

临床论著

后路椎弓根螺钉系统矫正青少年特发性
脊柱侧凸术后主动脉位置变化分析崔冠宇¹, 田伟¹, 刘波¹, 松本守雄²

(1 北京大学第四临床医学院 北京积水潭医院 脊柱外科 100035 北京市; 2 日本庆应义塾大学病院骨科)

【摘要】目的:评价接受后路椎弓根螺钉系统矫正手术的青少年特发性脊柱侧凸患者术前、术后 1 周和术后 2 年主动脉相对于脊柱的空间位置变化。方法:研究对象为接受后路椎弓根螺钉系统矫正手术的 22 例右胸主弯的青少年特发性脊柱侧凸患者。通过三维重建 CT 测量患者术前、术后 1 周、术后 2 年主动脉位置和顶椎旋转畸形情况,测量参数包括主动脉-椎体距离、主动脉-椎体角、主动脉-椎管距离、左侧椎弓根螺钉长度和顶椎旋转角。通过 X 线片测量胸主弯的 Cobb 角和胸椎后凸角。结果:术前主胸弯 Cobb 角为 $57.5^{\circ} \pm 9.8^{\circ}$, 术后 1 周矫正至 $13.6^{\circ} \pm 6.5^{\circ}$, 术后 2 年时为 $16.2^{\circ} \pm 6.8^{\circ}$; 主胸弯 Cobb 角矫正率术后 1 周时为 77.5%, 术后 2 年时为 73.3%。术前顶椎轴面旋转角为 $29.4^{\circ} \pm 9.3^{\circ}$, 术后 1 周矫正至 $14.6^{\circ} \pm 6.9^{\circ}$, 术后 2 年时为 $17.4^{\circ} \pm 6.8^{\circ}$; 顶椎旋转畸形的矫正率术后 1 周时为 49.5%, 术后 2 年时为 39.7%。主动脉-椎体距离在 T6~T11 节段术前显著大于术后 1 周 ($P < 0.05$); 在 T7~T9 节段术后 2 年显著大于术后 1 周 ($P < 0.05$)。主动脉-椎体角在 T5~T11 节段术前显著大于术后 1 周 ($P < 0.05$); 在 T7~T10 节段术后 2 年显著大于术后 1 周 ($P < 0.05$)。主动脉-椎管距离在 T7~T11 节段术前显著小于术后 1 周 ($P < 0.05$); 在 T6~T10 节段术后 2 年显著小于术后 1 周 ($P < 0.05$)。结论:右胸主弯的青少年特发性脊柱侧凸患者中,术后主动脉相对于脊柱的位置较术前向前内侧移位,术后 2 年较术后向后外侧移位。在使用椎弓根螺钉系统治疗特发性脊柱侧凸的手术中应该避免椎弓根螺钉穿出椎体前皮质或者椎弓根外侧皮质而导致主动脉损伤。

【关键词】青少年特发性脊柱侧凸;主动脉;椎弓根;螺钉;位置

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.08.03

中图分类号:R682.3, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-08-0684-06

The changes of relative position of the aorta after posterior instrumentation in adolescent idiopathic thoracic scoliosis/CUI Guanyu, TIAN Wei, LIU Bo, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(8): 684-689

【Abstract】Objectives: To evaluate the relative spatial position between the aorta and the vertebral body in pre-operation, one-week post-operation and 2 years post-operation in adolescent idiopathic thoracic scoliosis (AIS). Methods: All 22 AIS patients with right-sided major thoracic curve who received posterior correction and instrumentation with pedicle screw construct were included in this study. The position of the aorta and the apical vertebral rotational deformity was evaluated by the measurement of the following parameters in three-dimensional reconstructed CT: aorta-vertebral distance, aorta-vertebral angle, aorta-spinal canal distance, left pedicle screw length and the apical vertebral axial rotational angle (AVR). Cobb angle and thoracic kyphosis were measured in the X-ray film. Results: The mean Cobb angle was corrected from $57.5^{\circ} \pm 9.8^{\circ}$ to $13.6^{\circ} \pm 6.5^{\circ}$ after surgery and settled at $16.2^{\circ} \pm 6.8^{\circ}$ at 2 years follow-up. The correction rate of the major thoracic curve was 77.5% after operation and 73.3% in 2 years follow-up. AVR was also corrected from $29.4^{\circ} \pm 9.3^{\circ}$ to $14.6^{\circ} \pm 6.9^{\circ}$ after surgery. The figure rebounded slightly to $17.4^{\circ} \pm 6.8^{\circ}$ at 2 years follow-up with a correction rate of 49.5% after surgery and 39.7% at 2 years follow-up. For the region between T6 and T11, the measured aorta-vertebral distances were significantly longer as compared to one week after surgery. Corre-

