

# 强直性脊柱炎胸腰段脊柱后凸截骨术矢状面移位患者椎管自发重塑形现象

成俊遥, 宋 凯, 王 征, 梁 彦, 唐翔宇

(解放军总医院骨科 100853 北京市海淀区)

**【摘要】 目的:** 观察强直性脊柱炎 (ankylosing spondylitis, AS) 脊柱后凸畸形截骨术发生矢状面移位 (sagittal translation, ST) 患者椎管形态的变化以及椎管自发重塑形现象。**方法:** 回顾性分析 2011 年 1 月~2014 年 12 月于我院行经椎弓根截骨术发生 ST 的 16 例 AS 胸腰段脊柱后凸畸形患者, 男 14 例, 女 2 例, 年龄 28~55 岁 (38.6±8.4 岁)。均于手术前后及末次随访时拍摄自然站立位全脊柱正侧位 X 线片以及 ST 节段三维 CT 扫描, 分别测量全脊柱后凸角 (GK)、胸腰段后凸角 (TLK)、腰前凸角 (LL)、矢状面偏移 (SVA) 以及 ST 的大小, 观察术后及末次随访时 ST 的变化以及椎管形态的改变, 并于术前及末次随访时通过 SRS 问卷对患者生活质量进行评估。**结果:** 所有患者均获得随访, 随访时间 12~36 个月 (22.0±8.5 个月), 随访期内所有病例均未出现内固定失败。术前 GK 为 59.9°±21.0°、TLK 为 38.0°±13.0°、LL 为 7.4°±26.5°、SVA 为 27.2±8.6mm, 术后末次随访时 GK 为 15.7°±2.1°、TLK 为 5.6°±2.6°、LL 为 -36.1°±2.9°、SVA 为 6.1±4.3mm, 末次随访时所有患者 ST 均有改善, ST 由术后 7.1±2.7mm 减小为末次随访时的 1.2±1.0mm, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ), ST 变化率为 (84.9±9.7)%。4 例患者出现神经并发症。SRS 满意度调查术前评分为 1.6±0.3 分, 末次随访时评分为 4.7±0.4 分, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。末次随访时截骨节段的椎管形态均有不同程度的自发重塑形。**结论:** AS 脊柱胸腰段后凸畸形截骨术发生 ST 的患者术后均会发生不同程度的椎管自发重塑形, 经过重塑形 ST 均不同程度的减小甚至消失。

**【关键词】** 强直性脊柱炎; 经椎弓根截骨术; 矢状面移位; 椎管重塑形

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.02.05

中图分类号: R687.3, R691 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-02-0123-07

**Spontaneous remodeling of spinal canal after sagittal translation in the osteotomy for thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis/CHENG Junyao, SONG Kai, WANG Zheng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(2): 123-129**

**【Abstract】 Objectives:** To observe the transformation of spinal canal in patients with sagittal translation(ST) after osteotomy in ankylosing spondylitis(AS) kyphosis, and to investigate the spontaneous remodeling of spinal canal in these patients. **Methods:** Retrospective analysis was conducted on 16 patients with ST after the treatment of AS kyphosis through pedicle subtraction osteotomy(PSO) during January 2011 to December 2014 in our hospital, 14 males and 2 females, aged 28-55 years old(38.6±8.4 years old). Full-length free-standing spinal radiographs and computed tomography of ST level were available for all the patients before and after surgery, also at the final follow-up. Radiographic parameters including global kyphosis (GK), thoracolumbar kyphosis(TLK), lumbar lordosis(LL), sagittal vertical axis(SVA) and ST were measured. The change of ST and transformation of spinal canal after surgery and at the final follow-up were compared. The SRS scores before surgery and at the final follow-up were also collected. **Results:** The average follow-up time was 22.0 months, ranged from 12 to 36 months. There was no internal fixation failure during this period. The preoperative GK was 59.9°±21.0°, TLK was 38.0°±13.0°, LL was 7.4°±26.5°, SVA was 27.2±8.6mm. And the postoperative GK was 15.7°±2.1°, TLK was 5.6°±2.6°, LL was -36.1°±2.9°, SVA was 6.1±4.3mm. ST was 7.1±2.7mm after surgery while 1.2±1.0mm at the final follow-up, the difference was statistically significant( $P<0.05$ ). The rate of ST transformation was (84.9±9.7)%. 4 among 16 patients experienced neurological deficits (incidence of

第一作者简介: 男 (1987-), 医学硕士, 研究方向: 骨科

电话: (010)66938402 E-mail: cjy\_1062243@163.com

通讯作者: 王征 E-mail: wangzheng301@163.com

neurological deficits was 25%). The SRS scores before operation and at the final follow-up were  $1.6 \pm 0.3$  and  $4.7 \pm 0.4$  respectively ( $P < 0.05$ ). The remodeling of spinal canal occurred in all the patients with different degrees.

