

临床论著

寰椎“椎弓根”三维 CT 重建测量
及分型的临床意义

郝定均, 贺宝荣, 许正伟, 郭 华, 刘团江, 王晓东, 郑永宏

(西安市红十字会医院脊柱外科 710054)

【摘要】目的:研究通过三维 CT 重建测量正常状态下寰椎“椎弓根”形态及其相关解剖学数据,对其进行分类并探讨其临床意义。方法:选取 150 例正常成人志愿者,年龄 18~52 岁(平均 32.3 岁),排除相关上颈椎疾患,尤其局部骨性增生明显者。对其寰枢椎进行螺旋 CT 扫描,在 CT 三维多平面重建下,取经枢椎下关节突中点矢状线延长线与寰椎椎动脉沟底部下 2mm 处后弓的交点为 A 点,同时建立通过椎动脉沟底部下 2mm 处的寰椎横切面图,取寰椎后弓移行为侧块处椎动脉孔内壁与椎管外壁连线的中点为 B 点,AB 连线的延长线与寰椎前弓的交点为 C 点,AC 连线即为寰椎椎弓根钉道。取经 AC 连线建立寰椎椎弓根通道的矢状面切图。测量寰椎双侧椎弓根各主要解剖参数:寰椎椎弓根的上倾角,椎动脉沟底椎弓根厚度(H1),寰椎椎弓根最大厚度;根据 H1 数值的大小分型,探讨各分型与椎弓根钉选择的相符性。结果:钉道椎动脉沟底处骨质厚度为 4.10 ± 1.17 mm。根据 H1 数值的大小,以直径 4.00mm 和 3.50mm 的螺钉为参照,分为四型:正常型: $H1 > 4.00$ mm (92 例, 61.3%); 相对狭窄型: $3.50 < H1 \leq 4.00$ mm (33 例, 22%); 狭窄型: $3.00 < H1 \leq 3.50$ mm (15 例, 10%); 无椎弓根型: $H1 \leq 3.00$ mm (10 例, 6.7%)。正常寰椎椎弓高度 4.10 ± 1.17 mm, 上倾角 $8.24^\circ \pm 1.31^\circ$ 。左右两侧比较无差异 ($P > 0.05$)。正常型和相对狭窄型建议采用“椎弓根”螺钉技术。狭窄型和无椎弓根型者采用侧块螺钉技术。结论:三维 CT 重建能够准确提供寰椎椎弓根的解剖学形态、解剖学参数,根据寰椎椎动脉沟处骨质的高度进行分类,可以较好的指导寰椎后路“椎弓根”及侧块螺钉固定技术的选择及螺钉直径的选择。

【关键词】寰椎;椎弓根;形态分类;解剖学;三维 CT 重建

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.02.11

中图分类号:R814.4, R322.7 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2012)-02-0142-05

Clinical significance of measurements and classification of atlas pedicles by three-dimensional computer tomography and reconstruction/HAO Dingjun, HE Baorong, XU Zhengwei, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(2): 142-146

【Abstract】 Objectives: To investigate the anatomic morphology and measurements and the clinical significance of C1 pedicles by 3D-CT reconstruction. Methods: Normal C1-2 of 150 adults from 18 to 52 years old (averaged, 32.3 years old) were scanned by 3D-CT reconstruction. The cases with upper cervical spine diseases, especially visioned osteophyte were excluded. After reconstruction, the transverse sections were established by going through the points 2 mm below the vertebral artery sulcus. Point A was the intersection point of production of sagittal median line going through the central point of C2 inferior facet process and posterior arch at the transverse section. Point B was the middle point of line connecting of the inner wall of vertebral artery foramen and the external wall of spinal canal. Point C was the intersection point of extended line of line connecting of A and B and the anterior arch of axis. The line connecting A and C was the pedicle screw trajectory in C1. The sagittal sections were established by going through the line connecting A and C. To measure the anatomic measurements of both sides of C1 pedicles: the thickness and width of vertebral artery sulcus(H1), orientation of pedicles, and the maximum thickness of C1 pedicles. According to the value of H 1, the consistency of the classification of C1 pedicles and determination of the posterior screw placement were evaluated. Results: The value of H1 decided the posterior pedicle screw instrumentation.

