者的面部放置工具或标定标志点,也不用主观辨别特定的标志点;在CBCT图像中,头部模型不会留下头面部外部设备的图像,同时,也不会影响患者的重要软组织标志、更不会使面部软组织变形。将记录自然头位方法与评价自然头位方法相结合,可提出一种结合两者优势的新方法。首先,运用3dMD系统拍摄重建受试者的自然头位;接着,选取一系列高度精确标志点作为水平标志点与垂直标志点,过这些标志点作水平面与矢状面,垂直于这2个面为冠状面,可在软件中自动摆正头位,并验证其精确度与可重复性。该方法的优势在于操作简单、快捷,相比评价自然头位不依赖于操作者的经验,相比许多记录自然头位不依赖于头部设备及物理标志点的使用,特定标志点的辨别简单、易学,初学者可轻松操作。但其与其他方法相比的可重复性与精确度还有待进一步的研究。

5 参考文献

- [1] Lee S. Three-dimensional photography and its application to facial plastic surgery[J]. Arch Facial Plast Surg, 2004, 6(6):410-414.
- [2] Nanda V, Gutman B, Bar E, et al. Quantitative analysis of 3-dimensional facial soft tissue photographic images: technical methods and clinical application[J]. Prog Orthod, 2015, 16:21.
- [3] Kau CH, Richmond S, Incrapera A, et al. Three-dimensional surface acquisition systems for the study of facial morphology and their application to maxillofacial surgery[J]. Int J Med Robot, 2007, 3(2):97-110.
- [4] Baik HS, Kim SY. Facial soft-tissue changes in skeletal Class III orthognathic surgery patients analyzed with 3-dimensional laser scanning[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010, 138(2):167-178.
- [5] Naini FB, Akram S, Kepinska J, et al. Validation of a new three-dimensional imaging system using comparative craniofacial anthropometry[J]. Maxillofac Plast Reconstr Surg, 2017, 39(1):23.
- [6] Patel A, Islam SM, Murray K, et al. Facial asymmetry assessment in adults using three-dimensional surface imaging[J]. Prog Orthod, 2015, 16:36.
- [7] Plooij JM, Swennen GR, Rangel FA, et al. Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2009, 38(3):267-273.
- [8] de Menezes M, Rosati R, Ferrario VF, et al. Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2010, 68(9):2129-2135.
- [9] Jayaratne YS, Zwahlen RA. Application of digital anthropometry for craniofacial assessment[J]. Craniofacial Trauma Reconstr, 2014, 7(2):101-107.
- [10] Moorrees CF. Natural head position—a revival[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1994, 105(5):512-513.
- [11] Cooke MS, Wei SH. The reproducibility of natural head posture: a methodological study[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1988, 93(4):280-288.
- [12] Peng L, Cooke MS. Fifteen-year reproducibility of natural head posture: a longitudinal study[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1999, 116(1):82-85.
- [13] Masoud MI, Bansal N, C Castillo J, et al. 3D dento-facial photogrammetry reference values: a novel approach to orthodontic diagnosis[J]. Eur J Orthod, 2017, 39(2):215-225.
- [14] Ferrario VF, Sforza C, Miani A, et al. Craniofacial morphometry by photographic evaluations[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1993, 103(4):327-337.
- [15] de Paula LK, Ackerman JL, Carvalho Fde A, et al. Digital live-tracking 3-dimensional minisensors for recording head orientation during image acquisition [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2012, 141(1):116-123.
- [16] Xia JJ, McGrory JK, Gateno J, et al. A new method to orient 3-dimensional computed tomography models to the natural head position: a clinical feasibility study[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2011, 69(3):584-591.
- [17] Damstra J, Fourie Z, Ren Y. Simple technique to achieve a natural position of the head for cone beam computed tomography[J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2010, 48(3):236-238.
- [18] 刘筱菁, 李倩倩, 田凯月, 等. 陀螺仪记录转移自然头位系统的建立及其精度检测[J]. 北京大学学报(医学版), 2014, 46(1):86-89.
- [18] Liu XJ, Li QQ, Tian KY, et al. Establishment and

- accuracy examination of gyroscope for recording and transferring natural head position[J]. J Peking Univ (Health Sci), 2014, 46(1):86-89.
- [19] Kim DS, Yang HJ, Huh KH, et al. Three-dimensional natural head position reproduction using a single facial photograph based on the POSIT method [J]. J Craniomaxillofac Surg, 2014, 42(7):1315-1321.
- [20] Weber DW, Fallis DW, Packer MD. Three-dimensional reproducibility of natural head position[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2013, 143(5):738-744.
- [21] Tian K, Li Q, Wang X, et al. Reproducibility of natural head position in normal Chinese people[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2015, 148(3):503-510.
- [22] Liu XJ, Li QQ, Pang YJ, et al. Modified method of recording and reproducing natural head position with a multicamera system and a laser level[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2015, 147(6):781-787.
- [23] Cassi D, De Biase C, Tonni I, et al. Natural position of the head: review of two-dimensional and three-dimensional methods of recording[J]. Br J Oral Maxillofac Surg, 2016, 54(3):233-240.
- [24] Hsung TC, Lo J, Li TS, et al. Recording of natural head position using stereophotogrammetry: a new technique and reliability study[J]. J Oral Maxillofac Surg, 2014, 72(11):2256-2261.
- [25] Hsung TC, Lo J, Li TS, et al. Automatic detection and reproduction of natural head position in stereophotogrammetry[J]. PLoS One, 2015, 10(6):e0130877.
- [26] Schatz EC, Xia JJ, Gateno J, et al. Development of a technique for recording and transferring natural head position in 3 dimensions[J]. J Craniofac Surg, 2010, 21(5):1452-1455.
- [27] Cevidanes L, Oliveira AE, Motta A, et al. Head orientation in CBCT-generated cephalograms[J]. Angle Orthod, 2009, 79(5):971-977.
- [28] Ackerman JL, Proffit WR, Sarver DM, et al. Pitch, roll, and yaw: describing the spatial orientation of dentofacial traits[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2007, 131(3):305-310.
- [29] Park IK, Lee KY, Jeong YK, et al. Recording natural head position using an accelerometer and reconstruction from computed tomographic images[J]. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2017, 43(4):256-261.
- [30] Zhu S, Keeling A, Hsung TC, et al. The difference between registered natural head position and estimated natural head position in three dimensions[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2017. doi:10.1016/j.ijom.2017.07.016.

(本文编辑 王姝)

“中青年专家笔谈”栏目征稿启事

《国际口腔医学杂志》自2017年起开设“中青年专家笔谈”栏目，刊登中青年专家对口腔医学领域的新理论、新进展、新方法、新技术、新的实验研究结果的见解和观点，为中青年专家提供一个研究成果的快速发表通道。

职称要求：讲师、主治医师及以上。

来稿要求：表达清晰，内容新颖，形式不限。

投稿方式：登录本刊网站www.gjkqyzz.cn至投审稿系统投稿，来稿请注明“中青年专家笔谈投稿”。

欢迎中青年专家踊跃投稿！

《国际口腔医学杂志》编辑部