**Conclusions:** All patients with ST after PSO for AS kyphosis experience spontaneous remodeling of spinal canal, and ST decreases or even disappears in different degrees.

**【Key words】** Ankylosing spondylitis; Pedicle subtraction osteotomy; Sagittal translation; Spinal canal remodeling

**【Author's address】** Department of Orthopaedics, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing, 100853, China

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是一种慢性炎症性疾病,主要累及中轴骨骼<sup>[1]</sup>;可引起脊柱韧带进行性成骨性改变并最终导致脊柱僵直和后凸畸形,典型的后凸畸形常位于胸腰段脊柱<sup>[2]</sup>。严重的胸腰段后凸畸形可引起矢状面失衡,从而导致患者无法平视及平卧<sup>[3]</sup>。近年来,经椎弓根截骨术(pedicle subtraction osteotomy, PSO)作为一种相对安全有效的截骨方式而被广泛应用于 AS 胸腰段后凸畸形的矫形治疗<sup>[4-7]</sup>,通过胸腰段及腰段的单节段或双节段 PSO 可使脊柱后凸畸形得到良好矫正。然而,PSO 技术在截骨闭合时部分患者出现矢状面移位(sagittal translation, ST),使得椎管原本平滑的内壁出现骨性台阶,理论上增加了神经卡压、神经损伤等并发症的发生率,是目前脊柱矫形外科医生较为关注的重点问题之一。曾有学者报道过椎体发生爆裂骨折后椎管可发生自发性重塑形<sup>[8-10]</sup>,然而对于 AS 截骨后发生 ST 的患者椎管重塑形现象尚无相关报道。在积极探索如何避免 ST 发生的同时,我们对于已发生 ST 的患者进行了随访,观察到行 PSO 治疗 AS 脊柱后凸畸形发生 ST 的患者在一定时期内均发生了不同程度的椎管重塑形,通过重塑形,所有患者随访时的 ST 均有不同程度减小。本研究旨在观察该类患者椎管形态的变化并阐述椎管自发重塑形现象。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2011 年 1 月~2014 年 12 月于我院行手术治疗的 AS 患者。纳入标准:(1)AS 胸腰段脊柱后凸畸形,采用单节段或双节段 PSO 矫形且发生 ST;(2)经测量术后  $ST > 4\text{mm}$ ;(3)随访 1 年或 1 年以上且影像学及临床资料齐全。排除标准:(1)曾接受过脊柱手术;(2)脊柱存在病理性骨折或假关节;(3)术中因置钉、截骨等操作失误造

成明确神经损伤或引起神经电生理监测明显异常;(4)术后接受可能影响骨性融合进程的药物治疗。共有 16 例患者入选,其中男 14 例,女 2 例,年龄  $28 \sim 55$  岁( $38.6 \pm 8.4$  岁);随访时间  $12 \sim 36$  个月( $22.0 \pm 8.5$  个月)。11 例接受双节段截骨的患者 5 例在两个截骨节段均发生了 ST,但只有一个截骨节段  $ST > 4\text{mm}$ ,故按照单节段截骨 ST 患者进行观察随访。

### 1.2 手术方法

全身麻醉,手术台调至反“V”字形,摆放适当体位,后正中入路显露脊柱后方骨性结构,于截骨节段上下至少各 2 个椎体水平经椎弓根置钉,根据术前设计角度及范围于截骨平面经椎弓根进行截骨(双节段截骨在下一截骨平面行同样手术操作),对于后凸角度较大的患者于截骨平面置入椎间融合器以对 ST 的发生起一定预防作用。复位手术台同时置入矫形棒,锁紧螺帽。复位完成后小心探查硬脊膜腹侧面及椎管前壁,观察有无硬脊膜损伤以及 ST 的发生,进一步通过术中透视明确截骨闭合情况及 ST 程度。神经电生理监测(感觉诱发电位和运动诱发电位)持续监测脊髓功能,若截骨闭合后神经电生理监测提示异常,则对截骨节段脊髓(马尾)及神经根进行仔细探查,并对 ST 进行适当复位,复位主要通过调整截骨平面上下椎体置钉深度以及调整矫形棒铰链点水平进行。自体骨粒于后外侧行横突间植骨,无需进行截骨断端加强植骨。术后卧床至少 48h 后视情况佩戴可拆卸支具下床活动,6 个月内均需佩戴支具进行活动。