第一作者简介:男(1959-),硕士研究生,主任医师,研究方向:脊柱脊髓损伤

电话:(029)87800002 E-mail:hebr888@163.com

According to the value of H1 and the standard diameter for screw of 3.50 mm and 1.75 mm, the anatomic morphology of C1 pedicles were classified into four types: general: $H1 > 4.00\text{mm}$ (92 cases, 61.3%); slightly narrow: $3.50 < H1 \leq 4.00\text{mm}$ (33 cases, 22%), narrow: $3.00 < H1 \leq 3.50\text{mm}$ (15 cases, 10%) and no pedicle: $H1 \leq 3.00\text{mm}$ (10 cases, 6.7%) (6.7%). For normal atlas, the height of pedicles was $4.10 \pm 1.17\text{mm}$, the orientation of pedicles was $8.24^\circ \pm 1.31^\circ$ caudally. There was no side-related difference. Pedicle screw fixation was indicated for general and slightly narrow type, while lateral mass screw was indicated for the narrow and no pedicle type. **Conclusions:** The anatomic measurements of C1 pedicles can be determined by 3D-CT reconstruction. This classification based on the thickness of vertebral artery sulcus is feasible and can guide the selection of internal fixations.

【Key words】 Atlas; Pedicle; Morphological classification; Anatomy; 3D-CT reconstruction

【Author's address】 Department of Spine Surgery, Xi'an Red-cross Hospital, 710054, China

寰椎后路螺钉固定技术由于拥有优异的生物力学性能,越来越受到临床医师的重视^[1-3]。而其具体的固定方法分为寰椎椎弓根螺钉和侧块螺钉两种。既往的研究主要集中在寰椎后路螺钉置入的可行性和方法的研究,也有学者对寰椎“椎弓根”形态进行了相关研究^[4-6],并对其进行分类,但是现有的分类和临床治疗,尤其是和内固定方法的选择联系不够紧密,对临床工作指导意义有限。为了提高手术的安全性和准确性,作者通过对 150 例正常成人志愿者寰椎三维 CT 重建,进行影像学测量,以明确寰椎“椎弓根”的解剖学形态、解剖学参数,与后路寰椎螺钉固定技术相结合,将其形态学分类细化,为寰椎后路螺钉固定技术的选择提供解剖学依据。

1 资料和方法

1.1 研究对象

150 例 18~52 岁(平均 32.3 岁)正常成人志愿者,男性 85 例,女性 65 例,排除相关上颈椎疾患,尤其局部骨性增生明显者。

1.2 研究方法

德国西门子公司多层螺旋 CT 机。扫描范围包括枕骨粗隆至 C3 水平,螺旋扫描层厚 2mm,间距 2mm,螺距 1.0mm,120kV,300mA,螺旋扫描后图像预处理用 1mm 间距,选用骨脊柱重建算法。并将重建后的数据传入美国 SUN 工作站(软件 Adw 4.0 microsystems)。

1.2.1 寰椎“椎弓根”通道设计 本研究将寰椎“椎弓根”定义为经由寰椎后弓和后弓峡部至寰椎侧块内的骨性通道。在 CT 三维多平面重建下,取枢椎下关节突中点矢状线延长线与寰椎椎动脉沟底部 2mm 处后弓的交点为 A 点^[7],同时建立

通过椎动脉沟底部 2mm 处的寰椎横切面图,取寰椎后弓移行侧块处椎动脉孔内壁与椎管外壁连线(此连线即为寰椎椎弓根的宽度)的中点为 B 点,AB 连线的延长线与寰椎前弓的交点为 C 点,AC 连线即为寰椎椎弓根钉道(图 1)。取经 AC 连线的矢状面切图(图 2),即为寰椎椎弓根通道的矢状面切图。

1.2.2 测量参数 在横切面上测量寰椎椎弓根的宽度(L)(图 1)。在寰椎椎弓根钉道的矢状面切面上测量:寰椎椎弓根的上倾角(β ,寰椎椎弓根纵轴线与水平面的成角);椎动脉沟底椎弓根厚度,亦即椎弓根处最小厚度(H1);寰椎椎弓根处最大厚度(H2,图 2)。

所有数据均为同一人通过 CT 自带软件测得,每一数据均测 3 次,取平均值。测量长度精确到 0.1mm,测量角度精确到 0.1°。根据 H1 数值的大小,以直径 4.00mm 和 3.50mm 的螺钉为参照,0.5mm 为进制分为四型:正常型: $H1 > 4.00\text{mm}$;相对狭窄型: $3.50 < H1 \leq 4.00\text{mm}$;狭窄型: $3.00 < H1 \leq 3.50\text{mm}$;无椎弓根型: $H1 \leq 3.00\text{mm}$ 。

