

寰椎前弓双皮质螺钉固定相关解剖学测量

卢方舟, 奚春阳, 姬 烨, 刘新顶, 周长龙, 由长城, 陈光华, 闫景龙

(哈尔滨医科大学附属第二医院骨科 150086 哈尔滨市)

【摘要】目的:通过测量寰椎前弓双皮质螺钉固定相关解剖结构数据,为设计出更契合寰椎解剖结构的双皮质可调螺钉提供可靠的数据支持。**方法:**回顾性分析 2017 年 4 月~2018 年 8 月门诊及住院部行上颈椎 CT 三维重建检查的就诊患者 99 例。其中男性 54 例,年龄 31~81 岁,平均 56.67 ± 10.56 岁,身高 159~180cm,平均 172.24 ± 4.95 cm,体重 55~90kg,平均 70.24 ± 7.57 kg;女性 45 例,年龄 46~77 岁,平均 59.84 ± 8.29 岁,身高 154~171cm,平均 163.11 ± 5.24 cm,体重 40~80kg,平均 59.31 ± 8.48 kg。通过三维测量软件,对前结节中点与齿状突后缘中点距离(前后距离)、双侧垂直钛板螺钉孔方向置钉长度(垂直长度)、双侧向齿状突后缘中点方向置钉长度(斜行长度)、双侧向齿状突后缘中点方向置钉尾端外倾角度(尾端外倾角度)和双侧置钉处前弓高度等进行测量。按照不同性别将患者分组,两组定量资料的比较采用 t 检验(方差齐)或 Satterthwaite t' 检验(方差不齐);左右侧比较采用配对 t 检验。年龄和各数值的相关性采用简单线性回归分析,身高、体重和各数值的关系采用 Pearson 相关系数和简单线性回归描述。**结果:**垂直长度、斜行长度、尾端外倾角度及置钉处前弓高度的左右侧数值差异均无统计学意义($P>0.05$)。男性前后距离、垂直长度、斜行长度、尾端外倾角度、置钉处前弓高度的均数分别为 21.33 ± 1.12 mm、 8.92 ± 1.48 mm、 8.37 ± 1.49 mm、 $13.20^\circ \pm 0.93^\circ$ 、 12.44 ± 0.48 mm;女性前后距离、垂直长度、斜行长度、尾端外倾角度、置钉处前弓高度的均数分别为 20.01 ± 1.33 mm、 8.18 ± 1.56 mm、 7.67 ± 1.58 mm、 $13.88^\circ \pm 1.38^\circ$ 、 12.08 ± 0.75 mm;男性患者垂直长度、斜行长度、前后距离及置钉处前弓高度大于女性患者,女性患者尾端外倾角度大于男性患者,有统计学意义($P<0.05$)。身高和垂直长度及斜行长度在不同性别组中均无相关性($P>0.05$)。Pearson 相关分析显示,身高和尾端外倾角度在不同性别组中均呈负相关($r=-0.123$, $P<0.05$)。年龄和各数值的相关性没有统计学意义($P>0.05$)。**结论:**男性患者垂直长度、斜行长度、前后距离及置钉处前弓高度大于女性患者,女性患者尾端外倾角度大于男性患者。术者可根据患者性别,参考所得置钉参数选择合适的螺钉,从而提高了寰椎前弓置钉的准确率和安全性。

【关键词】寰椎前弓;测量;骨脊柱重建;双皮质可调螺钉

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2019.02.06

中图分类号:R322.7,R323.1 文献标识码 A 文章编号:1004-406X(2019)-02-0129-06

Anatomical measurement of bicortical C1 anterior arch screw fixation/LU Fangzhou, XI Chunyang, JI Ye, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29(2): 129-134

