文章编号:1000-5404(2011)11-1191-04

论著

俯卧位CT扫描及椎弓根参数测量改良提高青少年特发性脊柱侧弯置钉定位的精准性

秦 勇[1],蔡金华[1],王忠良[2] (400014 重庆,重庆医科大学附属儿童医院:放射科[1],骨科[2])

【摘要】 目的 研究俯卧位64排CT扫描及改良椎弓根置钉参数测量方法对青少年特发性脊柱侧弯手术置钉的精确定位作用。**方法** 21例青少年特发性脊柱侧弯,术前采用俯卧位64排CT扫描,在常规测量内倾角、旋转角及进针深度的基础上,行进针点三维定位,并测量椎弓根松质骨宽度及矢状角,对手术置钉进行精确定位。术后低剂量CT扫描评估置钉准确率及冠位主弯Cobb's角平均矫正角度。**结果** 共植入螺钉226枚,置钉偏差5枚,置钉准确率97.8%,无椎弓根膨胀性改变和椎间盘损伤。术后冠位主弯cobb's角平均矫正角度15.6°(2.0°~58.3°)。**结论** 俯卧位64排CT扫描及改良椎弓根置钉参数测量方法对青少年特发性脊柱侧弯手术置钉的定位准确性高,具有临床推广价值。

【关键词】 俯卧位;体层摄影术,X线计算机;螺钉;脊柱侧弯
【中图法分类号】 R814.42;R682.3;R687 **【文献标志码】** A

Prone CT scanning and modified measurement of pedicle parameters improve accuracy of pedicle screws placement in adolescent idiopathic scoliosis

Qin Yong[1], Cai Jinhua[1], Wang Zhongliang[2] ([1] Department of Radiology, [2]Department of Orthopaedics, Children's Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing, 400014, China)

【Abstract】 Objective To evaluate 64-slice CT scaning in prone position and improved measurements of pedicle parameters to guiding accurately the pedicle screws placement in adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Methods Twenty-one patients with AIS who admitted in our hospital from January 2009 to June 2010 were enrolled in this study. They were 8 males and 13 female at a menaing age of 15.2 (ranging from 6 to 18.8). All patients underwent preoperatively 64-slice CT scaning in prone position. On the reconstructed CT images, 3 dimentional localization of pedicle entry point, the width of pedicle spongy bone and the sagittal angle were measured in addition to the traditional pedicle parameters (pedicle inclination angle, pedicle depth and vertebral rotation angle). The pedicle screws insertion was guided by the improved pedicle parameter measurements. Postoperatively, low dose CT scanning was performed to evaluate the accuracy of pedicle screw placement and the Cobb's angle. Results A total number of 226 screws were inserted into the pedicles, in which 5 (2.2%) were displaced, and 221 were within the safe zone with an accuracy rate of 97.8%. No pedicle expansion or intervertebral disk injury was found. The Cobb's angles were corrected to 2° to 58.3° (mean 15.6°) from preoperative 42.2° to 112.3° (mean 62.1°). Conclusion Prone 64-slice CT scanning and modified pedicle parameter measurements can improve the accuracy of pedicle screws placement in AIS, and should be applied widely in clinical practice.

【Key words】 prone position; tomography, X-ray computed; screws; adolescent idiopathic scoliosis

Corresponding author: Cai Jinhua, Tel: 86-23-63632017, E-mail: cjh710506@tom.com

近年来,椎弓根螺钉固定系统已广泛应用于青少年特发性脊柱侧弯(adolescent idiopathic scoliosis,AIS)矫形手术中。面对复杂的脊柱畸形及置钉偏差可能导致的严重并发症,如何精确置钉、降低置钉风险显得尤为关键。目前,研究报道多采用术前仰卧位CT扫描及传统椎弓根置钉参数测量技术指导置钉定位[1-2],但达到高成功率精确置钉仍较困难,置钉偏差所导致的并发症也并不少见[1-6],有关俯卧位CT扫描定位椎弓根置钉尚少见报道。我们采用俯卧位64排螺旋CT扫描,并在传统方法的基础上对椎弓根置钉参数测量进行了一定的改良,旨在进一步提高椎弓根置钉术前定位的精确性,减少置钉偏差所导致的并发症。