基金项目:本课题受国家自然科学基金资助(项目编号:81201433)

第一作者简介:男(1980-),主治医师,医学硕士,研究方向:脊柱外科

电话:(010)58516688-6934 E-mail:gycai98@163.com

通讯作者:田伟 E-mail:tianweijst@vip.163.com

spondingly, the distances measured from T7-T9 segment at 2 years follow-up were also significantly longer than those measured one week after surgery ($P<0.05$). As far as the aorta-vertebral angle is concerned, the measurements taken from T5-T11 segment prior to surgery were significantly greater than those taken one week afterward. For T7-T10 segment, the aorta-vertebral angles measured at 2 years follow-up were significantly higher than one week after surgery ($P<0.05$). With regard to the aorta-spinal canal distances, the pre-operational values of T7-T11 segment, were significantly shorter than those one week after surgery. For T6-T10 segment, the aorta-spinal canal distances at 2 years follow-up were significantly shorter in comparison to the earlier measurements taken one week after surgery ($P<0.05$). **Conclusions:** In right-sided major thoracic curve AIS patients, the aorta moved anteromedially relative to the spine after posterior correction and instrumentation, while in the 2 years follow-up, the aorta moved posterolaterally. In the treatment of AIS with posterior pedicle screw construct, it was essential to evade the penetration of anterior vertebral cortex or pedicle later cortex by pedicle screw which may cause aorta injury.

【Key words】 Adolescent idiopathic scoliosis; Aorta; Pedicle screw; Position

【Author's address】 Department of Spinal Surgery, Fourth Medical College of Peking University (Beijing Jishuitan Hospital), Beijing, 100035, China

后路椎弓根螺钉系统已经越来越广泛的应用于青少年特发性脊柱侧凸的手术治疗。和椎板下钢丝以及椎板钩、横突钩系统相比,椎弓根螺钉系统在治疗青少年特发性脊柱侧凸上具有更大的三维矫正能力并能更好地保持矫正的效果^[1,2]。和前路侧凸矫正手术相比,后路手术有入路简单、创伤小等优点。但是,如果后路椎弓根螺钉技术掌握不好或者应用不当,可能产生严重的后果。目前已有和主动脉相邻的椎弓根螺钉导致迟发性主动脉损伤的报道^[3-10],其中包括后路侧凸矫正术^[7,8]。相关研究显示前路脊柱侧凸矫正手术后主动脉的位置相对于脊柱的位置向前内侧移动^[11,12],后路脊柱侧凸矫正手术后主动脉相对于脊柱的位置也向前内侧移动^[13],但是目前还没有后路脊柱侧凸矫正手术术后随访时主动脉相对于脊柱位置变化的相关报道。本研究通过三维重建 CT 测量分析青少年特发性脊柱侧凸后路矫正手术术后 1 周以及术后 2 年随访时主动脉相对于脊柱的位置变化,为青少年特发性脊柱侧凸后路矫正手术治疗提供理论依据。

1 资料和方法

1.1 临床资料

研究对象包括 2005 年 10 月~2007 年 8 月接受椎弓根螺钉系统进行后路矫正手术的 22 例(男 3 例,女 19 例)特发性脊柱侧凸患者,侧凸均为右胸主弯,排除标准包括先天性侧凸及左胸主弯。其中 Lenke I 型 18 例,Lenke III 型 4 例。患者年龄 10~16 岁,平均 13.1 ± 1.8 岁,Risser 征 0 级 7 例,2

