

双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形治疗 Lenke 1 型青少年特发性脊柱侧凸

张 伟, 李 明, 朱晓东, 吴大江, 易红蕾, 陈家瑜, 魏显招, 吴 冰, 张涤清

(第二军医大学附属长海医院骨科 200433 上海市)

【摘要】目的:观察双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形治疗 Lenke 1 型青少年特发性脊柱侧凸(AIS)的临床疗效。**方法:**2007 年 1 月~2008 年 12 月采用后路双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形手术治疗 Lenke 1 型 AIS 患者 36 例,其中男 7 例,女 29 例,年龄 11~18 岁,平均 15.3 岁,术前胸椎侧凸角度均 $<75^{\circ}$,且侧凸柔韧性均 $>50\%$ 。测量术前和术后冠状面主胸弯 Cobb 角、胸椎矢状面 Cobb 角、C7 铅垂线与骶骨正中矢状线(CSVL)的距离、C7 铅垂线与 S1 椎体后上角的垂直距离、双侧肋骨后凸的高度差(RH)、顶椎上下横突侧方 5 个肋间距总和的左右侧差值(ARSD)、胸弯顶椎椎体外侧缘至两侧胸壁距离的比值(AVB-R),分析临床疗效。**结果:**手术时间 150~240min,平均 176min;术中失血量 460~1100ml,平均 840ml。术中无脊髓、重要神经及血管损伤,1 例患者术后出现左侧胸腔积液,2 例患者术后 2 周出现伤口浅表感染。随访 1.6~3.2 年,平均 2.06 年。主胸弯冠状面 Cobb 角由术前 $56.7^{\circ}\pm 8.0^{\circ}$ 矫正为 $14.1^{\circ}\pm 6.0^{\circ}$ ($P<0.05$),末次随访($17.2^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$)与术后比较无显著性差异($P>0.05$)。胸椎矢状面 Cobb 角由术前的 $28.9^{\circ}\pm 7.9^{\circ}$ 减小为 $21.9^{\circ}\pm 10.6^{\circ}$ ($P<0.05$),末次随访($24.3^{\circ}\pm 5.1^{\circ}$)与术后比较无显著性差异($P>0.05$)。矢状面 C7 铅垂线与 S1 椎体后上角的垂直距离由术前 $-11.7\pm 12.1\text{mm}$ 变为术后 $-1.4\pm 9.4\text{mm}$ ($P<0.05$),末次随访($-2.7\pm 4.7\text{mm}$)与术后比较无显著性差异($P>0.05$)。RH、ARSD、AVB-R 术前分别为 $37.7\pm 5.8\text{mm}$ 、 $20.1\pm 6.6\text{mm}$ 和 1.56 ± 0.16 ,术后分别为 $19.3\pm 6.9\text{mm}$ 、 $8.1\pm 4.7\text{mm}$ 和 1.22 ± 0.20 ,差异有显著性($P<0.05$)。C7 铅垂线与 CSVL 的距离术前、术后及末次随访无显著性差异($P>0.05$)。随访期间未发现内固定失败征象。**结论:**双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形治疗柔韧性好的轻中度 Lenke 1 型 AIS 可以获得良好的三维矫形效果。

【关键词】青少年特发性脊柱侧凸;矫形手术;双侧间隔置钉;椎弓根

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2011.02.02

中图分类号:R682.3,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2011)-02-0093-05

Bilateral interval pedicle screw placement for Lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis/ZHANG Wei, LI Ming, ZHU Xiaodong, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(2): 93-97

