

个体化选择脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉进钉点的研究

殷海东¹, 黄明光¹, 黄东生², 苏培强², 彭 焰², 杜庆均¹, 张文通², 杜开利²

(1 广东省佛山市顺德第一人民医院骨科 528300; 2 中山大学第二附属医院骨科 510120 广州市)

【摘要】目的:探讨个体化选择脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉进钉点对置钉准确性的影响。**方法:**2006 年 3 月至 2008 年 6 月手术治疗脊柱侧凸患者 57 例, 其中青少年特发性脊柱侧凸 44 例, 先天性脊柱侧凸 12 例, 马凡综合征 1 例。根据患者术前 CT 设计拟固定胸椎的椎弓根螺钉进钉点并用于指导术中的进钉点选择, 术后根据螺钉是否突破椎弓根的皮质壁来判断置钉准确性。**结果:**全部患者共置入椎弓根螺钉 591 枚, 胸椎 417 枚, 腰椎 174 枚, 术后 530 枚螺钉的轴线完全位于椎弓根皮质内, 准确率为 89.7%, 其中胸椎置钉准确率为 86.8% (362/417)。61 枚螺钉的轴线突破椎弓根皮质壁, 胸椎 55 枚, 腰椎 6 枚。55 枚偏置的胸椎椎弓根螺钉中 52 枚螺钉的实际进钉点与术前设计一致, 其中 19 枚钉尖位于椎体内; 3 枚螺钉为术中实际进钉点选择失误, 螺钉轴线突破椎弓根皮质壁的距离均不超过 4mm。无脊髓、大血管及脏器损伤等严重并发症发生。**结论:**个体化选择胸椎椎弓根螺钉进钉点可提高脊柱侧凸患者胸椎置钉的准确率, 减少术中进钉点选择失误所致的并发症。

【关键词】 脊柱侧凸; 椎弓根; 内固定; 螺旋 CT; 三维重建

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2009.03.05

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2009)-03-0193-05

Individual selection of the entrance point for thoracic pedicles in the surgery of scoliosis/YIN Haidong, HUANG Mingguang, HUANG Dongsheng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2009, 19(3): 193~197

【Abstract】 Objective: To study the affect of individual selection of the entrance point for thoracic pedicles on the accuracy of pedicle screws placement in the surgery of scoliosis. **Method:** 57 cases with scoliosis from March 2006 to June 2008 were analyzed retrospectively. The diagnosis including: adolescent idiopathic scoliosis 44 cases, congenital scoliosis 12 cases and Marfan syndrome 1 case. The entrance point of thoracic pedicle in operation was determined with the point designed by surgeons preoperatively on CT. The accuracy of the pedicle screws placed was evaluated by determining the axis of the screw whether penetrated pedicle cortex or not. **Result:** Of the total 591 pedicle screws inserted (thoracic 417, lumbar 174), 530 screws (89.7%) were fully contained within the cortical boundaries of the pedicle, 61 screws (thoracic 55, lumbar 6) were misplaced with the axis of the screw penetrated pedicle cortex. Accuracy rate of thoracic pedicle screw placement was 86.8% (362/417). Among 55 misplaced thoracic pedicle screws, 52 pedicles entrance points were the same as designed by surgeons preoperatively, 19 screws with good effect of biological fixation. It was only 3 misplaced pedicle screws because of incorrectly selection of entrance point during surgery, but the distance of the axis of the screw penetrated the pedicle cortex was not exceeded 4.0mm. There were no spinal cord, great vessels or organ damage occurred. **Conclusion:** The accuracy in placement of thoracic pedicle screws in the surgery of scoliosis can be improved by individual selection of the entrance point on thoracic pedicles, and the incidence of complications may also be reduced correspondingly by avoiding misplacement of the pedicle screws.

【Key words】 Scoliosis; Pedicle; Internal fixation; Spiral CT; Three-dimensional reconstruction

【Author's address】 Centre of Spine Surgery, the First People's Hospital of Shunde, Foshan, 528300, China

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (编号: 30700456)

