

三维颅面水平参考平面的确定方法

金珉廷, 刘 怡[△]

(北京大学口腔医学院·口腔医院 正畸科 国家口腔疾病临床研究中心 口腔数字化医疗技术和材料国家工程
试验室 口腔数字医学北京市重点实验室 北京 100081)

[摘 要] 目的: 比较在三维影像选取双侧耳点和双侧眶下点构建的不同水平面之间差异, 分析不同水平面对双侧耳点和双侧眶下点位置的影响, 为颅面部三维头影测量水平参考平面的确定提供依据。方法: 选取 32 名正畸治疗前面部基本对称患者(颏下点离正中矢状面 ≤ 2 mm), 获取 DICOM 格式的大视野锥形束 CT 数据并导入到 Dolphin 软件, 将鼻根点、蝶鞍点和枢椎齿突最高点构建正中矢状面, 测量双侧耳点和双侧眶下点中随机三点构建的 4 种水平参考平面。分别定义为: 平面 1: 水平面由右侧耳点和双侧眶下点构成; 平面 2: 水平面由左侧耳点和双侧眶下点构成; 平面 3: 水平面由双侧耳点与右侧眶下点构成; 平面 4: 水平面由双侧耳点与左侧眶下点构成。记录 4 个平面在三维空间当中的俯仰角、侧偏角和横滚角。间隔两周, 一位研究者进行两次测量。计算组间相关系数(interclass correlation coefficient ICC) 比较两次测量结果的一致性, 检验测量者自身的可靠性, 进行单因素重复测量方差分析, 检验组内 4 个平面之间的差异, 按年龄分为 13 ~ 17 岁组和 ≥ 18 岁组。以枢椎齿突最高点为原点计算双侧耳点和双侧眶下点位置, 应用圆周长公式分析头部转动对双侧耳点和双侧眶下点的影响。结果: 单因素重复测量方差分析结果显示, 不同三点构建的 4 种平面之间俯仰角、侧偏角和横滚角差异均无统计学意义($P = 0.196, 0.314, 0.341$)。头位转动对双侧耳点和双侧眶下点的影响分析结果为: 1° 俯仰角变化产生耳点约 0.5 mm、眶下点约 1.6 mm 的变化; 1° 侧偏角变化产生耳点约 1.1 mm、眶下点约 1.5 mm 的变化; 1° 横滚角变化产生耳点约 1.2 mm、眶下点约 0.7 mm 的变化。结论: 对于面部基本对称个体, 应用三维头颅影像对双侧耳点和双侧眶下点中随机选取三个点构建的 4 种水平面之间差异无统计学意义; 以双侧眶下点和右侧耳点构建的水平面可能最适合临床使用; 头部不同方向的转动使双侧耳点和双侧眶下点产生不同位置的变化。

[关键词] 头位; 眶耳平面; 锥形束计算机断层扫描; 三维头影测量

[中图分类号] R783.5 [文献标志码] A [文章编号] 1671-467X(2019)05-0937-07

doi: 10.19723/j.issn.1671-467X.2019.05.024

Using three-dimensional craniofacial images to construct horizontal reference plane

KIM Min-jung, LIU Yi[△]

(Department of Orthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Laboratory for Digital and Material Technology of Stomatology & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT Objective: To compare four different three-dimensional horizontal planes and detect anatomical landmarks so as to provide theoretical reference for horizontal reference plane constructed by three-dimensional cephalometry. **Methods:** The subjects of this study were 32 facial symmetry patients (menton from mid-sagittal plane ≤ 2 mm). Cone-bead computed tomography (CBCT) was obtained before orthodontic treatment, and the data were imported into Dolphin imaging soft in DICOM format. The sagittal plane was passing through the Nasion, Sella and Dent. Four horizontal reference planes were constructed by three points of bilateral porion and bilateral orbitale. Plane 1: horizontal reference plane constructed by right porion and bilateral orbitale. Plane 2: horizontal reference plane constructed by left porion and bilateral orbitale. Plane 3: horizontal reference plane constructed by bilateral porion and right orbitale. Plane 4: horizontal reference plane constructed by bilateral porion and left orbitale. Pitch, yaw, roll for four planes were measured three dimensionally. All the samples were measured two times by one judge at an interval of two weeks. The two times measuring results were evaluated with Intraclass correlation coefficient (ICC) for verifying reliability. The multiple sets of repeated measurement analysis were used to compare the four different planes. Based on ages, the samples were divided into two groups (group 1: ages 13 to 17, group 2: over 18 years), the mean and standard deviation of landmark coordinates measured with Dent as the origin point, the circumference formula was applied to calculate the change of landmark position generated by head rotation. **Results:** No significant differences of pitch, yaw