级 4 例,3 级 3 例,4 级 8 例。胸主弯的顶椎在 T8 者 5 例,T9 者 13 例,T10 者 4 例。

1.2 测量方法

所有的患者均行术前正侧位、左右侧屈侧位、卧位牵引、术后正侧位、术后 2 年正侧位的脊柱全长片以及术前、术后、术后 2 年 1mm 层厚的仰卧位胸、腰椎 CT 扫描检查。使用图像分析软件 Real INTAGE(东京,日本)对获取的 CT 数据进行三维重建和测量,该软件能够进行精度为 0.1mm 的长度和 0.1° 的角度测量。由于脊柱畸形影响直接测量,使用 Real INTAGE 图像分析软件对获取的每一椎体(T5~L2)的 CT 数据进行如下处理,获得一张轴面重建 CT 图像进行测量。首先获得在冠状面上平行于上终板的重建图像(图 1a),然后进一步重建获得在矢状面上平行于上终板的图像(图 1b)。在这些重建后的图像中,通过椎弓根中心的轴面重建 CT 图像被用于测量(图 2)。在 T5~L2 的该轴面重建 CT 图像上测量如下参数:(1)主动脉-椎体距离:为主动脉外侧壁到椎体的最近距离(BC);(2)主动脉-椎体角:为椎体轴线 AE 与椎体中心到主动脉中心连线 AO 的夹角(α);(3)主动脉-椎管距离:为主动脉外侧壁到椎管前缘的距离(FD);(4)顶椎轴面旋转角:顶椎轴线和矢状面的夹角(β ,根据 Aaro 法^[14]);(5)左侧椎弓根螺钉长度:从椎弓根螺钉入点 G 经过椎弓根中心到椎体前皮质的距离(GH)。

在 X 线片上测量主胸弯的 Cobb 角和胸椎后凸角(T5~T12)。

1.3 统计学分析

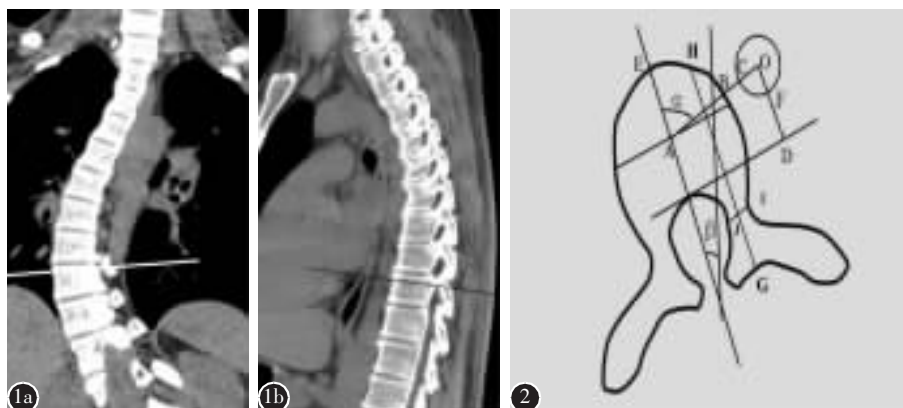


图 1 首先获得在冠状面上平行于上终板的重建图像(a), 然后进一步重建获得在矢状面上平行于上终板的图像(b), 每一椎体获取通过椎弓根中心的轴面重建 CT 图像进行测量 图 2 在 T5~L2 椎体的轴面重建 CT 图像测量主动脉-椎体距离(BC)、主动脉-椎体角(α)、主动脉-椎管距离(FD)和左侧椎弓根螺钉长度(GH)并在顶椎测量顶椎轴面旋转角(β)

Figure 1 Obtained CT data was individually adjusted to the coronal plane(a), then to the sagittal plane(b) for each vertebra to obtain an axial section that passed through the center of pedicle **Figure 2** Aorta-vertebral distance(BC), aorta-vertebral angle(α), aorta-spinal canal distance(FD) and left pedicle screw length(GH) were measured in reconstructed axial section from T5 to L2. The apical vertebral axial rotational angle(β) was measured in apical vertebra.