第一作者简介: 男 (1976-), 医学硕士, 主治医师, 研究方向: 脊柱外科临床及相关基础

电话: (0757) 22318707 E-mail: yhdspine@163.com

通讯作者: 黄东生

自 1984 年 Cotrel-Dubousset 首次提出脊柱侧凸三维矫形概念以来, 后路经椎弓根固定技术在脊柱侧凸矫形术中的应用日益广泛。但由于胸椎椎弓根直径较小且周围有重要脏器, 有关胸椎椎弓根的进钉点选择一直是困扰脊柱外科的难题。2006 年 3 月至 2008 年 6 月我们采用个体化定位胸椎椎弓根螺钉进钉点的方法治疗脊柱侧凸患者 57 例, 取得较好的临床效果, 报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本组男 13 例, 女 44 例, 年龄 12~16 岁, 平均 14.5 岁。主弯 Cobb 角 63.3° (36° ~ 120°), 柔韧性 35% (12%~62%)。青少年特发性脊柱侧凸 (AIS) 44 例, 先天性脊柱侧凸 (CS) 12 例, 马凡综合征 (Marfan syndrome, MFS) 1 例。侧凸分类: 单胸弯 27 例, 均凸向右; 双胸弯 4 例, 上胸弯凸向左侧, 下胸弯凸向右侧; 胸弯+胸腰/腰弯 17 例, 胸弯凸向右侧, 胸腰/腰弯凸向左侧; 单胸腰弯 5 例, 4 例凸向右侧, 1 例凸向左侧; 单腰弯 4 例, 1 例凸向右侧, 3 例凸向左侧。顶椎位于胸椎上段 (T1~T4/5) 9 例, 胸椎中段 (T5~T9) 25 例, 胸椎下段 (T9/10~T11/12) 18 例, 胸腰段 (T12~L1) 13 例, 腰椎 (L1/2~L5) 13 例。全部病例术前均行站立全脊柱正侧位、仰卧左右 Bending 位 X 线片及脊柱 CT 检查。CT 检查采用 Siemens 公司 SOMATOM Sensation 64 排螺旋 CT 进行容积扫描。扫描参数: 管电压 120kV, 管电流 250mAs, 层厚 0.75mm, 螺距为 0.9。对原始数据进行 1.0mm 层厚的重组, 重叠率 50% (重组间隔 0.5mm)。将重组获得的横断面图像传输至工作站, 进行多平面重建及容积重现重建, 重建图像的层厚为 1.0~4.0mm, 间隔为 1.0~4.0mm。CT 扫描范围包括拟融合节段内全部脊椎。

1.2 术前设计胸椎理想进钉点

在经椎弓根中部且与上终板平行的 CT 横切面上, 理想的钉道应位于椎弓根轴线或经肋-椎弓根-椎体联合固定通道上。理想钉道在椎弓表面的投影点即为理想的进钉点 (图 1, 后插页 I)。

在 CT 工作站设置平面 A (蓝线) 经椎弓根中部且与上终板平行, 平面 B (红线) 经椎弓根轴线或经肋-椎弓根-椎体联合固定, 重建图像中蓝、红线的相交点代表的是理想钉道在椎弓表面的投

影点 (理想进钉点) (图 2, 3, 后插页 I)。

根据 CT 重建像上椎弓正后面观所示, 自横突中上 1/3、中下 1/3 各划一直线 (a 线、b 线), 上述两线均与横突轴线平行并将横突分为 3 等份, 然后自上一节段的下关节突中外 1/3、中内 1/3 各划一垂线 (c 线、d 线), 上述 4 条直线于横突根部、椎板部交叉后可分为 A1~A3、B1~B3、C1~C3 共计 9 个分区, 术前、术中的进钉点均以上述分区表示 (九分区法) (图 4, 后插页 I)。

1.3 手术方法

12 例先天性脊柱侧凸均先行半椎体切除, 一期或二期行椎弓根内固定。其余病例均一期完成后路矫形加椎弓根内固定。

全麻、俯卧位。后路手术取棘突表面偏中线切口, 骨膜下剥离椎旁肌至横突外缘, 充分暴露融合节段各脊椎的附件。以横突中线与关节突外侧缘的交点作为腰椎椎弓根钉的进钉点, 根据九分区法定位术中的胸椎椎弓根钉进钉点 (如进钉点位于 A1 区), 磨钻或尖锥去除该处骨皮质, 刮匙刮除椎弓根内的部分松质骨, 使用直径 2mm、向外侧轻微弯曲的钝头椎弓根探子在进钉点内探寻较软的椎弓根松质骨入口, 进入 20mm (穿过椎弓根进入椎体) 后将椎弓根探子前端弯曲旋转 180° 转向内侧, 继续进入至椎体直至皮质骨。圆头探针证实通道四周壁及孔底均应完整, 否则须重新调整通道方向至满足上述条件后方可置入定位针。