[△] Corresponding author's e-mail, lyortho@163.com

网络出版时间: 2019-8-30 8:13:19 网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20190829.1744.020.html>

and roll among the four planes ($P = 0.196, 0.314, \text{ and } 0.341$). One degree of pitch rotation made changes of porion and orbitale approximate 0.5 mm, and 1.6 mm, respectively. One degree of yaw rotation made changes of porion and orbitale approximate 1.1 mm, and 1.5 mm, respectively. One degree of roll rotation made changes of porion and orbitale approximate 1.2 mm, and 0.7 mm, respectively. **Conclusion:** There was no significant difference among the four horizontal planes constructed by any three points of bilateral orbitales and bilateral porions. It has the highest concordance using bilateral orbitales and one porion to construct horizontal plane in this study, probably the best option in clinical practice. Different head rotation generated different distance changes of anatomical landmarks.

KEY WORDS Head position; Frankfort plane; Cone beam computed tomography; Three-dimensional cephalometry

头影测量分析在口腔正畸临床中是不可或缺的一部分,也是临床医生做出正确合理的诊断和治疗设计的依据,其中头位是头影测量应用的基础^[1]。由于获取影像过程中出现对象姿势的变化造成个体差异,测量之前头颅影像的再定位(reorientation)是必然的过程。确定头位可通过两种方法实现,即颅内和颅外。颅内确定头位方法指以颅内解剖标志点为基础构建平面而确定头部位置;颅外确定头位方法指是通过视线等,以反映个体实际形态或生理特性而确定个体头部位置^[2]。在传统二维头颅侧位片上,将经过眶下点(orbitale, Or)和耳点(porion, Po)构成眶耳平面(Frankfort plane, FH plane),或蝶鞍点(sella, S)和鼻根点(nasion, N)连线构成前颅底平面(SN plane)作为经典的颅内构建水平面确定头位的方法。一直认为“自然头位(natural head position, NHP)”是最普遍而标准化的颅外头位确定方法,具有高度可重复性,定义为两眼平视前方,视线轴与地平面平行^[3],并且认为FH平面与地平面平行时头部位置几乎与自然头位一致^[4],但是在1956年Downs^[5]通过100个青少年的侧面相与头颅侧位片结合证明,颅内FH平面与自然头位之间可产生向上或向下10°的偏差,在临床设计分析中一定要慎重考虑。之后,多数研究证明了FH平面和自然头位确定的头部位置不一致^[6-7]。随着计算机技术发展,大视野锥形束CT(cone beam computed tomography, CBCT)影像超越了二维头影测量学的局限性,这种技术的应用使硬组织和软组织结合解释立体颅面部成为可能^[8-11]。关于头位确定的研究也开始使用三维影像,使其更加完善。目前对于三维头颅影像的再定位,仍然基于耳点和眶下点构成的水平面。使用立体的三维影像无双侧结构、标志点重叠的问题,即构建水平面可选用双侧耳点和双侧眶下点^[12-13],但是由于人体普遍存在不对称性,双侧4个标志点同时在一个平面很难。目前有研究表明,在三维头颅影像中双侧耳点和双侧眶下点随机选取三个点构建4种水平面,并与传统二维影像构

建的FH平面进行比较,结果显示差异无统计学意义^[14]。应用颅面部三维影像可以足够清楚地观察到标志点的位置,但是由于存在双侧解剖结构的形态和/或位置上的不对称,在三维空间当中,双侧耳点和双侧眶下点同时构建一个水平面是很难的。本研究通过比较三维头颅影像中在双侧耳点和双侧眶下点中随机选取三个点构建的4种水平面,并进一步检验头部位置的变化对于双侧耳点和双侧眶下点位置的影响,为三维头影测量确定水平参考平面提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 资料