【Abstract】 Objectives: To guide the insertion of the atlantoaxial bicortical screw by measuring the anatomical structure of the atlantoaxial anterior arch bicortical screw fixation, so as to provide reliable data for the design of bicortical adjustable screw that fits the atlas anatomy. **Methods:** 99 three-dimensional(3D) CT reconstructions of upper cervical spine of the patients in the outpatient service and the inpatient department from April 2017 to August 2018 were reviewed and analyzed. There were 54 males aged 31-81 years old(average 56.67 ± 10.56 years old), height 159-180cm(average 172.24 ± 4.95 cm), weight 55-90kg(average 70.24 ± 7.57 kg), 45 females aged 46-77 years old (average 59.84 ± 8.29 years old), height 154-171cm(average 163.11 ± 5.24 cm), weight 40-80kg(average 59.31 ± 8.48 kg). Through the three-dimensional measurement software, the distance between the midpoint of anterior nodule and the midpoint of posterior margin of the odontoid (DAP), the length of bilateral vertical titanium plate screw in the vertical direction(LVD), the length of bilateral vertical titanium plate screw in direction toward the midpoint of the odontoid posterior margin (DMOP),

第一作者简介:男(1993-),住院医师,在读硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(0451)86296061 E-mail:large_boat@163.com

通讯作者:闫景龙 E-mail:gw6-yjl@hotmail.com

the tail extrusion angle of screw toward the midpoint of the odontoid posterior margin (TEA) was measured and the height of bilateral anterior arch in placing screw of the atlas (HAA) was measured. Patients were divided into groups according to gender. The quantitative data of different groups were compared by *t* test (homoscedasticity) or Satterthwaite *t'* test (heteroscedasticity); the paired *t* test was used for the comparison of left and right sides. Simple linear regression was used to analyze the relationship between age and previous measurements. In addition, Pearson correlation coefficient and simple linear regression were used to analyze the relationship between height, weight and previous measurements. **Results:** The numerical differences of the symmetrical sides of LVD, DMOP, TEA and HAA were not statistically significant ($P>0.05$). The average measured data of DAP, LVD, DMOP, TEA, HAA in male group were $21.33\pm 1.12\text{mm}$, $8.92\pm 1.48\text{mm}$, $8.37\pm 1.49\text{mm}$, $13.20^\circ\pm 0.93^\circ$ and $12.44\pm 0.48\text{mm}$ respectively. The average measured data of DAP, LVD, DMOP, TEA, HAA in female group were $20.01\pm 1.33\text{mm}$, $8.18\pm 1.56\text{mm}$, $7.67\pm 1.58\text{mm}$, $13.88^\circ\pm 1.38^\circ$ and $12.08\pm 0.75\text{mm}$ respectively. Moreover, compared to female patients, male patients showed larger DAP, LVD, DMOP and HAA. In contrast, TEA of the female patients was larger than that of the male patients, which was statistically significant ($P<0.05$). However, there was no statistically significant correlation between height of patient and LVD as well as DMOP in both groups ($P>0.05$). Pearson correlation analysis showed that there was a significant negative correlation between the height and TEA in both groups ($r=-0.123$, $P<0.05$). There was no statistically significant correlation between age and other parameters ($P>0.05$). **Conclusions:** Compared to female patients, male patients show greater DAP, LVD, DMOP and HAA. In contrast, TEA of the female patients is larger than that of the male patients, which is statistically significant. According to the patient's gender and related parameters, the surgeon can select the appropriate screw to improve the accuracy and safety of the screw placing into the anterior arch of atlas.