【通信作者】 蔡金华,电话:(023)63632017,E-mail:cjh710506@tom.com

1 资料与方法

1.1 临床资料

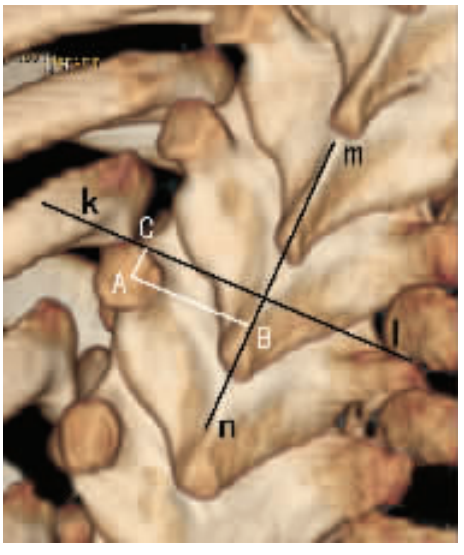
搜集2009年1月至2010年6月间在我院行手术矫正的AIS患者共21例，其中男性8例，女性13例，年龄10.6～18.8岁，平均15.2岁。术前冠位主弯cobb's角42.2°～112.3°（平均62.1°）。所有病例术前均采用俯卧位64排CT扫描及改良椎弓根置钉参数测量方法指导手术置钉的定位。术后低剂量CT扫描评价置钉准确性。

1.2 64排CT扫描

CT扫描前告知家属及患者检查风险，并签署知情同意书。所有病例均采用64排螺旋CT扫描（Highspeed VCT，美国GE公司）。扫描体位：俯卧位；扫描范围：包括脊柱侧弯所有椎体。术前扫描参数：管电压120 kV、电流180 mA、层厚1.25 mm、层距1.0 mm、螺距比1.375∶1，扫描参数完成后内插为层厚0.625 mm、层距1.0 mm的重建参数；术后低剂量扫描参数：管电压120 kV、电流60 mA。对于5岁以下及不配合患儿按0.3～0.5 ml/kg剂量给予10%水合氯醛口服镇静。

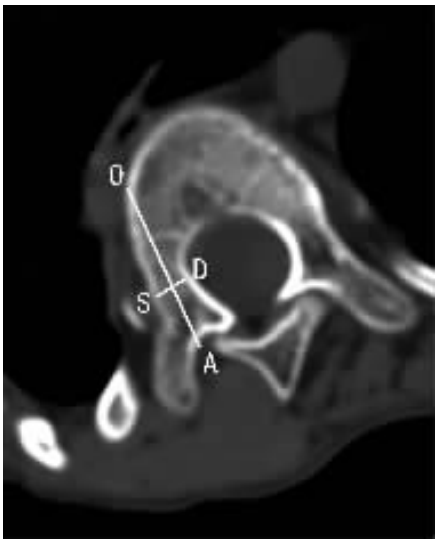
1.3 改良法椎弓根置钉参数测量

1.3.1 置钉点三维定位　在后处理工作站，将每一目标椎体重建为4幅图像（轴位、矢状位、冠状位重建切面图及VR三维重建图），综合调整横切线、纵切线及冠位线，在准轴位和准矢状位上显示出椎弓根的最宽层面，然后以椎弓根最大层面中心线（即椎弓根轴线）确定为螺钉进针的最佳路径。如图1所示，中心线与椎板背面骨皮质的交界点确定为置钉点A（进针点），与椎体前缘的交界点确定为O（图2）。在标准后前位VR图像上（图1），确定上两个椎体棘突连线mn，并经上关节突上缘作mn的垂线kl，然后分别测量A点到mn和kl的距离AB和AC。术中以mn线和上关节突上缘为参考，根据AB、AC距离可准确选定取置钉点A。



A点为椎弓根轴线（最佳进针路径）与椎板背面骨皮质的交界点，即为置钉点；mn为上两个椎体棘突的连线；kl为过上关节突上缘与mn的垂线；AB及AC分别为置钉点A至mn和kl的垂直距离