选择2016年4月至2017年7月于北京大学口腔医院正畸科就诊的患者32例,年龄13~51岁,平均(20.2±9.54)岁,其中男性7例,女性25例。纳入标准:(1)恒牙列;(2)颏下点(menton, Me)离正中矢状面的距离≤2 mm^[15],面部基本协调对称,无明显畸形;(3)无正畸治疗或正颌外科手术史;(4)无肿瘤、唇腭裂等颅面部疾病;(5)无面部外伤史;(6)全身状况良好,无全身疾病史。排除标准:(1)乳牙列;(2)多生牙,牙列缺损;(3)Me点离正中矢状面的距离>2 mm;(4)面部先天性畸形或外伤史;(5)正畸或正颌外科手术史。本研究经过北京大学口腔医院伦理委员会审查批准(PKUSSIRB-201631133),所有参与研究的对象均签署知情同意书。

1.2 数据获取

用CBCT扫描仪(NewTom VG Volumetric Scanner, Aperio公司,意大利)获取正畸患者的数据,扫描范围从颅骨顶部至颈部。扫描参数:电压110 kV,电流1~20 mA,照射范围为15 cm×15 cm,空间分辨率为0.30 mm,放射时间约3.6 s。扫描数据以DICOM格式储存。

1.3 测量

进行4种不同水平参考平面在三维虚拟空间中

旋转角度的测量,首先在 Dolphin 软件中导入 DICOM 格式的 CBCT 数据,本研究采用的解剖标志点见表 1。为了减少定点误差,三维头颅影像渲染图与多维图结合进行双侧耳点和双侧眶下点的定点,并保存(图 1)。进入软件 3D 定向页面,借助红色参考线,将水平面调整至其所定义的位置。为了构建一致的坐标系,正中矢状面在三维渲染图与多维图结合应用下,使参考红线经过 N 点、S 点和枢椎齿突最高点(Dent)的位置而构建。从双侧耳点和双侧眶下点(共 4 个标志点)中随机选取三个点构建 4 种不同水平面,分别定义为,平面 1:水平面由双侧眶下点与右侧耳点构成,简称 Rp 平面;平面 2:水平面由双侧眶下点与左侧耳点构成,简称 Lp 平面;平面 3:水平面由双侧耳点与右侧眶下点构成,

简称 Ro 平面;平面 4:水平面由双侧耳点与左侧眶下点构成,简称 Lo 平面(图 2)。在软件三维虚拟空间当中计算的旋转角度为俯仰角(Pitch)、侧偏角(Yaw)和横滚角(Roll),其定义见表 2、3 和图 3。根据 Oh 等^[14]建议以双侧眶下点和右侧耳点构建的水平面作为参照,即本研究以 Rp 平面为基准,记录以软件全局坐标系计算的每一平面与之旋转角度的差异(表 4)。将研究对象根据年龄分为两组:(1) 13~17 岁组:男性 5 例、女性 13 例,共 18 例;(2) 18 岁以上组:男性 2 例、女性 12 例,共 14 例。不同年龄组分别以 Dent 点作为三维影像坐标系的原点测量双侧耳点和双侧眶下点位置,分析头部的转动对双侧耳点和双侧眶下点位置的影响。间隔两周由同一位研究者进行第二次水平面的确定,并记录测量值。

表 1 解剖标志点的定义

Table 1 Define of hard and soft tissue landmarks for head orientation

Landmark	Definition
Menton	The lowest point on the symphyseal shadow of the mandible
Sella	The geometric center of the pituitary fossa
Dentes epistrophei	The most posterior point of dentes epistrophei
Nasion	The most anterior point on frontonasal suture in the midsagittal plane
Orbitale	The lowest point on the inferior rim of the orbit
Porion	The most superiorly positioned point of the external auditory meatus

表 2 旋转角正负的确定

Table 2 Define of plus and minus to confirmed direction of 3D rotation

Items	+	-
Pitch	Downward	Upward
Yaw	Right posterior	Left after
Roll	Lower right	Left lower

表 3 三维旋转角度的定义

Table 3 Define of 3D rotation degrees

Rotarion	Definition
Pitch	Rotates around the X-axis, intersection between horizontal reference plane and rotated horizontal plane projected to MSP
Yaw	Rotates around the Y-axis, intersection between MSP reference plane and rotated MSP projected to horizontal reference plane
Roll	Rotates around the Z-axis, intersection between horizontal reference plane and rotated horizontal plane projected to coronal plane

MSP, mid-sagittal plane.