[Key words] Anterior arch of atlas; Measurement; Bone spine reconstruction; Adjustable bicortical screw

[Author's address] Department of Orthopedic, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin, 150086, China

上颈椎肿瘤的手术治疗要求有效的肿瘤切除和牢固的脊柱重建^[1,2]。生物力学实验表明,后路钉棒系统长节段固定结合前路固定具有良好的牢固性和稳定性^[2],目前被多数脊柱外科医生所采用。前路重建时,单纯固定钛笼或植骨块的固定方式无法满足脊柱的长期稳定性,可能出现钛笼或植骨块松动、移位等风险,导致前路内固定失效、植骨融合失败,而钛笼前增加钛板固定可有效增加重建后的内固定强度及稳定性^[3]。现已有报道^[4]高位颈前入路切除椎椎后后路长节段固定结合前路钛笼钛板螺钉固定的手术病例,术者将钛板用螺钉锁定于 C1 前弓(双皮质螺钉)及 C3 椎体上,术后长期随访无内固定系统松动失效。有研究证明双皮质螺钉的把持力明显大于单皮质螺钉^[5],目前已有双皮质螺钉后路置入寰椎侧块及寰椎椎弓根的相关研究^[6,7],也有双皮质螺钉前路置入单侧寰椎侧块固定钛板的相关报道^[8],但目前尚无关于寰椎前弓双皮质螺钉的相关研究。而寰椎前弓骨质少,无法再次调整螺钉位置、方向及大小,因此如何成功将钛板固定于寰椎前弓,成为脊柱外科医生面临的难题。本研究拟通过测量寰椎前

弓双皮质螺钉固定相关解剖学结构,辅助设计出契合寰椎解剖学特点的双皮质螺钉,指导脊柱外科医生选择长度合适的螺钉,选取合适角度安全置入螺钉,更好地完成牢固的前路重建,达到精准的个体化治疗,为改善患者的生活质量提供保障。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2017 年 4 月~2018 年 8 月门诊及住院部 99 例行上颈椎 CT 三维重建检查的患者。其中男性 54 例,年龄 31~81 岁,平均 56.67 ± 10.56 岁,身高 159~180cm,平均 $172.24\pm 4.95\text{cm}$,体重 55~90kg,平均 $70.24\pm 7.57\text{kg}$;女性 45 例,年龄 46~77 岁,平均 59.84 ± 8.29 岁,身高 154~171cm,平均 $163.11\pm 5.24\text{cm}$,体重 40~80kg,平均 $59.31\pm 8.48\text{kg}$ 。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)患者临床资料及基本信息齐全;(3)无颈椎病变;(4)无颈椎手术史;(5)无颈椎外伤史。排除标准:(1)颈椎畸形;(2)颈椎明显屈伸、侧弯、旋转;(3)寰椎局部骨质增生及异常。

1.2 测量方法

GE公司多层螺旋 CT 机。扫描范围包括枕骨至 C3 水平,螺旋扫描层厚 0.625mm,间距 0.625mm,螺距 Pitch (0.984:1),120kV,360mA,显示视野(DFOV)18×18cm,SFOV:Small Body,成像矩阵 512×512,旋转时间(Rotation Time)0.4s。选用骨脊柱重建算法,使用 GERA600 PACS 工作站 AW 三维测量软件对重建后的图像进行加工测量。

1.3 测量内容

在三维多平面重建下,寰椎前结节正中点为 a 点,做一条被前后结节中点连线所垂直平分的线,与前结节双侧前弓腹侧皮质分别交于左 b 点、右 b'点,满足 bb'距离为 10mm(颈前路钛板两侧螺钉孔圆心的水平距离为 10mm)。置钉处前弓高度:冠状面上,过同侧进钉点做与前正中中线平行的线,与椎体上下缘相交的点之间的距离(左 fg,右 f'g')(图 1)。

前后距离:水平面上,寰椎前结节正中点到齿状突后缘正中点的距离(ac);垂直长度:水平面上,同侧过进钉点做与前后正中中线平行的线交于前弓背侧皮质的点与同侧进钉点的距离(左 be,右 b'e');斜行长度:水平面上,同侧进钉点与齿状突后缘正中点连线相交于同侧前弓背侧皮质的点与同侧进钉点的距离(左 bd,右 b'd');尾端外倾角度:水平面上,双侧斜行长度与前后距离的夹角(左 C,右 C',图 2)。典型矢状位和水平位钉道图如图 3。