采用 C 型臂 X 线机正侧位透视, 确定定位针所在节段、位置、方向和长度, 攻丝后用球形探子再次证实通道四周壁及孔底均应光滑完整。从旋转最小的下端中立椎开始逐个向上置入合适长度、直径的椎弓根螺钉, 并依据上一置入的螺钉或对侧的螺钉对下一螺钉的置入方向进行精细调整, 避免相邻节段置钉方向偏差过大。

利用压棒器将适当长度和预弯的钛棒放入螺钉开口槽内, 转棒器进行旋棒 (CD 技术)。一侧钛棒安置完毕后, 同法完成对侧钛棒连接, 置入横向连接杆。对于严重“剃刀背”畸形的患者, 矫形前或后于同一切口内切除 3~5 根肋骨 (长度平均 3.5cm), 将融合节段内椎板、关节突及横突去皮质后植入自体髂骨或肋骨条。

1.4 置钉准确性评价

根据术后 CT 显示的椎弓根螺钉是否突破椎弓根的皮质壁来判断置钉准确性, 即螺钉完全位

于椎弓根内者为准确置钉。置钉准确率=准确置钉数/累计置钉数 $\times 100\%$ 。CT 工作站利用软件在横断面上测量突破椎弓根皮质壁螺钉的轴线距离椎弓根皮质壁的最大距离(精确度 0.1mm)。利用直尺测量侧位 X 线片上突破椎弓根皮质壁螺钉的轴线距离椎弓根皮质壁的最大距离(精确度 1mm)。

2 结果

手术时间 337min(260~450min),术中出血量 895ml(600~1700ml),固定节段 9.1 个(4~14 个)。术后主弯 Cobb 角 21.5° ($5^\circ \sim 32^\circ$),矫正率 66%。全部病例术中、术后均未出现脊髓、大血管及脏器损伤等严重并发症;2 枚位于胸弯顶椎凹侧的螺钉于术中旋转时出现松动、部分退出,未予特殊处理,术后支具固定 3 个月后复查 X 线片显示植骨已融合,螺钉保持原位。

共计置入椎弓根螺钉 591 枚,其中胸椎 417 枚,腰椎 174 枚。术后证实螺钉完全位于椎弓根内者 530 枚(准确率为 89.7%)(图 5,后插页 I),其中胸椎 362 枚,准确率为 86.8%(362/417);腰椎 168 枚,准确率为 96.6%(158/174)。拟固定胸椎的理想进钉点分布见表 1。

38 例共计 61 枚螺钉(胸椎 55 枚,腰椎 6 枚)发生偏置(表 2)。术后 CT 示 38 枚螺钉的轴线突破椎弓根外侧壁不超过 2mm(胸椎 35 枚,腰椎 3 枚),其中钉尖位于椎体内有 21 枚(胸椎 19 枚,腰椎 2 枚),钉尖突破椎体前外侧壁有 17 枚(胸椎 16 枚,腰椎 1 枚);2 枚螺钉的轴线突破椎弓根外侧壁 2~4mm 且钉尖不位于椎体内(均为胸椎);17 枚螺钉的轴线突破椎弓根内侧壁不超过 2mm(胸椎 15 枚,腰椎 2 枚);2 枚螺钉的轴线突破椎弓根内侧壁 2~4mm(胸椎 1 枚,腰椎 1 枚)。术后 X 线片示 2 枚螺钉的轴线突破椎弓根下壁不超过 2mm(均为胸椎)。

3 讨论

3.1 脊柱侧凸患者胸椎置钉的准确性和安全性

2004 年 Kim 等^[1]报道在 41 例脊柱侧凸患者中累计置入 514 枚胸椎椎弓根螺钉,其中 42 枚(8.2%)螺钉的轴线突破椎弓根皮质壁。2006 年胡勇等^[2]报道了 32 例采用胸椎椎弓根螺钉技术治疗的脊柱侧凸患者,手术共计置入胸椎椎弓根螺

表 1 417 枚胸椎椎弓根钉的理想进钉点分布(九分区法)

固定节段	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	螺钉合计(枚)
T2	4	0	0	7	1	0	0	0	0	12
T3	10	0	0	7	0	0	0	0	0	17
T4	13	2	0	13	3	0	0	0	0	31
T5	22	8	0	11	3	0	0	0	0	44
T6	19	20	1	1	7	0	0	0	0	48
T7	13	24	2	2	3	0	0	0	0	44
T8	10	17	4	4	2	0	0	0	0	37
T9	12	12	1	10	5	0	0	0	0	40
T10	17	7	0	18	4	0	0	0	0	46
T11	13	2	0	27	5	0	0	0	0	47
T12	15	1	0	31	4	0	0	0	0	51