1.4 统计学分析

应用 SPSS Statistics(Version 20, IBM, Chicago, US) 软件,计算组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC),比较两次测量结果的一致性,检验测量者自身的可靠性。进行单因素重复测量方差分析检验组内 4 个平面之间的差异。

双侧检验水准 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 计算 ICC

两周后重复测量数据与第一次测量数据计算

ICC 分别为: Rp 平面的 $r = 0.987$,Lp 平面的 $r = 0.892$,Ro 平面的 $r = 0.891$,Lo 平面的 $r = 0.832$ 。

两次测量结果自身的可靠性高 ,其中双侧眶下点与右侧耳点构建的 Rp 平面一致性最高。

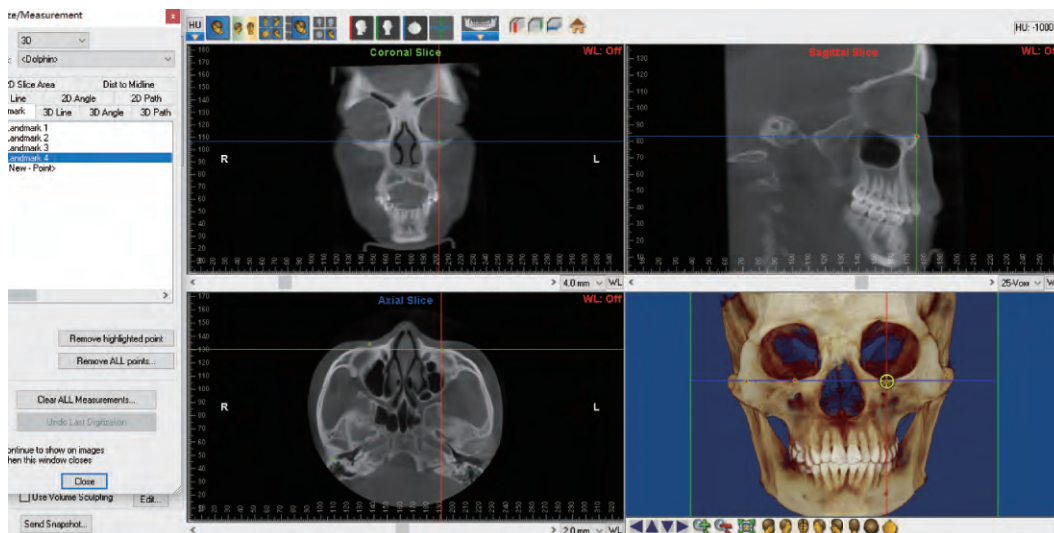


图1 双侧眶下点和双侧耳点的定点
Figure 1 Tracing the bilateral orbitale and bilateral porion

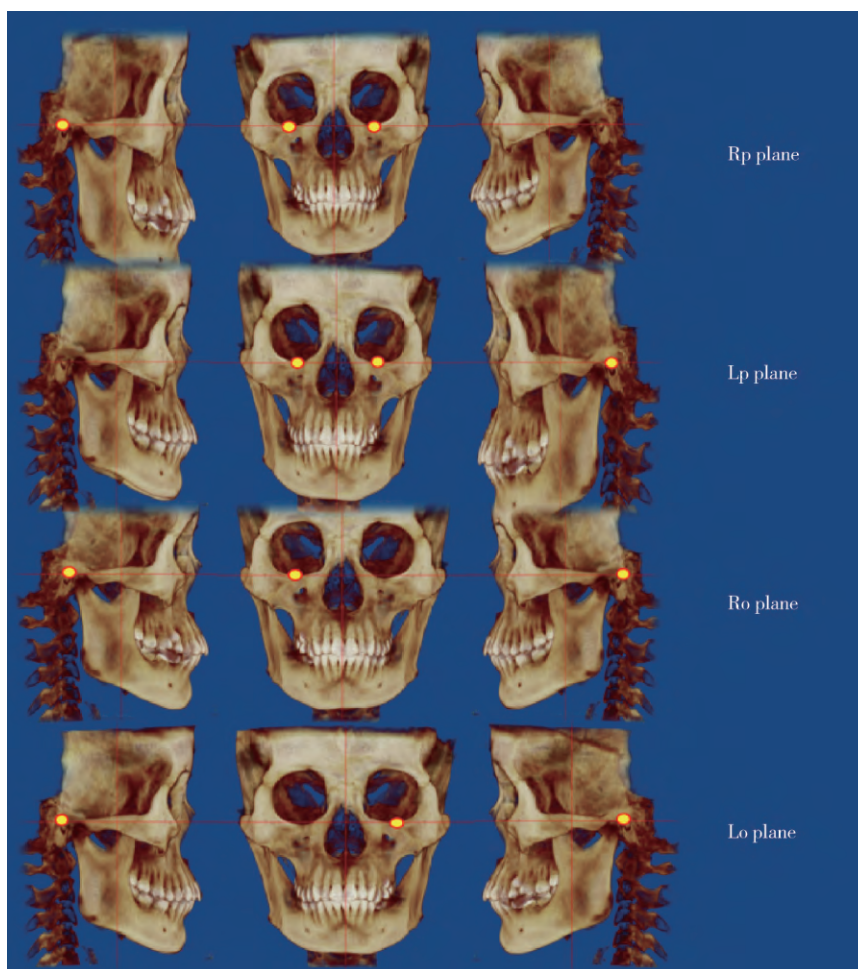


图2 4种水平平面的确定: Rp平面由双侧眶下点与右侧耳点构成; Lp平面由双侧眶下点与左侧耳点构成; Ro平面由双侧耳点与右侧眶下点构成; Lo平面由双侧耳点与左侧眶下点构成

Figure 2 Define of horizontal planes: Rp plane constructed by bilateral orbitale and right porion; Lp plane constructed by