所有数据均为同一人测得,每一数据测量 3

次,取平均值。测量长度精确到 0.1mm,测量角度精确到 0.01°。根据患者的性别对数据进行分组及分析。

1.4 统计学方法

采用 SAS 9.4 进行统计分析,所得数据均以均值±标准差描述;按照不同性别将患者分为两组,不同性别间定量资料的比较采用 *t* 检验(方差齐)或 Satterthwaite *t'* 检验(方差不齐);左右侧比较采用配对 *t* 检验。年龄和各数值的相关性采用简单线性回归分析。身高、体重和各数值的关系采用 Pearson 相关系数和简单线性回归描述。 $P<0.05$ 认为有统计学差异。

2 结果

垂直长度、斜行长度、尾端外倾角度及置钉处前弓高度的左右侧数值差异均没有统计学意义($P>0.05$,表 1)。男性患者垂直长度、斜行长度、前后距离及置钉处前弓高度大于女性患者,女性患者尾端外倾角度大于男性患者,有统计学意义($P<0.05$,表 2)。身高和垂直长度及斜行长度在不同性别组中均无相关性($P>0.05$)。年龄和各数值的相关性没有统计学意义($P>0.05$,表 3)。Pearson 相关分析显示身高和尾端外倾角度在不同性别组中均呈负相关($r=-0.123$, $P<0.05$,图 4)。

3 讨论

随着脊柱内固定技术的发展,后路长节段固定结合前路固定已成为上颈椎肿瘤病变切除后常

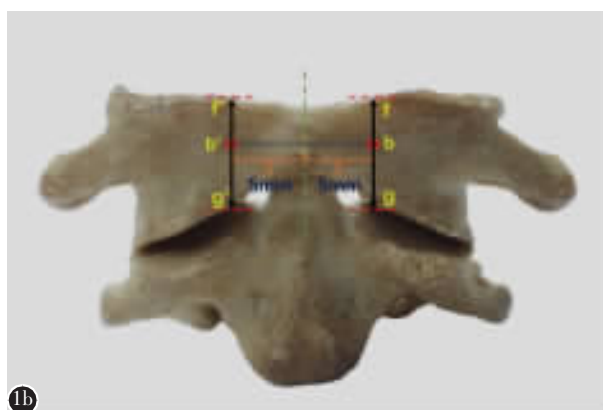
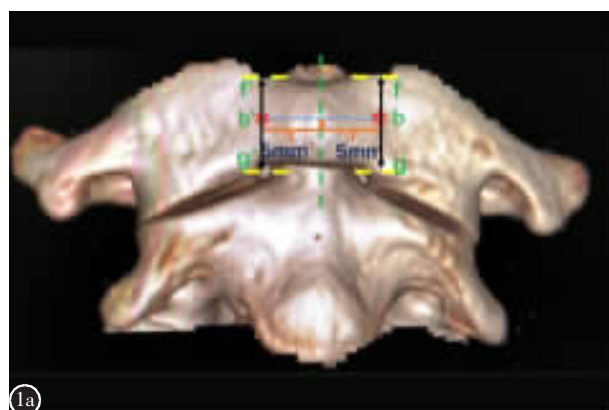


图 1 a 测量示意图:绿色虚线为前正中中线,双侧红星号为左进钉点 b 和右进钉点 b',bb'=10mm,双侧黑线为左侧置钉处前弓高度 fg 和右侧置钉处前弓高度 f'g' b 尸体标本实物图:标注同 a

Figure 1 a Demonstration of measurement diagram: the green dotted line was the front midline, the red stars on each side was the left entry point b and the right entry point b', bb'=10mm, the black line on each side was the left HAA fg and the right HAA f'g' b Photo of cadaver specimen: marked with the same label as used in a