采用 SPSS 13.0 统计软件分析处理。采用配对 t 检验比较 T5~L2 每一椎体术前、术后 1 周和术后 2 年相关测量值。用 Pearson 相关分析脊柱畸形和主动脉位置的相关性。以 $P < 0.05$ 为有统计学差异。

2 结果

18 例 Lenke I 型患者手术融合节段为胸弯, 4 例 Lenke III 型手术融合节段包括胸弯和腰弯, 平均融合 9.2 ± 1.8 (7~13) 节椎体, 在运动诱发电位监测下用徒手置入螺钉方法总共使用了 368 枚椎弓根螺钉, 其中左侧 178 枚, 右侧 190 枚。术中置入螺钉后常规拍片确认螺钉位置。置入螺钉相关的并发症包括一例使用丝弓后出现脑脊液漏而放弃在该侧置入螺钉。另外有 2 枚螺钉在置入螺钉后拍片发现位置偏内侧、3 枚螺钉偏外侧, 取出螺钉探查发现有椎弓根内侧壁、椎体前皮质或者外侧皮质穿透而进行椎弓根螺钉重新置入。

2.1 畸形矫正

术前主胸弯 Cobb 角为 $57.5^\circ \pm 9.8^\circ$ ($41.5^\circ \sim 78.8^\circ$), 术后 1 周矫正至 $13.6^\circ \pm 6.5^\circ$ ($4.5^\circ \sim 25.8^\circ$), 术后 2 年时为 $16.2^\circ \pm 6.8^\circ$ ($6.3^\circ \sim 27.9^\circ$)。最初矫正率为 77.5%, 术后 2 年的矫正率为 73.3%。

术前顶椎轴面旋转角为 $29.4^\circ \pm 9.3^\circ$ ($19.8^\circ \sim 46.5^\circ$), 术后 1 周矫正至 $14.6^\circ \pm 6.9^\circ$ ($6.5^\circ \sim 29.2^\circ$),

术后 2 年时为 $17.4^\circ \pm 6.8^\circ$ ($8.3^\circ \sim 31.9^\circ$)。最初矫正率为 49.5%, 术后 2 年的矫正率为 39.7%。

术前胸椎后凸角为 $25.4^\circ \pm 8.5^\circ$ ($11.8^\circ \sim 49.5^\circ$), 术后 1 周为 $21.4^\circ \pm 7.2^\circ$ ($9.5^\circ \sim 40.2^\circ$), 术后 2 年时为 $22.8^\circ \pm 7.8^\circ$ ($10.3^\circ \sim 41.9^\circ$)。

2.2 主动脉-椎体距离

术前主动脉-椎体距离在 T6 最大, 由 T6~L2 逐渐减少。术后 1 周主动脉-椎体距离从 T5 的 5mm 减少到 L2 的 3.1mm; 除了 L2 外, 其余椎体节段术前主动脉-椎体距离大于术后 1 周, 在 T6~T11 节段术前、术后 1 周的差异有统计学意义 (配对 t 检验, $P < 0.05$, 表 1)。术后 2 年术后主动脉-椎体距离从 T5 的 4.9mm 减少到 L2 的 2.8mm, 在 T7~T9 节段术后 2 年显著大于术后 1 周 (配对 t 检验, $P < 0.05$, 表 1)。

2.3 主动脉-椎体角

术前主动脉-椎体角在 T7 最大, 向下至 L2 逐渐减小。术后 1 周椎体-主动脉距离从 T6 的 80.6° 减少至 L2 的 15.7° 。除了 L2 外, 其余椎体节段术前主动脉-椎体角大于术后 1 周, 在 T5~T11 节段术前、术后 1 周的差异有统计学意义 (配对 t 检验, $P < 0.05$, 表 1)。术后 2 年主动脉-椎体角从 T6 的 83.8° 减少至 L2 的 13.6° , 在 T7~T10 节段术后 2 年显著大于术后 1 周 (配对 t 检验, $P < 0.05$, 表 1)。

2.4 主动脉-椎管距离

术前主动脉-椎管距离从 T5 的 6.7mm 逐渐减少至 T7 的 -0.6mm, 然后增加到 L2 的 25.6mm。术后 1 周主动脉-椎管距离从 T5 的 6.6mm 减少到 T6 的 2.4mm, 然后增加到 L2 的 25.6mm。从 T7~T11 术后 1 周主动脉-椎管距离显著大于术前 (配对 t 检验, $P<0.05$, 表 1)。术后 2 年主动脉-椎管距离从 T5 的 6.2mm 减少到 T6 的 1.0mm, 然后增加到 L2 的 25.9mm。在 T6~T10 节段术后 1 周主动脉-椎管距离显著大于术后 2 年 (配对 t 检验, $P<0.05$, 表 1)。