bilateral orbitale and left porion; Ro plane constructed by bilateral porion and right orbitale; Lo plane constructed by bilateral porion and left orbitale

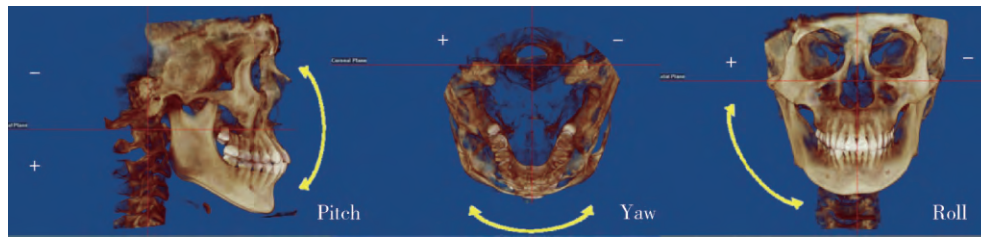


图3 三维虚拟空间旋转角度的定义

Figure 3 Define of 3-dimensional rotation degree

2.2 4种水平面的比较

以 Rp 平面为基准(设置 Rp 平面 Pitch = 0、Yaw = 0、Roll = 0) 平面 ,Lp、Ro、Lo 旋转程度的均值 ± 标准差见表 4。正负代表方向,可见组内不同平面旋转角度 ≤ 0.2°。单因素重复测量方差分析比较组内 4 种不同水平面之间三维旋转角度的差异,结果组内 4 种水平参考平面的俯仰角 $P = 0.196$ 、侧偏角 $P = 0.314$ 、横滚角 $P = 0.341$,均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2.3 头位转动与标志点位置关系

根据年龄将研究对象分为两组进行计算:(1)

13~17岁组:男性5例、女性13例,共18例;(2) 18

岁以上组:男性2例、女性12例,共14例。以 Rp 平面为参照,Dent 点作为原点(origin point)分别计算双侧耳点和双侧眶下点位置的均值和标准差(表5)。应用圆周长公式(圆周长 = $2\pi r$)计算头部产生 1°转动对不同标志点产生的位置变化(表6)。

表4 以 Rp 平面为基准不同平面之间旋转角度的差异/(°)