用的脊柱重建方法;而前路重建时采用钛笼支撑椎体、钛板固定到 C1 前弓(双皮质螺钉)和 C3 椎体上具有高固定强度及支撑稳定度、钉孔匹配及锁定机制完美、机体损伤较小等优点,成为较常用的前路固定方式^[2,4,9]。我们先前报道过数例成功的病例^[4],术后长期随访未见内固定失败。然而,上颈椎脊柱重建因周围解剖结构复杂,显露范围及操作空间有限,术中术后并发症严重,寰椎前弓骨质少,无法再次调整螺钉位置、方向及大小,固定时必须一次完成置钉,因此对于螺钉的选择及置入方案的设计尤为重要。由于尸体标本无法保证完整性,测量时不可避免地引起误差,而三维重建可以把真实结构刻画成符合计算机逻辑表达的数学模型,选择需要的平面,精细设计并完成数据的测量,充分减少误差,因此我们以上颈椎三维重建作为研究对象。本研究测得年龄和各数值的相关性没有统计学意义,因此不考虑患者年龄因素对螺钉的选择和置入角度的影响。术中使用的钛

板均为常规颈前路手术所使用的钛板,目前临床上的颈前路钛板双侧螺钉孔圆心距离均为 10mm;使用的双皮质可调螺钉的直径有 4.0mm 和 4.5mm 两种规格,且能以纵轴线向每个方向最大摇摆 $16^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。本研究测得的尾端外倾角度数据均未超过可调螺钉的最大摆动角度,测得的置钉处前弓高度为 10.3~13.3mm (平均 $12.25 \pm 0.66\text{mm}$),皮质条件均可充分满足螺钉的置入,解剖学上允许矢状位上存在一定角度的偏差,充分印证了这种固定方式的科学性和可行性。

齿状突在胚胎阶段是寰椎的一部分,与寰椎分离后被周围多处韧带坚强固定^[10]。对一些位置偏下的 C2 肿瘤病例,手术时可保留齿状突^[11],向齿状突后缘正中方向置钉,穿经前弓双皮质至齿状突前间隙甚至穿至齿状突前皮质骨。即使有些情况需要切除齿状突,寰椎前结节后方齿状突凹处也可空出足够空间,使螺钉前端止于齿状突凹处。按此方向置钉时可加大安全距离,即使选择略