1.3 统计学方法

所得数据分别用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析,各测量值用均数加减标准差($\bar{x} \pm s$)表示;左右两侧所得数据行两样本均数 t 检验,设 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

正常型:92 例,61.3%;相对狭窄型:33 例,22%;狭窄型:15 例,10%;无椎弓根型:10 例,6.7%。寰椎椎弓根 L、 β 、H1 及 H2 的数值,左右双侧比较差异无显著性($P > 0.05$,表 1),故合并双侧平均值。从表 1 可以看出,寰椎椎弓根的宽度要



图 1 建立通过椎动脉沟底部 2mm 处的寰椎横切面图, 取经枢椎下关节突中点矢状线延长线与寰椎椎动脉沟底部 2mm 处后弓的交点为 A 点, 取寰椎后弓移行为侧块处椎动脉孔内壁与椎管外壁连线 (此连线即为寰椎椎弓根的宽度) 的中点为 B 点, AB 连线的延长线与寰椎前弓的交点为 C 点 (AC: 寰椎椎弓根钉道长度; L: 寰椎椎弓根的宽度) 图 2 取经 AC 连线的矢状面切面图 (β : 寰椎椎弓根的上倾角; H1: 钉道椎动脉沟底椎弓根厚度; H2: 寰椎椎弓根最大厚度)

Figure 1 After scanned by the 3D-CT Reconstruction, the transverse section were established by going through the 2 mm below the vertebral artery sulcus. A Point was the intersection point of production of sagittal median line going through the central point of C2 inferior articular process and posterior arch at the transverse section. B Point was the middle point of line connecting of the inner wall of vertebral artery foramen and the exine of spinal canal. C point was the intersection point of extended line of line connecting of A and B and anterior arch of axis (Pedicule screw trajectory of axis: the line connecting of A and C. L: the width of Pedicle) **Figure 2** The sagittal sections were established by going through line connecting of A and C (β : upslope angles of pedicles; H1: the thickness of bone substance of vertebral artery sulcus; H2: the maximum thickness of pedicles of atlas)

表 1 三维 CT 重建测量 150 例正常寰椎椎弓根数据

Table 1 The measurements of 150 normal atlas pedicles by 3D-CT reconstruction ($\bar{x} \pm s$)

测量指标 (Item)	左侧 (Left)	右侧 (Right)	双侧 (Both side)
$\beta(^{\circ})$	8.41 ± 1.40	$8.06 \pm 1.21^{\text{①}}$	8.24 ± 1.31
H1(mm)	4.09 ± 1.15	$4.10 \pm 1.18^{\text{①}}$	4.10 ± 1.17
H2(mm)	4.45 ± 1.25	$4.54 \pm 1.17^{\text{①}}$	4.50 ± 1.21
L(mm)	12.59 ± 0.90	$11.72 \pm 0.78^{\text{①}}$	12.16 ± 0.84

注: ①与左侧比较 (Compared with left) $P > 0.05$

大于寰椎椎弓根的高度, 因此, 寰椎椎弓根解剖形态, 即钉道椎动脉沟底处骨质厚度决定了后路固定方式的选择 (正常型和相对狭窄型可采用椎弓根螺钉固定技术, 而狭窄型和无椎弓根型则考虑采用侧块螺钉固定技术), 及行椎弓根螺钉固定时螺钉直径大小的选择。

3 讨论

根据 H1 测量结果, 本组寰椎呈环状, 没有典型的椎体、椎板、椎弓及椎弓根, 由前弓、后弓及侧块组成。若将椎动脉沟处的后弓视为椎弓根, 侧块视为椎体, 也可以行后路螺钉固定, 尤其是椎弓根

螺钉的固定^[3]。由于寰椎椎动脉沟处骨质高度是影响寰椎椎弓根螺钉置入的主要因素, 因此有学者根据椎动脉沟处的解剖变异将寰椎后弓分为半环型、全环型^[5]。有学者将其进一步细化^[6], 将半环型分为上突型、下突型和吻突型; 全环型分为后环型和侧环型、并对其解剖参数进行了测量, 认为全环变异及下突变异不适合进行椎弓根螺钉固定。而对寰椎发生椎动脉沟吻突变异适宜按照谭明生进钉法选择进钉点。寰椎发生椎动脉沟上突变异时, 适宜进行椎弓根螺钉固定。这种分型方法是建立在尸体标本局部解剖变异基础之上, 缺乏一个准确、统一的量化指标, 在实际操作中, 很难对寰椎后弓的局部解剖变异进行准确辨别, 因此临床意义有限。尹庆水^[4]等则根据椎动脉沟底部的骨质厚度将其椎弓根形态分为三型: 普通型 (83%)、轻度变异型 (13%) 和重度变异型 (4%)。作者认为成年人寰椎椎弓根螺钉直径多为 3.5mm, 因此以 1.75mm 和 3.5mm 为标准进行分型。每种分型都提出了相应的螺钉置入方法, 对指导临床治疗有一定的意义。但是, 该分型方法过于泛化, 将寰椎椎弓根螺钉的直径限定于 3.5mm, 限制了临床工作中对内固定方式的选择。