【Abstract】 Objective: To investigate the clinical efficacy of the bilateral interval pedicle screw placement for Lenke 1 adolescent idiopathic scoliosis(AIS). **Method:** 36 patients(7 males and 29 females) with Lenke 1 AIS (mean age, 15.3 years) underwent posterior fusion using bilateral interval pedicle screw placement. All patients had preoperative coronal Cobb angle of main thoracic curve less than 75° and the flexibility greater than 50%. The following variables including pre- and post-operative sagittal and coronal Cobb angles, the distance between the C7 plumbline and the center sacral vertical line (CSVL), the distance between the C7 plumbline and the perpendicular line drawn from the superior posterior endplate of the S1 vertebral body [sagittal sacral vertical line(SSVL)], rib hump(RH), apical rib spread difference(ARSD), apical vertebral body-rib ratio(AVB-R) were measured and the clinical outcomes were analyzed. **Result:** The average operation time was 176min (range, 150~240min), and the average blood loss was 840ml (range, 460~1100ml). No neurovascular injury was noted. 1 case was complicated with left pleural effusion, and 2 cases were complicated with superficial wound infection 2 weeks after operation. Coronal Cobb angle of major curve decreased significantly from $56.7^{\circ}\pm 8.0^{\circ}$ preoperatively to $14.1^{\circ}\pm 6.0^{\circ}$ of postoperatively($P<0.05$). There was no significant difference between the postoperative thoracic curve and that at the final follow-up (Cobb angle $17.2^{\circ}\pm 3.2^{\circ}$, $P>0.05$). The thoracic sagittal

第一作者简介:男(1971-),主治医师,在读博士,研究方向:脊柱外科(现在中国人民解放军第 401 医院骨科)

电话:(021)81873396 E-mail:401spine@gmail.com

通讯作者:李明 E-mail:limingch@21cn.com

Cobb angle decreased significantly from $28.9^{\circ} \pm 7.9^{\circ}$ preoperatively to $21.9^{\circ} \pm 10.6^{\circ}$ postoperatively ($P < 0.05$). There was no significant difference between postoperative thoracic kyphosis and that at the final follow up (Cobb angle $24.3^{\circ} \pm 5.1^{\circ}$, $P > 0.05$). The distance from the C7 plumbline to the SSVL decreased from -11.7 ± 12.1 mm to -1.4 ± 9.4 mm ($P < 0.05$). There was no significant difference between postoperative distance and that at the final follow up (-2.7 ± 4.7 mm, $P > 0.05$). RH decreased from 37.7 ± 5.8 mm to 19.3 ± 6.9 mm ($P < 0.05$), ARSD decreased from 20.1 ± 6.6 mm to 8.1 ± 4.7 mm ($P < 0.05$), and AVB-R decreased from 1.56 ± 0.16 to 1.22 ± 0.20 ($P < 0.05$). There were no differences between pre-, post-operation and final follow up with regard to the distance from C7 plumbline to the CSVL ($P > 0.05$). No instrument failure was noted during the follow up period. **Conclusion:** Bilateral interval pedicle screw placement can ensure good three-dimensional correction for mild to moderate Lenke 1 AIS.

【Key word】 Adolescent idiopathic scoliosis; Corrective surgery; Bilateral interval pedicle screw fixation; Pedicle

【Authors address】 Department of Orthopedics, Changhai Hospital, Second Military University, Shanghai, 200433, China

青少年特发性脊柱侧凸(AIS)是一种三维畸形,手术治疗的目的是矫正畸形并防止侧凸进展。近年来,椎弓根螺钉技术已经广泛应用于胸椎侧凸的矫形并获得良好的矫正效果和更短的融合节段^[1-4]。椎弓根螺钉内固定治疗 AIS 通常采用的置钉策略是矫形侧融合范围内每个椎体连续置钉以获得最大的矫形力,而在我国由于经济原因矫形侧间隔置钉也经常应用。随着椎体直接去旋转技术的广泛应用,要求每个椎体应有椎体直接去旋转所需的着力点,单纯矫形侧间隔置钉不能提供对每个椎体去旋转所需的着力点,而双侧椎弓根交替间隔置钉使手术中可以对融合范围内每个椎体进行直接去旋转,从而获得椎体轴位像上更好的矫形。目前国内尚没有关于双侧椎弓根交叉间隔置钉椎体直接去旋转治疗 Lenke 1 型 AIS 的疗效的报道。我们设计并应用双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形治疗 Lenke 1 型 AIS,取得良好疗效,报道如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择标准

纳入标准:(1)诊断为 AIS Lenke 1 型^[5];(2)年龄 10~18 岁;(3)柔韧性好的单胸弯,站立前后位 X 线片上 Cobb 角 $< 75^{\circ}$,侧屈位片上矫正率 $> 50\%$ 。排除标准:(1)站立前后位 X 线片上 Cobb 角 $\geq 75^{\circ}$ 或侧屈位片上矫正率 $\leq 50\%$ 。(2)近胸弯需要融合的患者和腰弯修正为 B 或 C 型的需要延长融合节段的患者。