2.5 左侧椎弓根螺钉长度

椎弓根螺钉长度从 T5 的 33.5 ± 2.8 mm 逐渐增加到 L2 的 45.3 ± 4.9 mm (表 2)。

Pearson 检验显示术前、术后 1 周以及术后 2 年的主动脉-椎体距离和 Cobb 角、顶椎旋转角、胸椎后凸角都没有明显相关。术前、术后 1 周以及术后 2 年的主动脉-椎体角、主动脉-椎管距离和胸椎后凸角、顶椎旋转角明显相关, 但是和 Cobb 角没有明显相关。术后 1 周主动脉-椎体角 ($P=0.005$)、主动脉-椎管距离 ($P=0.011$) 相对术前的变化与顶椎旋转角的变化明显相关, 与 Cobb 角、胸椎后凸角的变化无明显相关。术后 2 年主动脉-椎体角 ($P=0.023$)、主动脉-椎管距离 ($P=0.036$) 相对术后 1 周的变化与顶椎旋转角的变化明显相关, 与 Cobb 角、胸椎后凸角的变化无明显

相关。而主动脉-椎体距离的变化和 Cobb 角、顶椎旋转角、胸椎后凸角的变化都没有明显相关。术后 1 周主动脉-椎体距离、主动脉-椎体角和主动脉-椎管距离相对术前的变化与固定融合节段无明显相关。

3 讨论

本文通过对 CT 重建图像的测量比较了青少年特发性脊柱侧凸患者术前、术后 1 周和术后 2 年随访时主动脉相对于脊柱 (T5~L2) 位置的变化。我们发现术后主动脉相对于脊柱向前内侧移位, 表现为在侧凸的顶点附近主动脉-椎体距离减小, 主动脉-椎体角减小, 主动脉-椎管距离增加。术后 2 年主动脉相对于脊柱向后外侧移位, 表现为侧凸的顶点附近主动脉-椎体距离增加, 主动脉-椎体角增加, 主动脉-椎管距离减少。

不少相关研究报道了青少年特发性脊柱侧凸患者主动脉的位置特点和手术后主动脉的位置变化。Sevastie 等^[15]和 Sucato 等^[16]报道了胸椎特发性脊柱侧凸患者和正常人相比中, 其主动脉相对于脊柱的位置偏向后外侧。Bullmann 等^[11]通过对 25 例行前路矫正手术的特发性脊柱侧凸患者术前 MRI 和术后 CT 的测量来分析术后主动脉位置变化, 发现术后主动脉相对于脊柱向前内侧移位。Takeshita 等^[13]通过 22 例胸主弯行后路脊柱侧凸矫正手术患者术前、术后的 CT 进行测量, 发现术

表 1 AIS 患者主动脉相对于椎体位置变化相关参数测量结果

($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Results of the measured parameters of aorta's position relative to the spine in AIS patients