Table 4 Rotation degree differences between three planes with Rp plane respectively/(°)

Items	Rp-Lp	Rp-Ro	Rp-Lo
Pitch	-0.078 ± 0.892	0.023 ± 0.505	-0.121 ± 0.850
Yaw	0.032 ± 0.177	-0.002 ± 0.010	0.002 ± 0.008
Roll	-0.013 ± 0.091	-0.048 ± 0.753	0.117 ± 0.636

表5 不同年龄段以 Dent 点为原点的标志点的位置/mm

Table 5 Landmark coordinates in different age groups/mm

Age groups	Coordinate	Right orbitale	Left orbitale	Right porion	Left porion
13 - 17 years old	X	31.017 ± 2.651	31.067 ± 2.180	59.344 ± 3.323	61.578 ± 5.017
	Y	26.967 ± 3.998	26.800 ± 3.944	26.700 ± 3.803	26.739 ± 3.826
	Z	80.622 ± 3.944	80.467 ± 4.149	4.811 ± 3.790	4.033 ± 3.524
≥18 years old	X	32.364 ± 2.623	32.507 ± 3.546	59.064 ± 6.088	60.964 ± 4.532
	Y	28.393 ± 4.482	28.193 ± 4.452	28.179 ± 4.519	27.943 ± 4.715
	Z	83.300 ± 2.986	83.179 ± 3.417	6.207 ± 2.806	7.421 ± 2.252

表6 不同年龄段以 Dent 点为原点计算头部不同方向 1°转动对双侧耳点和双侧眶下点产生的距离变化/mm

Table 6 Based on different ages apply the circumference formula calculated change of bilateral porion and orbitale position generated by head rotation in different directions/mm

Age groups	Rotation	Right orbitale	Left orbitale	Right porion	Left porion
13 - 17 years old	Pitch	1.484	1.480	0.474	0.472
	Yaw	1.508	1.505	1.039	1.077
	Roll	0.717	0.716	1.135	1.172
≥18 years old	Pitch	1.536	1.533	0.504	0.505
	Yaw	1.560	1.559	1.037	1.072
	Roll	0.751	0.751	1.142	1.170

3 讨论

3.1 传统水平面的确定

近百年来,头影测量学在口腔医学中主要应用为研究颅面生长发育、牙颌颅面畸形的诊断分析、确定错殆畸形的矫治设计、研究矫治过程中及矫治后

的牙颌颅面形态结构变化、正畸正颌治疗的诊断和治疗设计、下颌功能分析。头影测量学中“头位”担当着重要角色,是临床医生判断初步印象时最直观的因素,因此,诊断分析前目标对象的再定位,即使用合适的颅内外参考平面来确定头位是头影测量学关键步骤之一。最常用的颅内水平参考平面是 FH 平面和 SN 平面,1884 年召开的德国人类学协会会议将 FH 平面定义为经过双侧耳点和左侧眶下点的水平面,并认为该平面与地面平行时人处于自然头位状态,而且这是使用 FH 平面的最大意义^[4],但是美国 Steiner^[16-18]提出,在传统二维头颅侧位片上构建 FH 平面作为参考水平面时,由于眶下点和耳点是双侧解剖标志点,左右位置存在放大率差异、结构形态及位置的不对称等问题,往往出现重叠和图像变形失真,导致定点误差,因此 Steiner 应用了被头位转动受到的影响相对少、影像显示相对清晰,即位于颅面部正中矢状位的 S 点和 N 点连线作为传统二维头颅侧位片的参考水平面。

3.2 三维正中矢状面的确定

应用三维头颅影像构建正中矢状面(mid-sagittal plane, MSP)的方法大致有三种,不同正中矢状面的位置会增加面部的不对称性,也会造成三维头影测量值的误差^[19]。构建正中矢状面的方法有:(1)利用解剖标志点的点构法;(2)普氏分析法;(3)迭代最近点算法。点构法常用的解剖标志点有 N 点、S 点、前鼻棘点(anterior nasal spine, ANS)、颅底点(basion, Ba)和 Dent 点^[12,20]。迭代最近点算法和普氏分析法是通过应用逆向工程软件使用独特计算公式求得正中矢状面的方法。Xiong 等^[21]研究迭代最近点算法和普氏分析法之间差异无统计学意义,两种方法均适合用来确定正中矢状面。王斯维等^[22]比较构建正中矢状面的三种方法,结果迭代最近点算法和点构法之间差异无统计学意义,但是这两种方法与普氏分析法之间差异有统计学意义。目前迭代最近点算法和点构法被认为比较可靠,因此,本研究为了排除不同软件之间数据转换产生的误差和为了实验简化,使用了 N 点、S 点和 Dent 点来构建正中矢状面。