1.2 一般资料

2007 年 1 月~2008 年 12 月共有 36 例诊断

为 Lenke 1 型 AIS 的患者进行了双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形手术。男性 7 例,女性 29 例,年龄 11~18 岁,平均 15.3 岁。侧凸程度按照 Cobb 法测量,术前主胸弯冠状面 Cobb 角 $42^{\circ} \sim 72^{\circ}$,平均 56.7° 。术前胸椎后凸 $5^{\circ} \sim 47^{\circ}$,平均 28.9° 。侧弯柔韧度按照仰卧位最大侧屈片上弯曲矫正程度评价,计算方法:(术前侧凸 Cobb 角-凸侧侧屈位 Cobb 角)/术前 Cobb 角,主凸柔韧性为 $52\% \sim 74\%$,平均 63.6% 。右胸弯 33 例,左胸弯 3 例。顶椎位于 T6~T11。所有患者术前均行全脊柱 MRI 检查排除脊髓神经系统异常。所有数据均由两名脊柱外科医师独立测量获得,并取其平均值。

1.3 手术方法

本组所有患者均由同一组手术人员采用同一手术径路完成,均采用气管插管全麻。固定融合范围为选择性融合主胸弯,即包括 Cobb 法确定的主胸弯和端椎上下各一个椎体内的所有椎体。手术的目的是获得坚强的融合并获得脊柱冠状面和矢状面的平衡。

麻醉成功后,患者俯卧于手术床,骨膜下剥离融合范围内椎体两侧的肌肉至两侧横突。所有椎弓根螺钉均为单轴螺钉,采用徒手椎弓根螺钉置入技术^[6],并行术中透视以确定螺钉的位置和长度。矫形侧和支撑侧顶椎近、远端的椎体均行双侧椎弓根交叉间隔置钉,在上下端椎均行双侧椎弓根置钉。通过转棒和椎体直接去旋转获得畸形的矫正。所有患者未进行截骨手术。双侧按照手术策略置入椎弓根螺钉。将按照正常矢状面预弯好的棒置入矫形侧和支撑侧,同时将矫形棒顺时针方向转棒 90° ,锁紧上下端椎附近行双侧置钉的椎

弓根钉螺帽。然后在顶椎上、下各 2 个椎体椎弓根螺钉上安装去旋转器,去旋转器反方向进行椎体的直接去旋转,依次锁紧完成去旋转后的椎弓根钉螺帽。在融合范围内的远近端分别用横连接将双侧固定棒连接。棘突剪咬除融合范围内棘突,准备植骨床,在融合范围内椎板间、小关节突周围行自体髂骨植骨。术中常规应用皮层诱发电位监测脊髓并进行自体血回输。16 例采用 Moss-Miami 系统固定,20 例采用 Expedium 系统固定。

1.4 疗效观察指标

放射学参数根据站立位脊柱全长正侧位 X 线片获得,包括术前、术后早期(术后 2 个月内)及末次随访时主弯的冠状面 Cobb 角;根据 C7 铅垂线与骶骨正中 line (center sacral vertical line, CSVL) 的距离评价冠状面的平衡;根据 C7 铅垂线与 S1 椎体后上角的垂直距离评价矢状面的平衡, C7 铅垂线位于骶骨后上角的后方矢状面平衡为负值, C7 铅垂线位于骶骨后上角的前方矢状面平衡为正值, C7 铅垂线经过骶骨后上角矢状面平衡为 0。胸椎后凸根据 T5 上终板至 T12 下终板的 Cobb 角确定,腰椎前凸根据 T12 下终板至 S1 上终板的 Cobb 角确定。根据侧位 X 线片上双侧肋骨后凸的高度差(RH)^[6]、前后位 X 线片上顶椎上下横突侧方 5 个肋间距总和的左右侧差值(ARSD)^[7]和胸弯顶椎椎体外侧缘至两侧胸壁距离的比值(AVB-R)^[7]评价椎体的旋转程度(图 1、2)。