| 椎体 节段 Vertebral segment | 主动脉-椎体距离(mm) Aorta-vertebral distance | | | 主动脉-椎体角(°) Aorta-vertebral angle | | | 主动脉-椎管距离(mm) Aorta-spinal canal distance | | |
|----------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|--|---|---|--|---|
| | 术前 Pre- operation | 术后 1 周 1-week post- operation | 术后 2 年 2 years post- operation | 术前 Pre- operation | 术后 1 周 1-week post- operation | 术后 2 年 2 years post- operation | 术前 Pre- operation | 术后 1 周 1-week post- operation | 术后 2 年 2 years post- operation |
| T5 | 5.2±2.1 | 5.0±1.9 | 4.9±1.9 | 73.6±20.5 | 62.3±21.4 ^① | 66.5±21.2 | 6.7±8.2 | 6.6±6.7 | 6.2±6.5 |
| T6 | 5.7±1.8 | 4.1±1.7 ^① | 4.0±1.2 | 88.8±17.5 | 80.6±14.0 ^① | 83.8±15.6 | 2.5±7.6 | 2.4±5.4 | 1.0±4.4 ^② |
| T7 | 5.1±1.3 | 3.8±1.1 ^① | 4.3±1.7 ^② | 93.8±15.5 | 76.7±13.2 ^① | 82.6±13.4 ^② | -0.6±6.2 | 2.5±4.7 ^① | 1.1±5.3 ^② |
| T8 | 4.9±1.5 | 3.6±1.1 ^① | 4.2±1.7 ^② | 91.1±15.0 | 75.4±11.0 ^① | 83.9±12.4 ^② | 1.7±6.0 | 2.6±5.6 ^① | 1.1±5.6 ^② |
| T9 | 4.8±1.5 | 3.6±1.0 ^① | 4.1±2.0 ^② | 88.5±14.3 | 72.6±13.2 ^① | 81.2±12.8 ^② | 3.1±5.5 | 6.1±5.9 ^① | 3.3±5.5 ^② |
| T10 | 4.2±1.2 | 3.4±1.4 ^① | 3.6±1.8 | 77.9±17.3 | 63.8±12.4 ^① | 68.9±17.7 ^② | 9.5±7.6 | 11.2±6.5 ^① | 8.2±6.1 ^② |
| T11 | 3.8±1.2 | 3.2±0.9 ^① | 3.3±1.2 | 63.1±19.5 | 51.4±13.9 ^① | 54.9±16.5 | 16.2±6.9 | 17.2±7.8 ^① | 16.2±5.9 |
| T12 | 3.5±1.2 | 3.2±0.7 | 3.2±1.2 | 41.5±32.7 | 36.8±23.0 | 40.2±26.1 | 19.6±6.9 | 20.2±7.0 | 19.3±6.4 |
| L1 | 3.5±1.3 | 3.0±1.0 | 2.9±1.0 | 25.2±37.0 | 21.1±30.6 | 23.2±25.0 | 22.5±5.4 | 21.6±5.9 | 22.1±6.1 |
| L2 | 2.8±0.9 | 3.1±0.8 | 2.8±1.0 | 14.3±31.6 | 15.7±30.5 | 13.6±23.3 | 25.6±4.2 | 25.6±5.0 | 25.9±4.3 |

注: ①与术前比较 $P<0.05$; ②与术后 1 周比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with pre-operation, $P<0.05$; ②Compared with 1-week post-operation, $P<0.05$

表 2 T5-L2 左侧椎弓根螺钉长度
Table 2 T5-L2 left pedicle screw length

| 椎体节段 Vertebral segment | 左侧椎弓根螺钉长度 Left pedicle screw length |
|---------------------------|--|
| T5 | 33.5±2.8mm |
| T6 | 35.8±3.5mm |
| T7 | 38.3±4.3mm |
| T8 | 40.2±4.0mm |
| T9 | 41.2±4.3mm |
| T10 | 41.4±4.9mm |
| T11 | 41.7±4.7mm |
| T12 | 42.5±4.8mm |
| L1 | 43.6±4.5mm |
| L2 | 45.3±4.9mm |

后主动脉相对于脊柱的位置向前内侧移动。

认识主动脉的位置和位置变化特点是为了减少主动脉损伤相关的并发症。T5~L2 节段左侧椎弓根螺钉穿出前皮质或者外侧皮质就有损伤主动脉的风险。Minor 等^[7]报道了 1 例脊柱侧凸矫正术后在随访中发现 T5 左侧椎弓根螺钉穿出椎弓根外侧皮质损伤主动脉并且椎弓根螺钉尖进入到主动脉管腔内, 采取经股动脉置入主动脉支架、再移除椎弓根螺钉的方法治疗。Choi 等^[8]报道了 1 例侧后凸患者术后 11 月椎弓根螺钉损伤主动脉, 椎弓根螺钉被移除后假性动脉瘤形成, 3 周后再次通过开胸行假性动脉瘤切除血管置换手术治疗。Liljenqvist 等^[17]报告在 32 例行后路矫正手术的青少年特发性脊柱侧凸患者中, 有 25% 胸椎椎弓根螺钉穿出椎弓根皮质或者椎体前皮质, 其中一枚螺钉因为靠近主动脉而行再次手术调整了位置。Wagner 等^[18]对 3 个机构 220 例接受后路椎弓根螺钉系统矫正手术并行直接椎体去旋转的胸椎侧凸患者进行回顾性分析, 通过术后 CT 发现 6 例患者椎弓根螺钉和主动脉接触而进行翻修手术移除螺钉, 另外在 1 例患者术中发现椎体去选择操作中螺钉突破外侧皮质而直接移除。Di Silvestre 等^[19]回顾分析接受后路椎弓根螺钉系统治疗的 115 例胸椎弯患者中有 3 例因为通过 CT 扫描发现椎弓根螺钉距离主动脉小于 5mm 而在术后数天再次手术移除螺钉或者用椎板钩来替代, 作者认为突出皮质的椎弓根螺钉距离椎动脉小于 5mm 时就应该再次手术移除螺钉以避免迟发性主动脉损伤的风险。Faro 等^[20]用小牛作为动物模型用 CT、组织学和生物力学检查来评价受穿出胸