### 1.3 影像学测量方法

影像学参数包括:(1)全脊柱后凸角(global kyphosis, GK),脊柱倾斜最大的上端椎体的上终板与倾斜最大的下端椎体的下终板所成夹角;(2)胸腰段后凸角(thoracolumbar kyphosis, TLK),T10 椎体上终板及 L2 椎体下终板所成夹角;(3)腰前

凸角 (lumbar lordosis, LL), L1 上终板与 S1 上终板所成夹角, 正值表示腰椎后凸, 负值表示腰椎前凸; (4) 矢状面偏移 (sagittal vertical axis, SVA), C7 铅垂线与 S1 后上角之间的距离。 (5) 矢状面移位 (sagittal translation, ST), 截骨平面头侧椎体的后下缘与尾侧椎体的后上缘之间的位移大于 2mm<sup>[11]</sup>, ST 测量方法: 分别于截骨平面近端椎体后下缘与远端椎体后上缘之间取两点, 测量两点间的水平距离 (图 1)。长度测量精度为 0.1mm, 角度测量精度为 0.1°。

#### 1.4 资料收集

收集患者接受手术时年龄、性别、截骨节段、截骨节段数、术中失血量、手术时间及 SRS 调查问卷 (Scoliosis Research Society outcome questionnaire) 评分。计算 ST 变化率 [ST 变化率 = (术后 ST - 末次随访 ST) / 术后 ST]。所有影像参数测量由 3 位骨科医生分别进行测量, 取平均值用于最终数据分析。长度测量的平均误差为 0.6 (0~1.7) mm, 角度测量的平均误差为 3.5° (0~6.6°)。末次随访时所有患者均未发生内固定失败、矫正度丢失或脊柱骨折等并发症。

#### 1.5 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件, 影像学参数测量采用 Surgimap for Windows 软件, 连续变量采用均数 ± 标准差表示, 符合正态分布时采用 *t* 检验进行比较。检验水准  $\alpha$  值取双侧 0.05。



图 1 ST 的测量方法: 截骨平面近端椎体后下缘与远端椎体后上缘之间的直线距离

**Figure 1** Measurement of ST: displacement between the posterior inferior edge of the cranial vertebral body and the posterior superior edge of the caudal body at the PSO level

## 2 结果

16 例患者中, 5 例接受了单节段截骨矫形, 截骨椎体位于 T11 1 例, L1 1 例, L2 1 例, L3 2 例; 11 例接受了双节段截骨, 截骨椎体位于 T12、L2 4 例, L1、L3 6 例, L2、L4 1 例。手术时间 3.7~8.0h ( $6.5 \pm 1.1$ h), 术中失血量 800~2700ml ( $1640 \pm 690$ ml)。术后手术切口浅表感染者 1 例, 出现腹部张力性水疱者 2 例, 腹膜后血肿引起腹胀者 1 例, 发生脑脊液漏者 1 例, 出现神经并发症者 4 例。出现神经并发症的 4 例患者中, 2 例患者症状在 3 个月随访时消失, 分别为左下肢麻木及右下肢疼痛; 另外 2 例患者在末次随访时仍残留一定程度的神经症状, 其中 1 例患者合并发生脑脊液漏, 其中神经电生理监测显示截骨闭合后双侧感觉诱发电位 (SSEP) 消失, 后逐渐恢复, 左侧运动诱发电位 (MEP) 幅度降低无恢复, 该患者术后左下肢感觉麻木、肌力减弱 (股四头肌、股二头肌肌力 2 级, 胫前肌、小腿三头肌、腓长伸肌、屈趾肌肌力 3 级), 末次随访时 (术后 24 个月) 左下肢麻木感减轻, 肌力有所恢复 (股四头肌、股二头肌、胫前肌、小腿三头肌、腓长伸肌、屈趾肌肌力 4 级), 另 1 例患者术中截骨闭合后神经电生理监测显示右侧 SSEP 幅度减低, 术后出现右下肢感觉麻木、肌力减弱 (股四头肌、股二头肌肌力 3 级), 末次随访时 (术后 27 个月) 麻木感减轻, 股四头肌、股二头肌肌力 4 级 (表 1)。