图1 置钉点三维定位VR图

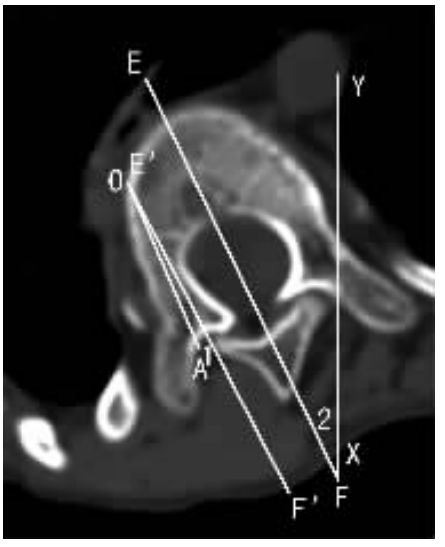


SD为椎弓根两侧皮质内缘的距离，即松质骨宽度；AO为椎弓根轴线

图2 置钉直径及深度测量的椎体准轴位图像

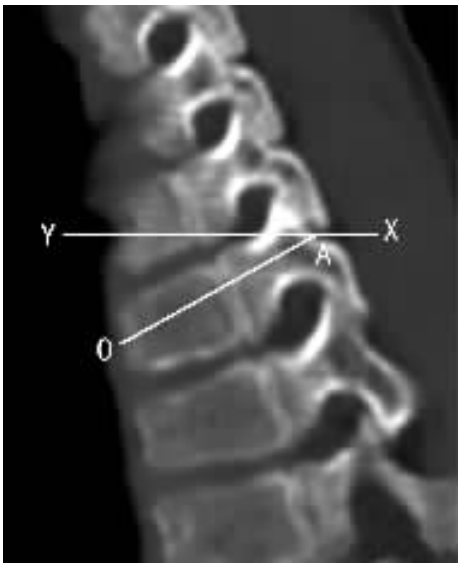
1.3.2 置钉直径及深度测量　如图2所示，在准轴位图像上测量椎弓根两侧皮质内缘距离SD，即椎弓根松质骨宽度，作为选择螺钉直径的参考；测量椎弓根轴线AO两点的距离即为置钉的最大深度，指导螺钉长度的选择（为符合手术阅片需要，图像为旋转180°后图像）。

1.3.3 置钉角度测量　①椎弓根内倾角：在准轴位图像上测量椎弓根轴线（螺钉进针的最佳路径AO）与椎体轴线EF（平行线E'F'）的夹角∠1，即为椎弓根内倾角（图3）。②椎体旋转角：在准轴位图像上测量椎体轴线EF与准矢状线XZ的夹角∠2，即为椎体旋转角（图3）。∠1－∠2的角度即为指导置钉方向在准轴位上的左右偏转角度。③椎弓根轴线矢状角：在准矢状位图像上测量椎弓根轴线（螺钉进针的最佳路径AO）与水平线XY的夹角即为矢状角∠3（图4）。∠3用于指导置钉方向在准矢状位上的上下偏转角度（为符合手术阅片需要，轴位图像已旋转180°，矢状位图像为水平翻转后图像）。



椎弓根轴线AO与椎体轴线EF（平行线E'F'）的夹角即椎弓根内倾角∠1；EF与准矢状线XZ的夹角即椎体旋转角∠2

图3 椎弓根内倾角及椎体旋转角测量的椎体准轴位图像



椎弓根轴线 AO 与水平线 XY 的夹角即为矢状角∠3

图 4　矢状角测量的准矢状位图

2　结果

21 例患者共植入螺钉 226 枚，其中胸段植入 165 枚（T1 ~ T6 植入 59 枚，T7 ~ T12 植入 106 枚），腰段植入 61 枚。具体椎弓根置钉测量参数如表 1。术后低剂量 CT 扫描评估发现 226 枚中准确置钉 221 枚，置钉准确率 97.8%。置钉偏差 5 枚，均发生于胸段（T3、T6、T7、T9 及 T11 各 1 枚），其中凹侧 3 枚（1 例偏外刺破椎弓根皮质，2 例偏内刺破椎弓根皮质），凸侧 2 枚（2 例均为偏外刺破椎弓根皮质），无椎弓根膨胀性改变和椎间盘损伤。3 枚螺钉植入过程中发现有脑脊液漏出，以骨蜡填塞通道，无持续性脑脊液漏出。术后冠位主弯 cobb 's 角平均 15.6°（2° ~ 58.3°），平均矫正率 83.2%（59.2% ~ 98.7%）。术后 1 周院内随访，出现轻微神经根性刺激症状 6 例，经过术后院内积极消炎等治疗，出院所有病例均无明显并发症出现。

3　讨论

青少年特发性脊柱侧弯是一种常伴有椎体严重畸形并发生于冠状面、矢状面及水平面的脊柱三维畸形，其主要治疗方法是在侧弯脊柱上构建椎弓根螺钉内固定系统，以稳定发挥其三维矫形能力。如何实现精确置钉，避免置钉偏差导致的严重并发症是手术的关键。在螺旋 CT 出现之前，多根据经验寻找置钉点，并结合漏斗技术进行徒手置钉，该法存在一定的盲目性和不确定性，手术效果常取决于手术医生的经验[3]。随着医学影像技术的进展，术前螺旋 CT 扫描及椎弓根置钉参数测量已逐渐成为指导椎弓根螺钉内固定手术的常规手段。目前应用较为普遍的方法是仰卧位 CT 扫描及扫描后的传统椎弓根置钉参数测量[1-2]，实践证明该技术对指导椎弓根螺钉内固定术具有较高的实用价值，但在置钉定位精确性方面仍存在一定的局限，部分置钉偏差导致椎管、椎间盘及神经根损伤的报道时有发生[1-6]。我们俯卧位螺旋 CT 扫描，并根据临床需要对仰卧位扫描后的传统椎弓根置钉参数测量方法进行了适当改良，使置钉准确率达到了 97.8%，较文献报道稍有进一步提高[1-8]，同时并发症也进一步减少。