根据我们既往的研究^[8,9]发现,正常成人的寰椎椎动脉沟处的骨质高度多大于 4mm,可以选择直径 4.0mm 的螺钉可以增加钉道长度,增强把持力。因此有必要提出一个更为客观的量化值,对寰椎椎弓根形态分类进一步细化,期望能够更好地指导临床内固定的选择和固定方式的选择。

本研究中,对 150 例寰椎椎弓根的不同截面进行高度测量,发现在影响螺钉直径的选择中,钉道椎动脉沟处后弓厚度 H1 最小($4.10\pm 1.17\text{mm}$),起到了决定性作用,因此,我们尝试根据 H1 值的大小对寰椎椎弓根形态进行分类,选择临床上常用的螺钉直径 4.00mm 和 3.50mm 为标准,以 0.5mm 为进制,将寰椎椎弓根形态分为四型:正常型、相对狭窄型、狭窄型及无椎弓根型。

正常型寰椎椎弓根,椎动脉沟底骨质高度大于 4mm,约占 61.3%。此类椎弓根可选择 3.5mm 或者 4.0mm 直径的螺钉,但是由于 Axis 和 Vertex 系统直径为 3.5mm 的螺钉在国内其长度最长为 24mm,远小于寰椎椎弓根的轴径^[10],为了尽可能增加钉道的长度,获得最佳的生物力学效能^[11],我们建议选择直径 4.00mm、长度 28~32mm 的椎弓根螺钉。为了避免置入半径 2mm 的螺钉对椎动脉沟处骨质的破坏,而损伤椎动脉,对进针点进行适当的调整,最好介于椎动脉沟下 2~3mm 之间。我们在实际应用中,无 1 例因螺钉直径选择过大导致椎动脉损伤的发生^[9]。由于该型分类中无论是直径 4.00mm 还是 3.50mm 的标准螺钉一般均能获得较好的骨性包容,可获得最佳力学性能,因此,我们将此型命名为正常型。

相对狭窄型寰椎椎弓根,椎动脉沟底骨质高度介于 3.50~4.00mm,约占 22%,实际操作过程中,直径 4.00mm 的椎弓根螺钉大于椎弓根高度,强行置入,可能造椎动脉的损伤,或者椎弓根的完全劈裂,我们选择直径 3.50mm 的椎弓根螺钉,由于椎弓根螺钉达钉道全长的 80%^[12],才可获得足够的固定强度。为保证 80% 的固定长度,螺钉的长度应不小于 22mm,此型寰椎椎弓根的轴径可以满足固定的需要^[8]。此型在确定进针点位于椎动脉沟下 2mm 的前提下,置入半径 1.75mm 的螺钉可以保证椎动脉的安全,但可能造成后弓下缘部分骨皮质穿破,由于椎弓根螺钉骨性钉道长,把持力强、稳定性好,其仍能保持良好的生物力学强度^[10,13],可以满足临床的需要。由于此型仍能进行

“椎弓根”螺钉置入,但是有可能造成“椎弓根”下壁的破裂,因此,我们将此型命名为相对狭窄型。

狭窄型寰椎椎弓根,椎动脉沟底骨质高度介于 3.00~3.50mm,约占 10%。此型患者可以使用谭明生椎弓根螺钉技术或者侧块螺钉技术,由于侧块螺钉技术的进针点直接选择在寰椎后弓下方侧块中心处^[14],对静脉丛和 C2 神经根存在损伤和刺激的可能,我们在既往的研究^[15]中曾报道在置入寰椎侧块螺钉时可致静脉丛损伤,影响手术操作。因此,建议采用谭明生椎弓根螺钉技术^[3],由于进针点选择在寰椎后弓上或者寰椎后弓下面,可以减少对静脉丛和 C2 神经根的刺激,置入 84 枚寰椎椎弓根螺钉,均未发现术中、术后损伤神经、椎动脉、静脉丛和大出血等并发症。由于此型已无法进行真正意义上的“椎弓根”螺钉固定技术,即在确定进针点位于椎动脉沟下 2mm 的前提下,“椎弓根”下壁骨质不能保证完整,因此,建议将此型命名为狭窄型。