1.5 统计方法

采用 SPSS 11.0 软件包(SPSS Inc, 第二军医大学统计教研室)进行统计学分析。数据以平均值±标准差表示。术前术后数据比较采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

手术时间 150~240min, 平均 176min; 术中失血量 460~1100ml, 平均 840ml。平均固定节段为 9.67 个, 平均置钉数目为 12.2 个。手术均顺利完成, 在术中转棒及直接去旋转过程中均未出现椎弓根破裂或螺钉拔出, 无脊髓、重要神经及血管损伤; 1 例患者术后发生左侧胸腔积液, 考虑术中椎弓根螺钉置入过程中损伤胸膜导致反应性渗出所致, 给予左侧胸腔穿刺抽液治疗 7d 后痊愈; 2 例患者术后 2 周出现伤口浅表感染, 经保守治疗 2 周后治愈。随访 1.6~3.2 年, 平均 2.06 年。术后无冠状面和矢状面的失代偿, 主胸弯冠状面 Cobb 角、胸椎矢状面 Cobb 角术后较术前明显变小 ($P < 0.05$), 末次随访与术后比较无显著性差异 ($P > 0.05$); 矢状面 C7 铅垂线与 S1 椎体后上角的垂直距离术后与术前比较有显著性差异 ($P < 0.05$), 末次随访与术后比较无显著性差异 ($P > 0.05$); 术后 RH、ARSD、AVB-R 与术前比较均明显变小 ($P < 0.05$); C7 铅垂线与 CSVL 的距离术前、术后及末次随访之间无显著性差异 ($P > 0.05$) (表 1)。随访期间脊柱 X 线片检查未见螺钉松动、断裂等内固定失败表现, 无假关节形成征象(图 3)。

3 讨论

AIS 是一种复杂的三维畸形, 畸形的矫正取决于多方面的因素。侧凸角度的大小及柔韧性、手术路径及矫形方法、固定点数目多少和内固定器械的类型都是决定 AIS 患者后路矫形手术效果的因素。由于经椎弓根螺钉固定以脊柱中最坚硬的椎弓根为锚定点, 且为贯穿脊柱的三柱结构固定, 因此可以使脊柱获得三维矫形, 与椎板钩相比可以提供更为牢靠的固定和更长的矫形力矩^[9]。因此, 越来越多的脊柱外科医生选用椎弓根螺钉

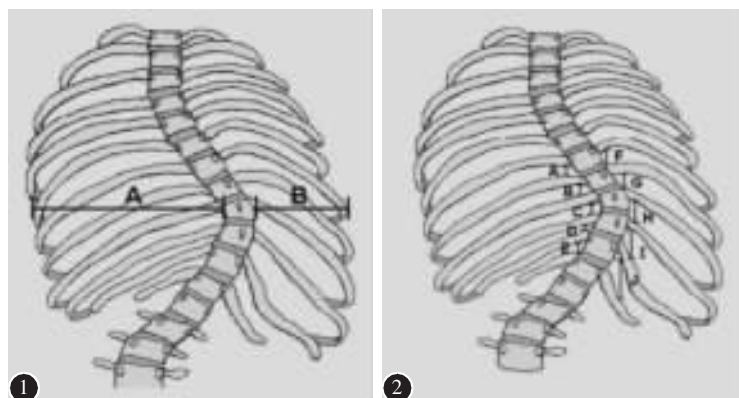


图 1 在脊柱前后位 X 线片上测量胸弯顶椎椎体外侧缘至两侧胸壁距离 (A、B) 的比值 (AVB-R), $AVB-R = A/B$ 图 2 在前后位 X 线片上测量顶椎上下横突侧方 5 个肋间距总和的左右侧差值 (ARSD), $ARSD = (A+B+C+D+E) - (F+G+H+I+J)$

表 1 36 例 Lenke 1 型 AIS 患者手术前后影像学测量情况 ($\bar{x} \pm s$)