传统椎弓根置钉参数测量方法主要包括测量椎弓根宽度（包括皮质）、椎弓根深度、椎弓根内倾角、椎体旋转角，并在二维图像上进行置钉点定位，以此指导选择螺钉直径、螺钉植入的深度、角度以及进针点[1-2]。与仰卧位 CT 扫描及传统的椎弓根置钉参数测量方法相比，我们所采用的椎弓根置钉术前定位技术主要有以下优势：①俯卧位 CT 扫描与患者手术中的体位一致，在俯卧位扫描图像上测量椎体形态参数与术中椎体侧弯、旋转等实际参数更加吻合，理论上手术置钉的精确性亦更高[9-10]。Abul-Kasim 等[9] 曾报道，俯卧位测量的椎体旋转角度比仰卧位测量的旋转角度平均大 7.5% 度，而正确估计椎体的旋转角度，对置钉角度的选取尤为重要。②进针点三维定位对术中进针点定位更精确，显示更直观，椎弓根皮质的咬取创面更小，置钉点皮质咬开后椎弓根漏斗结构暴露更清楚，螺钉在置入过程中可更容易沿着理论上重建的椎弓根轴线（最佳进针路径）前进，置入后的螺钉受力更加均匀，亦可更容易获得最佳的把持力并稳定发挥椎弓根螺钉固定系统的三维矫形作用。有报道利用冠位二维图像对进针点进行定位，准确性高，但较为抽象[5]。经我院骨科医生实践表明，标准后位 VR 图像对置钉点显示更直观，测量数据以明显暴露的骨性标志为参考，测值较为准确，在手术中的实用性较高。③椎弓根松质骨宽度测量可用于精确指导螺钉直径的选择，避免椎

表 1　椎弓根置钉参数测量结果（$\bar{x} \pm s$）

椎骨节段	旋转角（°）	凸侧				凹侧			
		SD（mm）	AO（mm）	内倾角（°）	失状角（°）	SD（mm）	AO（mm）	内倾角（°）	矢状角（°）
T1 ~ T6	11.3 ± 2.8	5.1 ± 1.1	33.6 ± 3.2	15.2 ± 5.4	17.6 ± 3.6	4.6 ± 0.7	34.9 ± 3.7	19.2 ± 4.7	17.1 ± 3.2
T7 ~ T12	17.3 ± 5.3	5.7 ± 1.0	38.6 ± 2.1	13.8 ± 3.2	8.9 ± 1.5	5.2 ± 0.6	41.9 ± 3.1	15.8 ± 4.1	9.2 ± 1.8
L1 ~ L5	9.5 ± 2.7	7.4 ± 1.3	46.6 ± 2.9	16.6 ± 5.5	9.2 ± 2.3	7.1 ± 1.2	46.7 ± 3.3	18.2 ± 5.3	9.5 ± 2.7

注：SD 为椎弓根两侧皮质内缘的距离，即松质骨宽度；AO 为椎弓根轴线

弓根膨胀性改变出现的风险。传统方法对椎弓根峡部宽度的测量常包括骨皮质厚度，我们通过长期观察发现，畸形椎体的椎弓根皮质厚度差异常较大，这种差异在曲侧椎弓根尤为明显，因此从理论上讲，传统测量方法易误导骨科医生选取直径偏大的螺钉，以致出现椎弓根膨胀性改变或更为严重的椎管内脊膜囊的压迫等并发症[1-6]。矢状角测量可用于指导上下方向的置钉角度，尤其适用于矢状方向变形及侧弯严重的椎体。国内外文献中，多数学者认为进针角度在椎弓根矢状位上有较大的安全范围[4-6,8]，常常忽略了对进针矢状角的测量。我们观察发现，变形严重的畸形椎体其椎弓根局部骨质缺损较为常见，矢状位进针角度安全范围比准轴位更小。另外，单纯椎体旋转角及椎弓根轴线内倾角只是指导进针在准轴位层面左右偏转角度，而矢状角的测量正好弥补了置钉在矢状位层面的上下偏转角度，实现了置钉角度的三维定位。