3.3 三维水平面的确定

三维影像的出现和发展使立体的牙颌颅面部软硬组织解剖结构清晰、准确定点成为可能。应用三维头颅影像再定位的核心步骤是坐标系的建立和设置原点。三维头颅影像的坐标系由水平面、正中矢状面、冠状面构成。目前三维颅面影像构建水平面的方法主要有:(1)选用双侧耳点与一侧眶下点构

建;(2)选用双侧眶下点与一侧耳点构建;(3)选用双侧耳点与双侧眶下点连线中点构建;(4)选用双侧眶下点与双侧耳点连线中点构建。Oh 等^[14]比较传统二维头颅侧位片与三维头颅影像相应的测量值,结果显示传统二维头颅侧位片构建的 FH 平面与在三维影像中由双侧耳点和双侧眶下点随机选取三个点构建的 4 种水平面之间差异无统计学意义,相关系数约为 0.7。Lim 等^[23]比较以上四种方法构建的水平面和外侧半规管平面(lateral semicircular canal plane, LSP),以面部对称 10 例、面部不对称 10 例、唇腭裂 10 例为研究对象,结果显示 5 种三维颅面水平参考平面的测量者自身可靠性(组内)及 3 个不同测量者之间(组间)差异无统计学意义。本研究为了减少定点误差,应用 Dolphin 软件中定位功能,结合使用红色参考线和多维图来准确地确定双侧耳点和双侧眶下点位置而构建不同水平面。

3.4 解剖标志点的位置

临床头影测量分析结果使用毫米(mm)或者角度($^{\circ}$)来表示,常用标志点位置的变化是需要关注的内容,因此,本次研究进一步分析了头部三维方向的转动对双侧耳点和双侧眶下点位置的影响。目前 Kim 等^[24]应用 CBCT 研究软组织和硬组织双侧耳点在三维空间中的位置关系,将双侧软组织和硬组织耳点连线,以一侧耳点设置为原点,分别计算发生 1° 旋转时对侧耳点产生的距离变化,结果显示硬组织耳点发生约 2.0 mm 的变化,软组织耳点发生约 2.5 mm 的变化,但是人的头部以枕环关节为轴发生各方向的转动,因此,本研究以 Dent 点为原点计算头部不同方向 1° 转动对双侧耳点和双侧眶下点产生的距离变化。由于颅面部形态及各标志点位置的测量受到生长发育的影响,本研究将研究对象分为两组进行分析,分别为 13~17 岁组和 18 岁以上组,结果显示不同方向的头部转动对双侧耳点和双侧眶下点产生不同的距离变化,无论在什么年龄段,双侧眶下点发生 1° 俯仰角和侧偏角变化时产生 1 mm 以上距离变化;双侧耳点发生 1° 侧偏角和横滚角变化时产生 1 mm 以上距离变化。

本研究在三维头颅影像中选取双侧耳点和双侧眶下点构建 4 种不同水平面,并测量俯仰角、侧偏角、横滚角。通过本次研究和以往研究结果,临床建议使用双侧眶下点和右侧耳点构建的三维影像水平面,即本研究中的 Rp 平面确定头位。本研究选取面部基本对称的病例,虽然测得的水平面之间旋转角度差异无统计学意义,但不为零,说明个别对象的双侧耳点和双侧眶下点位置不完全一致,即若选取

双侧眶下点后可能双侧耳点位置不一致,反之亦然。本研究不足以解释面部不对称性与选取双侧耳点和双侧眶下点构建三维水平面是否有关,是否与上下颌矢状骨性畸形有关,因此,需要进一步确定最稳定可靠的三维水平面构建方法。