表 2 61 枚偏置螺钉的轴线与椎弓根皮质壁的关系

	胸椎		腰椎		合计
	<2mm	2~4mm	<2mm	2~4mm	
突破椎弓根外侧壁	35	2	3	0	40
突破椎弓根内侧壁	15	1	2	1	19
突破椎弓根下壁	2	0	0	0	2
合计	52	3	5	1	61

钉 226 枚,其中 21 枚螺钉(9.3%)的轴线突破椎弓根皮质壁。2007 年 Lee 等^[3]报道术中采用 C 型臂旋转透视定位法协助置钉的 AIS 患者 33 例,手术操作要点是在置入椎弓根螺钉前将 C 型臂逐渐旋转至荧幕显示为目标椎的正位像且双侧的椎弓根影对称,然后在矢状面上旋转 C 型臂致上下终板相互平行,作者采用该法共计置入胸椎椎弓根钉 410 枚,术后 48 枚(11.7%)螺钉的轴线突破椎弓根皮质壁。

Kim 报道 41 例采用胸椎椎弓根螺钉治疗的脊柱侧凸患者,平均随访 10 年未发现螺钉所致的神经、血管或内脏损伤等严重并发症^[1]。Lee 报道的 33 例 AIS 患者,术后亦未发现神经、血管损伤等严重并发症^[3]。胡勇报道的 32 例脊柱侧凸患者,术后出现脊髓损伤 2 例(6.2%),其中 1 例为完全性脊髓损伤;2 枚偏置螺钉的尖部靠近大血管,其中 1 例再手术重新置钉^[2]。

我们认为,随着临床对胸椎解剖结构研究的深入^[4-6]和手术辅助设备的出现(C 型臂 X 线机、计算机辅助导航、诱发电位等),在脊柱侧凸患者中置入胸椎椎弓根螺钉的准确性和安全性较早期已有了明显提高。但是,临床医生须注意到脊柱侧凸是一个在三维空间发生和发展的畸形,其不仅

有椎体形态的变异,部分椎体尚伴有椎弓根形态的变异^[3,7]。此外,脊椎的旋转畸形也可严重干扰术者对椎弓根进钉点和置钉方向的判断^[3]。在胸椎,因其周围有重要结构存在(主动脉、肺、脊髓等),故进钉点和置钉方向这两个条件中的任何一个出现偏差都有可能引起严重并发症的出现。目前关于脊柱侧凸中胸椎置钉的安全性报道尚缺乏大样本量研究,临床医生不应盲目乐观。

3.2 脊柱侧凸中胸椎椎弓根进钉点的选择

目前,脊柱侧凸中有关胸椎椎弓根进钉点的选择尚缺乏统一的标准。吕国华等^[8]认为可以横突上缘和椎板的交界处做为胸椎椎弓根的进钉点。霍洪军等^[9]认为关节突表面外侧缘的纵线与肋横突中上 1/3 横线的交点即为胸椎椎弓根的进钉点。史亚民等^[10]认为:T1~T4 的进钉点是位于横突根部中上 1/3 交点;T5~T9 位于横突根部上缘(即横突上缘与椎板交界处);T10~T12 位于横突根部中点。Kim 等^[11]认为:下胸椎(T11、T12)的进钉点位于横突中线和椎板外缘交点;随着椎体节段上移,进钉点逐渐向头侧和内侧偏移,中胸椎(T7~T9)进钉点最靠近头侧和内侧,约位于横突上缘和上关节突基底部中线的交点稍偏外;上胸椎进钉点逐渐向尾侧和外侧偏移,T1、T2 的进钉点位于横突中线和椎板外缘的交点。需要指出的是,目前文献多是根据正常成人的胸椎标本来研究胸椎椎弓根钉的进钉点和置钉方向,即以正常胸椎的椎弓根解剖来指导脊柱侧凸手术,缺乏对脊柱侧凸中旋转脊椎的解剖学研究。虽有少数文献^[12]根据脊柱侧凸患者的术前 CT 总结了椎弓根的形态学数据,但其病例数有限,个体间仍存在较大的差异。与已有文献不同的是,本次研究中我们亦考虑到侧凸脊椎的形态变异,对于拟行椎弓根钉固定的患者,术前均常规行手术节段的脊柱 CT 扫描并将原始资料保存至 CT 工作站以备重建用。通过经侧凸脊椎理想钉道的横切面和纵切面的 CT 图像,术者可根据自己的经验在术前预先设计出理想的椎弓根进钉点,并在三维重建图像中(椎弓正后面观)标记出理想的进钉点,通过九分区法将该进钉点进行局部定位后便于术者术中确认,从而降低主观因素对进钉点选择的干扰。需要指出的是,本次研究强调术者必须在术前参与设计 CT 上的理想钉道和进钉点,并在三维重建图像上明确上一节段下关节突的内外侧边界,术