术前及末次随访时矢状位参数见表 2, 术后均有显著性改善。比较术后与末次随访时的 X 线片, 所有患者均发生了椎管重塑形 (图 2~4), 椎管重塑形发生率 100%, ST 显著性减小 (表 3)。SRS-22 评分显著性改善 (表 4)。

## 3 讨论

矢状面移位 (sagittal translation, ST) 是指脊柱后凸畸形截骨术后矢状面上所观察到的截骨平面头侧椎体后下缘与尾侧椎体后上缘之间的位移。Chang 等<sup>[11]</sup>最早对 ST 进行了报道, 将其定义为截骨平面头侧椎体后下缘与尾侧椎体后上缘之间任何可测得的大于 2mm 的位移, 并认为 ST 作为一种基本矫形机制在闭合-张开截骨中发挥重要作用。目前 AS 后凸畸形的截骨矫形通常采用 PSO, 多数学者将 ST 视作 PSO 的一种并发症, 并积极探讨其产生的原因以及控制和修复措施。

表 1 4 例神经并发症患者情况  
Table 1 Neurological deficits

| 患者<br>Patient | 性别<br>Sex        | 年龄<br>Age | 手术时间<br>(h)<br>Operation<br>time | 失血量<br>(ml)<br>Hemorrhage | 术后 ST(mm)<br>Postoperative<br>ST | PSO 及 ST<br>节段<br>PSO and ST<br>level | MEP/SSEP                                                                                                                                                                                           | 术后神经症状<br>Postoperative<br>neurological<br>deficits                                | 预后<br>Prognosis                                                                                                                                              | 原因分析<br>Reason<br>analysis                                                                                          |
|---------------|------------------|-----------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | 女<br>Fe-<br>male | 41        | 8.0                              | 2000                      | 7.5                              | L1/L3;L3                              | 未提示异常<br>Normal                                                                                                                                                                                    | 左下肢麻木<br>Left lower<br>limb numb                                                   | 术后 3 个月随<br>访时症状消失<br>Disappeared<br>within 3<br>months                                                                                                      | 硬膜囊及神<br>经根的过度<br>牵拉<br>Excessive<br>traction of<br>dural sac and nerve<br>root                                     |
| 2             | 男<br>Male        | 28        | 6.8                              | 1800                      | 10.8                             | L2/L4;L2                              | 截骨闭合后双<br>侧 SSEP 消失,<br>后逐渐恢复;<br>左侧 MEP 减<br>低无恢复<br>After osteoto-<br>my closure bi-<br>-SSEP dis-<br>appeared, then<br>gradually re-<br>covered; L-<br>MEP disap-<br>peared without<br>recovery | 左下肢麻木伴<br>肌力减弱<br>Decreased<br>myodynamia<br>and numbness<br>of left lower<br>limb | 24 个月随访左<br>下肢麻木缓<br>解,肌力有所<br>恢复但仍低于<br>正常<br>Decreased<br>myodynamia<br>and numbness<br>of left lower<br>limb limited<br>relieved at 2-<br>year follow-up  | 骨性台阶直<br>接损伤硬膜<br>囊及马尾<br>Deficits of<br>cauda<br>equina<br>caused by<br>bony step<br>from ST                       |
| 3             | 男<br>Male        | 31        | 7.5                              | 1400                      | 7.7                              | L3;L3                                 | 未提示异常<br>Normal                                                                                                                                                                                    | 右下肢疼痛<br>Left lower<br>limb pain                                                   | 术后 3 个月随<br>访时症状消失<br>Disappeared<br>within 3<br>months                                                                                                      | 椎板切除范<br>围不充分<br>Insufficient<br>resection of<br>vertebral<br>plate                                                 |
| 4             | 男<br>Male        | 39        | 7.7                              | 800                       | 9.8                              | T11;T11                               | 截骨闭合后<br>右侧 SSEP 减<br>低无恢复<br>After<br>osteotomy<br>closure R-<br>SSEP<br>decreased<br>without<br>recovery                                                                                         | 右下肢麻木伴<br>肌力减弱<br>Decreased<br>myodynamia<br>and numbness<br>of left lower<br>limb | 24 个月随访左<br>下肢麻木缓<br>解,肌力有所<br>恢复但仍低于<br>正常<br>Decreased<br>myodynamia<br>and numbness<br>of right lower<br>limb limited<br>relieved at 2-<br>year follow-up | 椎板切除范<br>围及潜行减<br>压不充分<br>Insufficient<br>resection<br>and<br>undermining<br>decompression<br>of vertebral<br>plate |