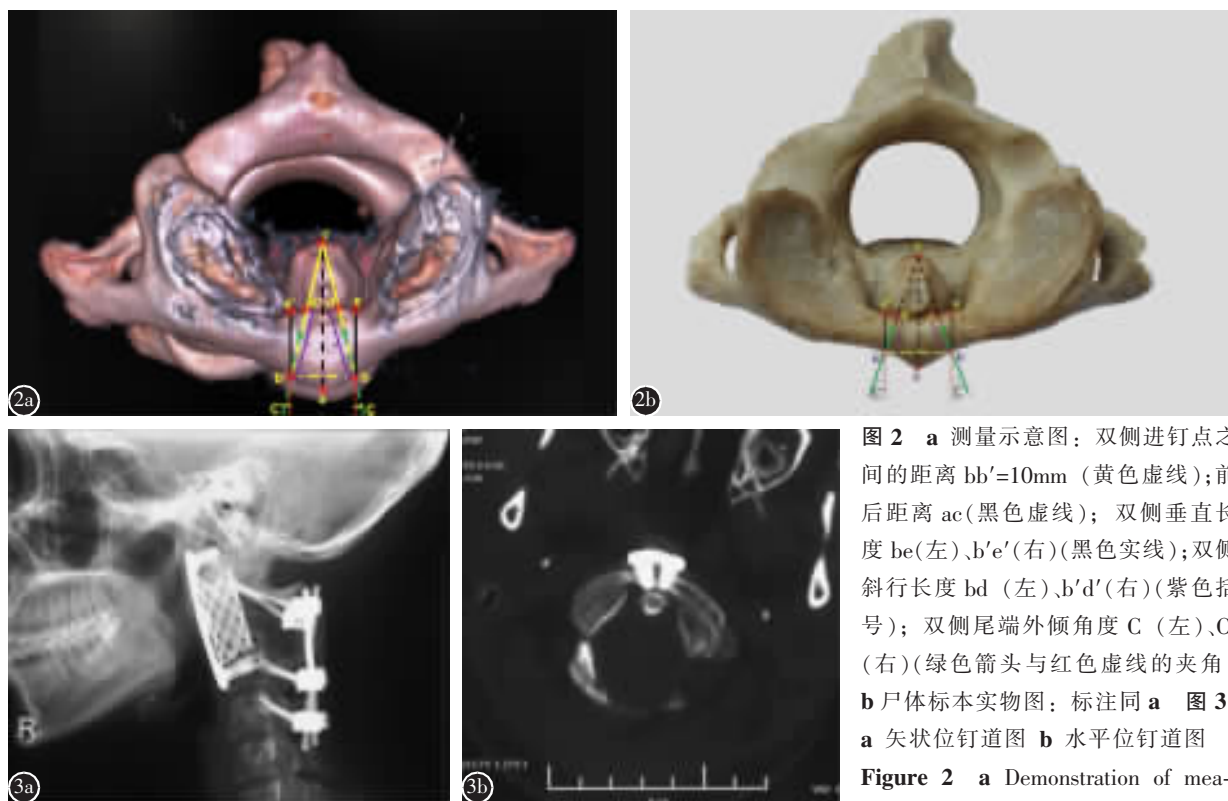


图 2 a 测量示意图: 双侧进钉点之间的距离 $bb'=10\text{mm}$ (黄色虚线); 前后距离 ac (黑色虚线); 双侧垂直长度 be (左)、 $b'e'$ (右) (黑色实线); 双侧斜行长度 bd (左)、 $b'd'$ (右) (紫色括号); 双侧尾端外倾角度 C (左)、 C' (右) (绿色箭头与红色虚线的夹角) b 尸体标本实物图: 标注同 a 图 3 a 矢状位钉道图 b 水平位钉道图

Figure 2 a Demonstration of measurement: Distance between the entry points on both sides was 10mm (yellow dotted line bb'); DAP (yellow dotted line ac); be and $b'e'$ represent left LVD and right LVD respectively (black solid line); bd and $b'd'$ represent left DMOP and right DMOP respectively (purple brackets); C and C' represent left TEA and right TEA respectively (angle between green arrow and red dotted line) b Photo of cadaver specimen: marked with the same label as used in a

Figure 3 a Screw canal viewed on the sagittal plane b Screw canal image viewed on the transverse plane

长于理想长度的螺钉,也能很大程度上降低损伤脊髓的风险。此外,尾端外倾时双侧螺钉不会因角度问题互相干扰,寰椎双侧螺钉与钛板头侧在寰椎前弓处形成一个“握持力”,可能加大整体把持力度,但这需要进一步实验证明。因此是否切除齿状突对螺钉的选择及置入方向均无影响,且这种置钉方式明显降低置钉失败风险。但需要注意的是尽量减小螺钉对齿状突的触碰、加压,以降低齿状突的歪斜、翻转所引起的脊髓刺激相关风险。高位颈前入路视野及操作范围有限,下颌骨对寰椎前弓置钉起阻挡作用,有时无法平行寰椎水平面置入螺钉,置钉方向略偏头端,很小程度上加大了置钉长度。前文提到前弓皮质条件允许有一定程度的偏斜,且由于后方为齿突前间隙,置钉安全距离较大,所以可选择略偏大的置钉长度,做到“宁大勿小”,可在一定程度上减少矢状位角度对置钉的影响。结合数据综合考虑,临床应用时无论年龄大小,男性患者可选择长度 11~11.5mm 螺钉,女性患者可选择长度 10~10.5mm 螺钉,只要选择范围内螺钉,操作无明显偏差时均可成功置入螺钉。这使医师术前能够优化手术策略,更具体化地选