导航技术是目前应用于椎弓根置钉最为先进的方法，且具有很高的准确率，近乎100%[11-15]，但该法亦存在固有缺点：首先，采用导航技术会大大增加患者的辐射剂量，尤其对于青少年这一特殊年龄群体的影响更大，同时也增加了医生的辐射剂量。其次，单纯导航技术不能在术前准确评估并筛选具有置钉风险的椎弓根，而且无测量参数可直接指导术中椎弓根置钉，如螺钉直径选取等。另外，导航设备价格昂贵，在大部分医院推广应用尚需一定时日。

该组病例97.8%的置钉准确率较文献报道稍偏高，这除了与上述俯卧位CT扫描及改良椎弓根测量方法所具有的诸多客观优势有关之外，还可能与以下因素有关：①本组病例均为青少年特发性脊柱侧弯，脊柱畸形程度较轻，特别严重的畸形较少，矫正难度相对较小。②青少年特发性脊柱侧弯多发生于胸腰段，该段椎体椎弓根较颈椎等椎体的椎弓根明显大，易于操作，置钉风险降低。另外，术前CT扫描对椎弓根的评估和筛选，也明显降低了椎弓根的置钉风险，这也是术前CT扫描的意义所在。

总之，俯卧位64排CT扫描与术中体位更加吻合，改良后的椎弓根置钉参数对AIS手术置钉的定位更为直观和准确，因置钉偏差所导致的并发症也相应减少，有着较高的临床实用价值和推广意义。

参考文献：

[1] Upendra B, Meena D, Kandwal P, *et al*. Pedicle morphometry in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. Indian J Orthop, 2010, 44(2): 169-176.

[2] 张文通，马若凡，叶伟，等. CT三维重建在特发性脊柱侧弯椎弓根个体化置钉中的作用研究[J]. 中国临床解剖学杂志，2008，26(6)：680-683，686.

[3] Yalniz E, Ciftdemir M, Eskin D, *et al*. The safety of pedicle screw fixation in the thoracic spine[J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2009, 43(6): 522-527.

[4] Wan S Y, Lei W, Wu Z X, *et al*. Micro-CT evaluation and histological analysis of screw-bone interface of expansive pedicle screw in osteoporotic sheep[J]. Chin J Traumatol, 2008, 11(2): 72-77.

[5] Kim Y W, Lenke L G, Kim Y J, *et al*. Free-hand pedicle screw placement during revision spinal surgery: analysis of 552 screws[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2008, 33(10): 1141-1148.

[6] Modi H, Suh S W, Song H R, *et al*. Accuracy of thoracic pedicle screw placement in scoliosis using the ideal pedicle entry point during the freehand technique[J]. Int Orthop, 2009, 33(2): 469-475.

[7] Lam G C, Hill D L, Le L H, *et al*. Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods[J]. Scoliosis, 2008, 3: 16.

[8] Jamieson D, Perdios A, Varghese R, *et al*. The use of CT in the development and implementation of a preoperative protocol to aid in pedicle screw placement during scoliosis surgery[J]. Pediatr Radiol, 2008, 38(4): 452-456.

[9] Abul-Kasim K, Karlsson M K, Hasserius R, *et al*. Measurement of vertebral rotation in adolescent idiopathic scoliosis with low-dose CT in prone position-method description and reliability analysis[J]. Scoliosis, 2010, 5: 4.

[10] Scutt N D, Dangerfield P H, Dorgan J C. The relationship between surface and radiological deformity in adolescent idiopathic scoliosis: effect of change in body position[J]. Eur Spine J, 1996, 5(2): 85-90.

[11] 章凯，王智运，尹庆水，等. 骨科手术导航系统引导腰椎椎弓根螺钉植入的效果[J]. 第三军医大学学报，2005，27(5)：443-444.

[12] Fuster S, Vega A, Barrios G, *et al*. Accuracy of pedicle screw insertion in the thoracolumbar spine using image-guided navigation[J]. Neurocirugia (Astur), 2010, 21(4): 306-311.

[13] Jaiswal A, Shetty A P, Rajasekaran S. Role of intraoperative Iso-C based navigation in challenging spine trauma[J]. Indian J Orthop, 2007, 41(4): 312-317.

[14] Zausinger S, Scheder B, Uhl E, *et al*. Intraoperative computed tomography with integrated navigation system in spinal stabilizations[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(26): 2919-2926.

[15] Merloz P, Troccaz J, Vouaillat H, *et al*. Fluoroscopy-based navigation system in spine surgery[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2007, 221(7): 813-820.

（收稿：2010-10-26 修回：2010-12-17）

（编辑 张 维）