中在充分暴露融合节段各脊椎的附件后,用小刮匙刮去关节突间部分黄韧带以使下关节突边界更为清晰,进而确保九分区法的精确性。对于先天性脊柱侧凸等可能存在椎板发育障碍或椎板融合的病例,我们建议术前将上述节段的三维重建图像进行局部放大处理,进一步明确下关节突的边界,必要时可将已标记出理想进钉点的局部放大图像保存在胶片上以便术中再次确认。

本次研究中,共计置入椎弓根钉 591 枚(胸椎 417 枚,腰椎 174 枚),术后证实螺钉完全位于椎弓根内者 530 枚(置钉准确率为 89.7%),其中胸椎置钉准确率为 86.8%(362/417),无 1 例出现神经、大血管损伤等严重并发症。

3.3 脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉偏置的原因

分析本组 55 枚偏置的胸椎椎弓根螺钉的轴线发现:(1) 共计 35 枚胸椎椎弓根钉的轴线突破椎弓根外侧壁的距离不超过 2mm。由于术前 CT 证实该处椎弓根轴线外展角过小甚至为负角,如按正常的椎弓根轴线进钉易致螺钉穿破椎体前外侧壁,故术者在术前的 CT 横断面上已将该肋椎关节固定做为首选,重建图像上的进钉点即为经肋椎关节固定的进钉点,术中在明确进钉点后适当加大椎弓根探子的外展角度直至探子尖端进入椎体后再置入螺钉。其中 19 枚螺钉完全位于肋椎关节和椎体内,另有 16 枚螺钉存在钉尖部突破椎体外侧壁的现象,查阅记录均证实置钉前的通道四周壁和底部完整,我们考虑上述现象的出现与操作中椎弓根探子外展不足有关,加上通道底部有肋骨头或椎体前外侧皮质骨阻挡,造成术者误以为通道已进入椎体内的假象,故置钉后其螺钉尖部易从椎体外侧壁穿出,难以实现有效的生物力学固定,临床上应注意避免类似情况的发生。

(2) 2 枚位于顶椎凹侧的胸椎椎弓根螺钉于术中去旋转时出现松动、部分退出,术后 CT 显示实际进钉点较术前设计偏外致螺钉的轴线突破椎弓根外侧壁 2~4mm,且钉尖不位于椎体内。我们考虑上述情况与术中侧凸脊椎的旋转干扰有关,因为患者俯卧后其顶椎凹侧的附件结构位置深在(附件旋向凹侧),在显露顶椎凹侧的术野欠佳情况下,术者难以将术前设计的理想进钉点在术中进行确认。从安全角度考虑,术者习惯将进钉点外移且不相应增加通道外展角度,故置钉后螺钉轴线易突破椎弓根外侧壁。我们认为,顶椎凹侧置钉

虽可提高旋转脊椎的去旋转效果,但由于该部脊髓多偏向凹侧椎弓根,在顶椎凹侧显露欠佳的情况下,可考虑放弃该侧置钉而改行相邻节段或对侧置钉,绝不可随意更改进钉点,否则轻者降低椎弓根螺钉的固定效果,增加螺钉松动、断钉等并发症发生率,严重者可致脊髓和重要脏器的损伤。

(3)15 枚胸椎椎弓根螺钉的轴线突破椎弓根内侧皮质壁的距离不超过 2mm。术后 CT 显示进钉点与术前计划无明显偏差,但置钉方向较术前设计有所偏大(倾向外展)。我们考虑上述现象亦与脊椎的旋转干扰有关。在凸侧置钉时,因椎体本身旋向凸侧,故在建立椎弓根通道时术者应有意识地减少外展角,必要时可根据术前 CT 横断面上预先设计的钉道与棘突的外展夹角来作为术中置钉方向参考,但前提是棘突形态无明显变异且在术前 CT 上显示清楚。此外,我们建议在术前的个体化定位进钉点时,对于内外径偏小或形态有变异的胸椎凸侧椎弓根,在术前 CT 横断面上将该处椎弓根理想进钉点适当外移少许,从而减少螺钉误入椎管内的风险。同凹侧比较,胸椎凸侧的椎弓根钉轴线较少突破椎弓根外壁,而将其进钉点适当外移实际上是达到了经肋-椎弓根-椎体联合固定的效果。