择螺钉长度。本研究测得垂直长度较斜行长度略长,这提示着医生可选择略长于垂直长度的螺钉,在尽可能保证螺钉平行于寰椎水平面的前提下,进钉方向可为垂直螺钉孔方向与向齿状突后缘中点方向之间任意方向。这对于术者的操作有明显的指导意义,允许术者操作时产生一定范围内的偏差,降低了手术相关风险性,同时也增强了外科医生的操作信心。

数据表明身高与尾端外倾角度呈负相关,女性患者的尾端外倾角度略大,而男性的前后距离大于女性,提示着男性的寰椎较“窄长”,女性的寰椎较“宽短”。这对不同患者选择相应的置钉外倾角度有具体化指导意义,例如对身材相对矮小的患者尤其是女性患者置钉时可适当加大尾端外倾角度。这也符合脊柱外科精准医学的理念^[12]。

表 3 年龄和各解剖数值的回归系数

Table 3 Relationship between age and anatomical values

	回归系数 Regression coefficients	P值 P value
左侧斜行长度 Left DMOP	0.01057	0.5292
右侧斜行长度 Right DMOP	0.00834	0.6068
左侧垂直长度 Left SVD	0.00856	0.607
右侧垂直长度 Right SVD	0.00672	0.6778
前后距离 DAP	0.01446	0.7482
左侧尾端外倾角度 Left TEA	0.00059	0.963
右侧尾端外倾角度 Right TEA	0.0015	0.9062

表 1 左右斜行长度、垂直长度和尾端外倾角度的比较

Table 1 Comparison of left and right DMOP, LVD, TEA

	左侧 Left	右侧 Right	t	P
斜行长度(mm) DMOP	8.05±1.60	8.05±1.54	-0.08	0.9357
垂直长度(mm) SVD	8.56±1.58	8.60±1.54	-0.91	0.3675
尾端外倾角度(°) TEA	13.50±1.20	13.52±1.21	-1.8	0.075

表 2 不同性别患者各解剖结构测量值的比较

Table 2 Comparison of measurements of various anatomical structures of patients with different genders

	男(n=54) Male	女(n=45) Female	t	P
斜行长度(mm) DMOP	8.37±1.49	7.67±1.58	3.22	0.0015
垂直长度(mm) SVD	8.92±1.48	8.18±1.56	3.42	0.0008
尾端外倾角度(°) TEA	13.20±0.93	13.88±1.38	-3.95 ^①	0.0001
前后距离(mm) DAP	21.33±1.12	20.01±1.33	5.36	<0.0001
置钉处前弓高度(mm) HAA	12.44±0.48	12.08±0.75	-4.03 ^①	<0.0001

注:①两组患者方差不齐,采用 Satterthwaite *t'* 检验

Note: ①The heteroscedasticity between the two groups of patients was performed using the Satterthwaite *t'* test

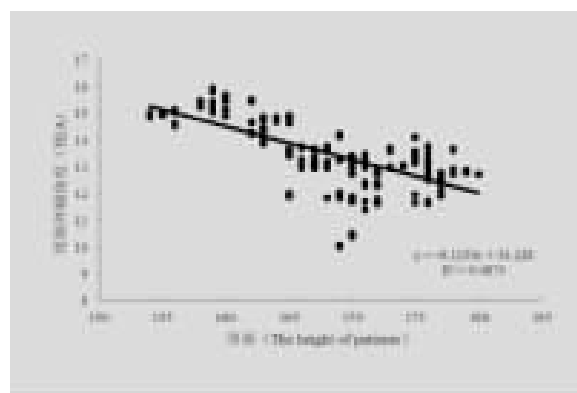


图 4 身高与尾端外倾角度的相关性分析:身高与尾端外倾角度负相关,且具有统计学意义($r=-0.123, P<0.05$)