参考文献

- [1] Proffit WR. Contemporary orthodontics [M]. 5th ed. St. Louis: Elsevier, 2013: 134 - 137.
- [2] Jacobson A. Radiographic cephalometry: from basics to 3-D imaging [M]. 2nd ed. Chicago: Quintessence Pub, 2006: 153 - 160.
- [3] Moorrees CFA, Kean MR. Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs [J]. Am J Phys Anthropol, 1958, 16(2): 213 - 234.
- [4] Finlay LM. Craniometry and cephalometry: a history prior to the advent of radiography [J]. Angle Orthod, 1980, 50(4): 312 - 321.
- [5] Downs WB. Analysis of the dentofacial profile [J]. Angle Orthod, 1956, 26(4): 191 - 212.
- [6] Zebeib AM, Naini FB. Variability of the inclination of anatomic horizontal reference planes of the craniofacial complex in relation to the true horizontal line in orthognathic patients [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2014, 146(6): 740 - 747.
- [7] Barbera AL, Sampson WJ, Townsend GC. Variation in natural head position and establishing corrected head position [J]. Homo, 2014, 65(3): 187 - 200.
- [8] Hsung T, Lo J, Li T, et al. Automatic detection and reproduction of natural head position in stereo-photogrammetry [J]. PLoS One, 2015, 10(6): e130877.
- [9] Kovacs L, Zimmermann A, Brockmann G, et al. Three-dimensional recording of the human face with a 3D laser scanner [J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2006, 59(11): 1193 - 1202.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Damstra J, Fourie Z, DeWit M, et al. A three-dimensional comparison of a morphometric and conventional cephalometric midsagittal planes for craniofacial asymmetry [J]. Clin Oral Investig, 2012, 16(1): 285 - 294.
- [13] Lee JK, Jung PK, Moon CH. Three-dimensional cone beam computed tomographic image reorientation using soft tissues as reference for facial asymmetry diagnosis [J]. Angle Orthod, 2014, 84(1): 38 - 47.
- [14] Oh S, Kim CY, Hong J. A comparative study between data obtained from conventional lateral cephalometry and reconstructed three-dimensional computed tomography images [J]. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg, 2014, 40(3): 123 - 129.
- [15] Severt TR, Proffit WR. The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina [J]. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg, 1997, 12(3): 171 - 176.
- [16] Steiner C. Cephalometrics for you and me [J]. Am J Orthod, 1953, 39(10): 729 - 755.
- [17] Steiner C. Cephalometrics in clinical practice [J]. Angle Orthod, 1959, 29(1): 8 - 29.
- [18] Steiner C. The use of cephalometrics as an aid to planning and assessing orthodontic treatment [J]. Am J Orthod, 1960, 46(10): 721 - 735.
- [19] Kim MS, Lee EJ, Song IJ, et al. The location of midfacial landmarks according to the method of establishing the midsagittal reference plane in three-dimensional computed tomography analysis of facial asymmetry [J]. Imaging Sci Dent, 2015, 45(4): 227.
- [20] Kim HJ, Kim BC, Kim JG, et al. Construction and validation of the midsagittal reference plane based on the skull base symmetry for three-dimensional cephalometric craniofacial analysis [J]. J Craniofac Surg, 2014, 25(2): 338 - 342.
- [21] Xiong Y, Zhao Y, Yang H, et al. Comparison between interactive closest point and procrustes analysis for determining the median sagittal plane of three-dimensional facial data [J]. J Craniofac Surg, 2016, 27(2): 441 - 444.
- [22] 王斯维,黎敏,杨慧芳,等. 3种生成大视野锥形束CT数据正中矢状面方法的比较 [J]. 北京大学学报(医学版), 2016, 48(2): 330 - 335.
- [23] Lim YK, Chu EH, Lee DY, et al. Three-dimensional evaluation of soft tissue change gradients after mandibular setback surgery in skeletal class III malocclusion [J]. Angle Orthod, 2010, 80(5): 896 - 903.
- [24] Kim MG, Lee JW, Cha KS, et al. Three-dimensional symmetry and parallelism of the skeletal and soft-tissue poria in patients with facial asymmetry [J]. Korean J Orthod, 2014, 44(2): 62 - 68.

(2017-09-07 收稿)
(本文编辑: 刘淑萍)