椎椎体皮质椎弓根螺钉压迫的主动脉, 发现和主动脉相邻的螺钉会导致主动脉壁受到侵蚀, 血管壁胶原纤维减少、弹性纤维断裂, 主动脉承受的压力明显下降。侧凸患者的主动脉偏向后外侧, 这使得椎动脉相对离椎弓根螺钉通道较远, 但是手术后主动脉靠近椎体并向前移位, 这样主动脉就靠近了椎弓根螺钉通道。胸椎左侧的椎弓根螺钉偏向外侧穿出椎体前皮质或者椎弓根外侧皮质时就会接触主动脉。本组病例术中拍片之后调整了 5 枚螺钉, 另外术后 CT 扫描显示有 8 例患者中 17 枚螺钉穿出椎体前皮质, 9 枚螺钉穿出椎体外侧皮质, 其中有 3 枚螺钉和主动脉相毗邻, 所幸的是所使用的是使用的为 2 枚长 35mm、1 枚长 40mm 的螺钉, 螺钉尖部和主动脉外壁距离 4~6mm, 对主动脉壁无明显挤压, 主动脉无形变, 患者在随访中尚未表现不适。

Liu 等^[21]通过 CT 测量发现右胸主弯的青少年特发性脊柱侧凸患者中, T10 节段主动脉受椎弓根螺钉损伤的风险最大, 然后是 T4、T11 和 T9。本研究测量结果显示, 这几个节段中除了 T4, 其余节段术后和术后 2 年主动脉相对椎弓根螺钉的位置都发生了变化。

本测量结果显示主动脉-椎体角、主动脉-椎管距离在 T7 和 T8 附近最大, 表明该部位主动脉偏后。主动脉-椎体距离随着椎体向下逐渐减小, 表明主动脉从胸椎到腰椎离椎体越来越近。后路手术矫正侧凸和椎体旋转畸形后主动脉-椎体距离减小, 从 T7 到 T12 主动脉-椎体距离小于 4mm。侧凸和椎体旋转畸形的矫正伴随着主动脉-椎体角的减少和主动脉-椎管距离的增加, 加上主动脉的搏动, 穿出椎体前皮质的螺钉就容易导致主动脉损伤。手术中也不能因为要避免主动脉损伤而一味用短螺钉, 短螺钉会减少椎体对螺钉的把持力。本测量结果显示除了 T5 椎弓根螺钉小于 35mm, 其余节段都可以用 35mm 以上螺钉。在手术中主要靠探针探到椎体前皮质测量实际的入点到椎体前皮质的距离来确定椎弓根螺钉长度。

术后 2 年的随访 CT 和术后 1 周的 CT 测量比较显示主动脉-椎体距离增加, 主动脉-椎体角增加, 主动脉-椎管距离减少, 即术后主动脉相对于椎体仍有相对位置移动。这种主动脉和椎体间的相对位置移动加上主动脉搏动可能导致穿出椎

体前皮质或者椎弓根外侧皮质的椎弓根螺钉损伤主动脉。

综上所述,右胸主弯的青少年特发性脊柱侧凸患者后路矫正手术后主动脉相对于脊柱术后较术前向前内侧移位,术后 2 年较术后向后外侧移位。偏向外侧穿出椎体前皮质或者椎弓根外侧皮质的椎弓根螺钉容易导致主动脉损伤,手术中要准确置入椎弓根螺钉并准确测量允许置入的椎弓根螺钉长度,避免螺钉穿出椎体前皮质或者椎弓根外侧皮质。