	术前	术后	末次随访时
主胸弯侧凸 Cobb 角(°)	56.7±8.0	14.1±6.0 ^①	17.2±3.2 ^{①③}
胸椎后凸 Cobb 角(°)	28.9±7.9	21.9±10.6 ^①	24.3±5.1 ^{①③}
冠状面 C7 铅垂线与骶正中线的距离(mm)	-6.7±14.5	-3.1±7.2 ^②	-3.4±4.1 ^{②③}
矢状面 C7 铅垂线与 S1 椎体后上角距离(mm)	-11.7±12.1	-1.4±9.4 ^①	-2.6±4.7 ^{①③}
RH(mm)	37.7±5.8	19.3±6.9 ^①	—
ARSD(mm)	20.1±6.6	8.1±4.7 ^①	—
AVB-R	1.56±0.16	1.22±0.20 ^①	—

注:RH, 双侧肋骨后凸的高度差;ARSD, 顶椎上下横突侧方 5 个肋间距总和的左右侧差值;AVB-R, 胸弯顶椎椎体外侧缘至两侧胸壁距离的比值;①与术前比较 $P < 0.05$, ②与术前比较 $P > 0.05$, ③与术后比较 $P > 0.05$

系统治疗 Lenke 1 型 AIS 患者。研究表明,即使对于侧凸角度较大的胸椎侧凸畸形,有经验的脊柱外科医生也可以安全准确地置入椎弓根螺钉^[3],并不会增加神经系统损伤等并发症的发生率^[8-10]。在置钉策略上大多选择在矫形侧每个椎体置钉,目的是获得更为牢靠的固定并且在矫形操作过程中可以减少每个椎弓根螺钉上的应力集中。这种方法允许控制包括顶椎在内的每一个椎体,并且

更有利于节段间的加压、撑开、平移和旋转^[7]。所以之前大多数医生采用矫形侧连续置钉的方式来治疗 AIS 患者,取得了良好的临床效果。在我国,由于医疗保险和家庭经济条件等原因,矫形侧间隔置钉也是常采取的一种手术置钉策略,对于柔韧性较好的侧凸患者同样可以获得良好的矫形效果^[11]。而且减少置钉数量还可以增加植骨床的面积从而获得迅速牢固的融合。本组患者中椎弓根螺钉均采用徒手椎弓根螺钉置入技术,手术前后未出现和椎弓根螺钉相关的神经血管并发症,36 例患者平均侧凸矫正度数为 42.6°,平均矫正率为 74%,同时获得了冠状面和矢状面平衡的明显改善,矫形效果优良,优于文献报道的采用全节段椎弓根螺钉固定治疗 AIS 的矫正率^[12],末次随访结果良好,与术后结果比较无统计学差异。一方面本研究选取的患者柔韧性较好(均大于 50%),另外可能与我们全部使用单轴椎弓根螺钉有关,因此可以提供更为强大的矫形力^[13]。

由于椎弓根螺钉强大的矫形力和抗拔出,在脊柱侧凸的矫治中可以获得良好的冠状面和矢状面矫形效果,但单纯利用转棒技术进行椎体的去旋转效果不佳,有学者利用术后 CT 扫描观察顶椎去旋转效果,发现只有 5%左右的矫正率^[14]。