Figure 4 Relationship between height and TEA: there was a significant negative correlation between height and TEA($r=-0.123, P<0.05$)

本研究尚存在一些不足之处。一方面,所有数据测量均来源于 CT 三维重建,受到切片厚度和切片间隔的影响,且未将影像学资料与尸体标本数据进行对比,缺少数据的验证。另一方面,本研究的样本量相对较少,仍需进一步扩大样本量来研究证实。

综上所述,上颈椎全椎体切除后脊柱前路的重建通过椎体间固定钛笼、腹侧固定钛板于 C1 前弓和 C3 椎体上能实现牢固的内固定,且应用寰椎双皮质螺钉固定的方法能达到更牢固、更稳定的脊柱重建。现今,对于男性患者,医生可以选择略长的螺钉、尾端略外倾的方式固定;对于女性患者,医生可以选择略短于男性的螺钉、尾端外倾角度略大于男性的方式固定;对于身高矮小的患者,医生可适当加大尾端外倾角度。未来,医生可以通过双皮质螺钉相关数据结合机器人操作系统、3D 打印系统、导航系统及 VR 系统等新兴技术完成高度精准的寰椎前弓双皮质螺钉的置入。因此,寰椎前弓双皮质螺钉固定相关解剖学指标的建立为术中寰椎双皮质螺钉的置入操作的安全性提供了一个可靠的依据,对设计契合寰椎解剖结构的双皮质螺钉有精准的指导意义。

4 参考文献

1. Jeszenszky D, Fekete TF, Melcher R, et al. C2 prosthesis: anterior upper cervical fixation device to reconstruct the second cervical vertebra [J]. Eur Spine J, 2007, 16 (10): 1695-1700.
2. Scheer JK, Tang J, Eguizabal J, et al. Optimal reconstruction technique after C-2 corpectomy and spondylectomy: a biomechanical analysis[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 12(5): 517-524.
3. Akamaru T, Kawahara N, Sakamoto J, et al. The transmission of stress to grafted bone inside a titanium mesh cage used in anterior column reconstruction after total spondylectomy: a finite-element analysis[J]. Spine, 2005, 30(24): 2783-2787.
4. 姬烨, 夏景君, 徐公平, 等. 肿瘤切除颈前路钛板辅助脊柱重建术治疗上颈椎肿瘤[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(2): 186-189.
5. Cloutier L, Aubin CG. Biomechanical study of anterior spinal instrumentation configurations[J]. Eur Spine J, 2007, 16(7): 1039-1045.
6. 李涛, 朱裕成, 马军, 等. 多平面 CT 重建下个体化改良寰椎椎弓根进钉路径的测量[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(2): 160-164.
7. 马向阳, 赵卫东, 尹庆水, 等. 寰椎后路单或双层皮质骨螺钉固定强度的生物力学评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2005, 15 (1): 34-37.
8. Yang X, Wu Z, Xiao J, et al. Sequentially staged resection and 2-column reconstruction for C2 tumors through a combined anterior retropharyngeal-posterior approach: surgical technique and results in 11 patients[J]. Neurosurgery, 2011, 69(2 Suppl Operative): 184-194.
9. Jiang L, Liu ZJ, Liu XG, et al. Upper cervical spine chordoma of C2-C3[J]. Eur Spine J, 2009, 18(3): 293-300.
10. Kyoshima K, Kakizawa Y, Tokushige K, et al. Odontoid compression of the brainstem without basilar impression—"odontoid invagination"[J]. J Clin Neurosci, 2005, 12 (5): 565-569.
11. Enneking WF, Spanier SS, Goodman MA. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma [J]. Clin Orthop Relat Res, 2014, 153(415): 4-18.
12. D'Ambrosia RD. Precision Medicine: a new frontier in spine surgery[J]. Orthopedics, 2016, 39(2): 75-76.

(收稿日期:2018-09-28 修回日期:2018-12-17)

(英文编审 庄乾宇/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)