4 参考文献

1. Dobbs MB, Lenke LG, Kim YJ, et al. Selective posterior thoracic fusions for adolescent idiopathic scoliosis: comparison of hooks versus pedicle screws[J]. Spine, 2006, 31(20): 2400–2404.
2. Cuartas E, Rasouli A, O'Brien M, et al. Use of all-pedicle-screw constructs in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2009, 17(9): 550–561.
3. Wegener B, Birkenmaier C, Fottner A, et al. Delayed perforation of the aorta by a thoracic pedicle screw[J]. Eur Spine J, 2008, 17(Suppl 2): S351–S354.
4. Kakkos SK, Shepard AD. Delayed presentation of aortic injury by pedicle screws: report of two cases and review of the literature[J]. J Vasc Surg, 2008, 47(5): 1074–1082.
5. Loh SA, Maldonado TS, Rockman CB, et al. Endovascular solutions to arterial injury due to posterior spine surgery [J]. J Vasc Surg, 2012, 55(5): 1477–1481.
6. Kokotsakis J, Misthos P, Sakellaris T, et al. Emergent endovascular repair as damage control step of aortic injury after posterior spinal instrumentation[J]. Ann Thorac Surg, 2010, 89(4): 1304.
7. Minor ME, Morrissey NJ, Peress R, et al. Endovascular treatment of an iatrogenic thoracic aortic injury after spinal instrumentation: case report[J]. J Vasc Surg, 2004(39): 893–896.
8. Choi JB, Han JO, Jeong JW. False aneurysm of the thoracic aorta associated with an aorto-chest wall fistula after spinal instrumentation[J]. J Trauma, 2001(50): 140–143.
9. Tschöcke SK, Gahr P, Krug L, et al. Late diagnosis of pedicle screw malplacement with perforation of the thoracic aorta after posterior stabilization in a patient with multiple myeloma: case report[J]. Spine, 2011, 36(13): E886–890.
10. Watanabe K, Yamazaki A, Hirano T, et al. Descending aortic injury by a thoracic pedicle screw during posterior reconstructive surgery: a case report[J]. Spine, 2010, 35(20): E1064–1068.
11. Bullmann V, Fallenberg EM, Meier N, et al. The position of the aorta relative to the spine before and after anterior instrumentation in right thoracic scoliosis[J]. Spine, 2006(31): 1706–1713.
12. Wang W, Zhu Z, Zhu F, et al. The changes of relative position of the thoracic aorta after anterior or posterior instrumentation of type I Lenke curve in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Eur Spine J, 2008, 17(8): 1019–1026.
13. Takeshita K, Maruyama T, Nakao Y, et al. Aorta movement in patients with scoliosis after posterior surgery [J]. Spine, 2010, 35(26): E1571–1576.
14. Aaro S, Dahlborn M. Estimation of vertebral rotation and the spinal and rib cage deformity in scoliosis by computer tomography[J]. Spine, 1981(6): 460–467.
15. Sevastik B, Xiong B, Hedlund R, et al. The position of the aorta in relation to the vertebra in patients with idiopathic thoracic scoliosis[J]. Surg Radiol Anat, 1996, 18(1): 51–56.
16. Sucato DJ, Duchene C. The position of the aorta relative to the spine: a comparison of patients with and without idiopathic scoliosis [J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(8): 1461–1469.
17. Liljenqvist UR, Halm HF, Link TM. Pedicle screw instrumentation of the thoracic spine in idiopathic scoliosis [J]. Spine, 1997, 22(19): 2239–2245.
18. Wagner MR, Flores JB, Sanpera I, et al. Aortic abutment after direct vertebral rotation: plowing of pedicle screws [J]. Spine, 2011, 36(3): 243–247.
19. Di Silvestre M, Parisini P, Lolli F, et al. Complications of thoracic pedicle screws in scoliosis treatment[J]. Spine, 2007, 32(15): 1655–1661.
20. Faro F, Farnsworth CL, Shapiro GS, et al. Thoracic vertebral screw impingement on the aorta in an in vivo bovine model [J]. Spine, 2005, 30(21): 2406–2413.
21. Liu J, Shen J, Zhang J, et al. The position of the aorta relative to the spine for pedicle screw placement in the correction of idiopathic scoliosis[J]. J Spinal Disord Tech, 2012, 25(4): E103–107.

(收稿日期:2012-07-20 末次修回日期:2013-04-16)

(英文编审 蒋欣/党磬)

(本文编辑 彭向峰)