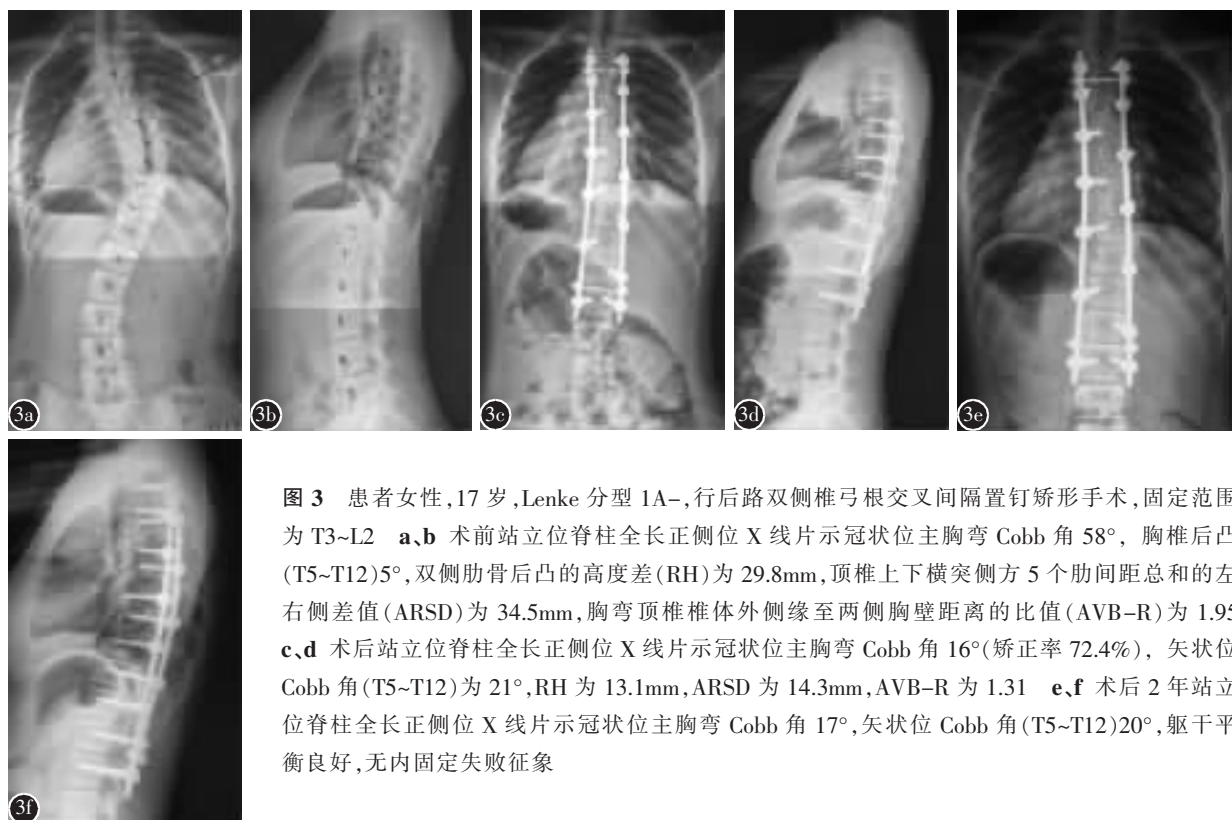


图 3 患者女性,17 岁,Lenke 分型 1A-,行后路双侧椎弓根交叉间隔置钉矫形手术,固定范围为 T3~L2 a、b 术前站立位脊柱全长正侧位 X 线片示冠状位主胸弯 Cobb 角 58°,胸椎后凸(T5~T12)5°,双侧肋骨后凸的高度差(RH)为 29.8mm,顶椎上下横突侧方 5 个肋间距总和的左右侧差值(ARSD)为 34.5mm,胸弯顶椎椎体外侧缘至两侧胸壁距离的比值(AVB-R)为 1.95 c、d 术后站立位脊柱全长正侧位 X 线片示冠状位主胸弯 Cobb 角 16°(矫正率 72.4%),矢状位 Cobb 角(T5~T12)为 21°,RH 为 13.1mm,ARSD 为 14.3mm,AVB-R 为 1.31 e、f 术后 2 年站立位脊柱全长正侧位 X 线片示冠状位主胸弯 Cobb 角 17°,矢状位 Cobb 角(T5~T12)20°,躯干平衡良好,无内固定失败征象

Lee等^[15]提出了椎体直接去旋转的概念,并结合转棒去旋转技术治疗 AIS,术后 CT 扫描结果显示胸椎顶椎获得了 42.5%的矫正率。因此在治疗 AIS 时为了获得更好的三维矫形,对椎体进行直接去旋转操作得到了越来越多脊柱外科医生的认可和应用。但是椎体直接去旋转技术要求每个椎体均有椎弓根螺钉以提供去旋转所需的着力点。为了能够对融合范围内的每个椎体进行直接去旋转,我们设计了双侧椎弓根交叉间隔置钉的手术策略。由于顶椎附近的椎体系交叉间隔置钉,不仅可以对每个椎体进行直接去旋转操作,而且相邻椎体之间不存在相互影响。由于椎弓根内侧壁强度是外侧壁的 3 倍^[15],因此只要螺钉正确置入,在去旋转过程中不必担心发生椎弓根破裂造成的脊髓损伤。本组患者在手术过程中均采用双侧椎弓根交叉间隔置钉的手术策略,同时由于我们对顶椎上、下各 2 个椎体进行了直接去旋转操作,术后椎体旋转程度指标 RH、ARSD、AVB-R 均得到明显改善。应当注意的是,首先应保证胸椎椎弓根螺钉的准确置入,因此在置入螺钉时应本着宁外勿内的原则。选择有良好柔韧性的轻中度胸椎侧凸患者,去旋转时避免过度用力,以免椎弓根螺钉对脊髓造成切割,带来灾难性的后果。