无椎弓根型寰椎椎弓根,约占 6.7%,由于其“椎弓根”直径过小,无法行寰椎椎弓根螺钉固定技术。本组中 10 例 $H1\leq 3.00\text{mm}$,实际操作中,用直径 2mm 的椎弓根探针探查钉道时,发现此型寰椎后弓无松质骨管道,均为皮质骨,因此我们将其定义为无椎弓根型,提示此型为椎弓根螺钉固定的绝对禁忌证。采用侧块螺钉固定技术或者椎板钩固定技术为宜。

本研究是采用三维 CT 重建的方法对寰椎椎弓根形态和相关解剖学参数进行了初步的观察和测量,根据寰椎椎动脉沟处骨质的高度进行分类,方法简单,可操作性强,紧密联系临床,可以较好地指导寰椎后路固定方式,和内固定螺钉直径的选择。由于该分类主要是基于 CT 测量的基础上,可直接指导临床工作中后路寰椎固定方式的选择,因此没有考虑性别、年龄、体型及地域等因素。在今后的研究中,我们拟考虑上述因素进一步完善研究方法,同时结合临床对该分类进行进一步的验证。

4 参考文献

1. Resnick DK, Lapsiwala S, Trost GR. Anatomic suitability of the C1-C2 complex for pedicle screw fixation[J]. Spine, 2002, 27(14): 1494-1498.
2. Richter M, Schmidt R, Claes L, et al. Posterior atlantoaxial fixation biomechanical in vitro comparison of six different

- techniques[J]. *Spine*, 2002, 27(16): 1724-1732.
3. 谭明生, 移平, 王文军, 等. 经寰椎“椎弓根”螺钉内固定技术的临床应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2006, 16(5): 336-340.
 4. 何帆, 尹庆水, 马向阳. 寰椎后弓形态分类与椎弓螺钉固定的解剖学研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2006, 24(3): 275-278.
 5. 曹正霖, 钟世镇, 徐达传. 寰枢椎的解剖学测量及其临床意义[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2000, 18(4): 299-301.
 6. 韩春, 杨庆国, 张银, 等. 寰椎椎动脉沟变异与椎弓根置钉的解剖学研究[J]. *实用医学杂志*, 2009, 25(23): 3930-3932.
 7. 马向阳, 尹庆水, 吴增辉, 等. 寰椎椎弓根与枢椎侧块关系的解剖与临床研究[J]. *中华骨科杂志*, 2004, 24(5): 295-298.
 8. 贺宝荣, 许正伟, 郝定均, 等. 基于三维 CT 重建的寰椎椎弓根解剖学测量及临床意义[J]. *陕西医学杂志*, 2011, 40(6): 668-670.
 9. 郝定均, 许正伟, 贺宝荣, 等. 寰枢椎椎弓根螺钉治疗陈旧性齿状突骨折并寰枢椎失稳[J]. *中华创伤杂志*, 2011, 27(2): 121-124.
 10. Lee MJ, Cassinelli E, Riew KD. The feasibility of inserting atlas lateral mass screws via the posterior arch [J]. *Spine*, 2006, 31(24): 2798-2801.
 11. 张昊, 白净, 谭明生, 等. 寰椎后路椎弓根螺钉及侧块螺钉的生物力学分析[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2008, 48(3): 419-422.
 12. Brantley AG, Mayfield JK, Koeneman JB, et al. The effects of pedicle Screw fit. An in vitro study[J]. *Spine*, 1994, 19(15): 1752-1758.
 13. 万仑, 张斌, 胡豷, 等. 椎弓根钉棒系统治疗齿状突骨折引起的寰椎不稳 21 例[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2008, 12(35): 6951-6954.
 14. Currier BL, Yaszemski MJ. The use of C1 lateral mass fixation in the cervical spine[J]. *Curr Opin Orthop*, 2004, 15(2): 184-191.
 15. 郝定均, 贺宝荣, 周劲松, 等. 后路寰椎侧块螺钉结合枢椎椎弓根螺钉固定治疗寰枢椎不稳[J]. *中华骨科杂志*, 2005, 25(9): 537-540.
- (收稿日期:2011-12-27 修回日期:2012-01-09)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 刘彦)