(4)1 枚胸椎椎弓根螺钉的轴线突破椎弓根内侧皮质壁的距离 2~4mm,术后 CT 显示螺钉实际进钉点较术前设计的进钉点偏内。

(5)2 枚突破椎弓根下壁的胸椎椎弓根钉均位于胸椎下段,我们考虑与术中钉尾向尾侧倾斜的角度偏小有关,术中应注意置钉前用 C 型臂 X 线机透视定位针的方向。

从上述资料不难看出,术前个体化定位脊柱侧凸患者的椎弓根螺钉进钉点,可减少术中进钉点选择的盲目性。分析 55 枚螺钉轴线突破椎弓根皮质的胸椎椎弓根钉发现:52 枚螺钉的实际进钉点与术前设计一致,其中 19 枚达到经肋-椎弓根-椎体联合固定的效果,术中因实际进钉点选择失误的仅有 3 枚(螺钉轴线突破椎弓根皮质壁的距离均不超过 4mm)。此外,总结表 1 中胸椎理想进钉点可发现,大部分胸椎的理想进钉点与史亚民和 Kim 等报道的基本一致,但在部分胸椎仍存在较大的差异,如史亚民和 Kim 等认为 T11 的理想进钉点位于横突中线和椎板外缘的交点即九分区中的 B1 区,而表 1 显示的 T11 理想进钉点

有 28%(13/47) 位于横突上 1/3 和椎板外缘的交点即九分区中的 A1 区。我们认为,脊柱侧凸患者的个体间差异和椎体形态的变异是造成上述差异的主要原因,而个体化选择胸椎椎弓根螺钉进钉点可最大程度地减少上述因素对进钉点选择的干扰,为其后的螺钉置入提供良好的安全保障。

由于本次研究的病例数有限和侧凸种类、分型多样,我们仅回顾总结了个体化选择胸椎进钉点治疗的脊柱侧凸患者,有关个体化选择进钉点能否显著提高椎弓根螺钉置入的准确性和安全性尚需后期进一步研究。

4 参考文献

1. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe [J]? Spine, 2004, 29(3): 333-342.
2. 胡勇, 谢辉, 徐荣明, 等. 青少年脊柱侧凸患者胸椎椎弓根螺钉置入的准确性和安全性评价 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(11): 820-824.
3. Lee CS, Kim MJ, Ahn YJ, et al. Thoracic pedicle screw insertion in scoliosis using posteroanterior C-arm rotation method [J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(1): 66-71.
4. 史亚民, 柴伟, 侯树勋, 等. 胸椎椎弓根形态测量研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2002, 12(3): 191-193.
5. Ebraheim NA, Xu RM, Ahmad M, et al. Projection of the thoracic pedicle and its morphometric analysis [J]. Spine, 1997, 22(3): 233-238.
6. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Allardice TJ, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine (Part I): Morphometric analysis of the thoracic vertebrae [J]. J Bone Joint Surg Am, 1995, 77(8): 1193-1199.
7. Hooker MS, Yandow SM, Fillman RR, et al. Pedicle rotation in scoliosis: a marker for occult intrathecal abnormalities [J]. Spine, 2006, 31(5): E144-148.
8. 吕国华, 王冰, 马泽民, 等. 多节段椎弓根螺钉内固定系统矫正胸椎侧凸畸形的有效性和安全性评价 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(4): 215-217.
9. 霍洪军, 肖宇龙, 杨学军, 等. 应用椎弓根钉棒系统矫治脊柱侧凸 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2004, 14(9): 552-554.
10. 史亚民, 侯树勋, 李利, 等. 胸椎椎弓根螺钉固定矫治青少年脊柱侧凸 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2000, 10(4): 200-202.
11. 海涌, 邹德威, 马华松, 等. 特发性脊柱侧凸患者胸椎椎弓根的 CT 测量及其临床意义 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(5): 279-282.

(收稿日期: 2008-09-05 修回日期: 2008-12-01)

(英文编审 郭万首)

(本文编辑 彭向峰)