我们认为,对于侧凸角度较小、柔韧性较好的 Lenke 1 型 AIS 患者,利用双侧椎弓根交叉间隔置钉技术治疗可以获得良好的矫形效果,便于对椎体进行直接去旋转操作,可以适当减少椎弓根螺钉的用量,在保证矫形效果的同时可以减轻患者的经济负担。但是,对于侧凸角度较大或者侧凸僵硬的患者可能需要置入较多的螺钉以减小矫形过程中的应力,必要时需要行截骨手术。另外,由于本研究的样本量较小,应用双侧椎弓根交叉间隔置钉的手术策略是否会增加内固定失败等不良后果尚不能得出最终结论,需要大样本量的进一步研究。椎体的去旋转效果评价应用 RH、ARSD 和 AVB-R 等间接证据,而无术后置钉椎体横断面 CT 扫描得到的椎体旋转矫正的直接数据,因而有一定的局限性。

4 参考文献

1. Gaines RW Jr. The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders[J]. J Bone Joint Surg Am, 2000, 82(10): 1458-1476.
2. Suk SI, Kim WJ, Lee SM, et al. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe [J]? Spine, 2001, 26(18): 2049-2057.
3. 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.
4. Belmont PJ Jr, Klemme WR, Dhawan A, et al. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws [J]. Spine, 2001, 26 (21): 2340-2346.
5. Lenke LG, Betz RR, Harms J, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2001, 83(8): 1169-1181.
6. Geissele AE, Ogilvie JW, Cohen M, et al. Thoracoplasty for the treatment of rib prominence in thoracic scoliosis [J]. Spine, 1994, 19(14): 1636-1642.
7. Potter BK, Kuklo TR, Lenke LG. Radiographic outcomes of anterior spinal fusion versus posterior spinal fusion with thoracic pedicle screws for treatment of Lenke Type I adolescent idiopathic scoliosis curves[J]. Spine, 2005, 30(16): 1859-1866.
8. Liljenqvist U, Hackenberg L, Link T, et al. Pullout strength of pedicle screws versus pedicle and laminar hooks in the thoracic spine[J]. Acta Orthop Belg, 2001, 7(2): 157-163.
9. Kim YJ, Lenke LG, Cho SK, et al. Comparative analysis of pedicle screw versus hook instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2004, 29(18): 2040-2048.
10. Kuklo TR, Lenke LG, O'Brien MF, et al. Accuracy and efficacy of thoracic pedicle screws in curves more than 90 degrees[J]. Spine, 2005, 30(2): 222-226.
11. 方秀统, 李明, 赵颖川, 等. 连续置钉或间隔置钉矫治 Lenke 1 型青少年特发性脊柱侧凸的效果 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(5): 367-370.
12. Kim YJ, Lenke LG, Kim J, et al. Comparative analysis of pedicle screw versus hybrid instrumentation in posterior spinal fusion of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2006, 31(3): 291-298.
13. Kuklo TR, Potter BK, Polly DW, et al. Monaxial versus multi-axial thoracic pedicle screws in the correction of adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2005, 30(18): 2113-2120.
14. Kim WJ, Suk SI, Kwon CS, et al. Changes in vertebral rotation following segmental pedicle screw instrumentation and rod derotation in idiopathic thoracic scoliosis: Part I-CT evaluation[J]. J Korean Orthop Assoc, 1998, 33(4): 1164-1169.
15. Lee SM, Suk SI, Chung ER. Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine, 2004, 29(3): 343-349.

(收稿日期: 2010-08-03 修回日期: 2010-10-23)

(英文编审 蒋欣/刘思麒)

(本文编辑 李伟霞)