注:MEP,运动诱发电位;SSEP,体感诱发电位  
Note: MEP, motor-evoked potentials; SSEP, somatosensory-evoked potentials

表 2 术前及末次随访时矢状位参数比较  
Table 2 Comparison between preoperative and the final follow-up sagittal parameters

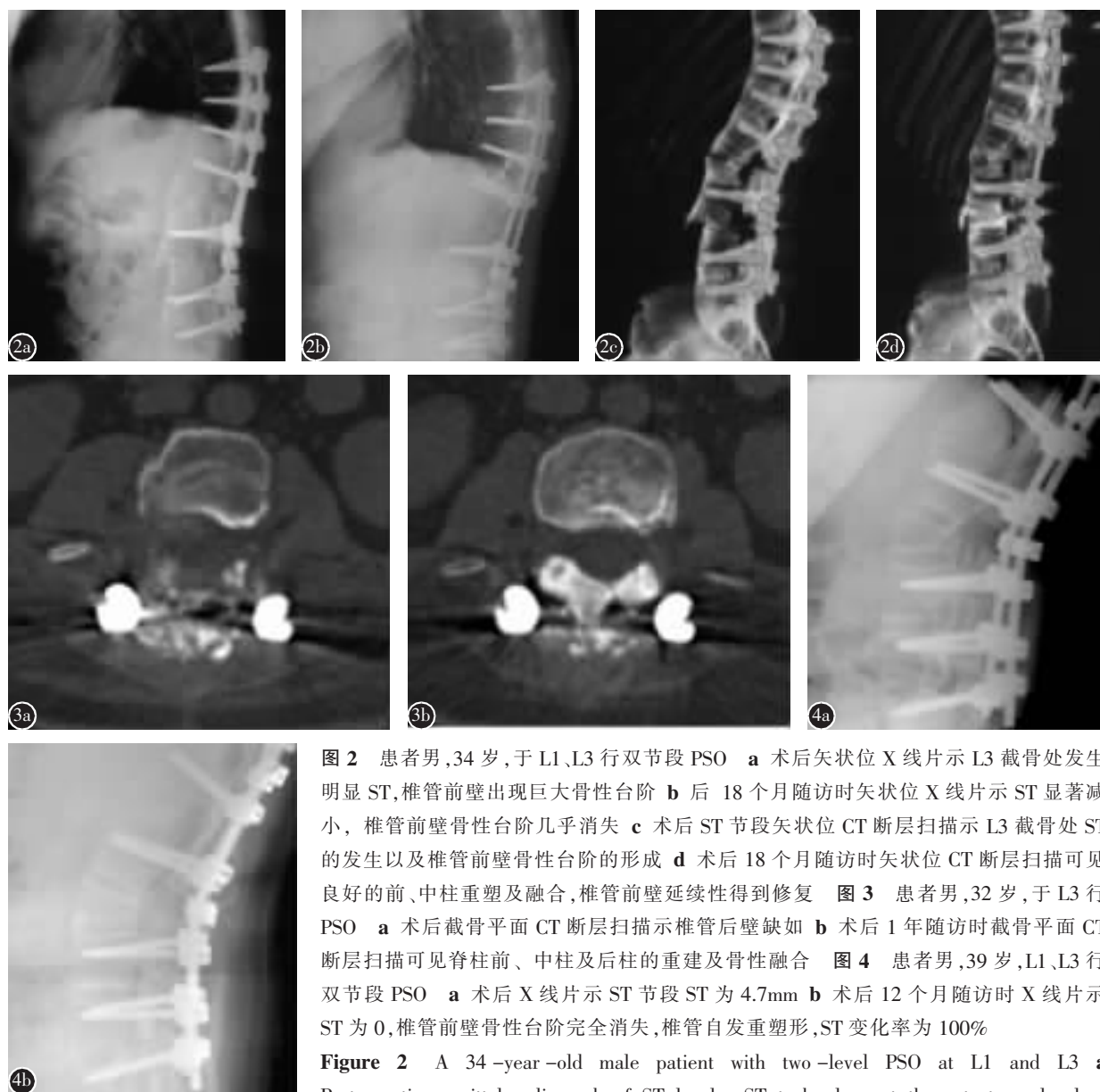
|                                     | 术前<br>Preoperative | 末次随访<br>The last<br>follow up | P 值<br>P value |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------|
| 全脊柱后凸角(°)<br>Global kyphosis        | 59.9±21.0          | 15.7±2.1                      | 0.00           |
| 胸腰段后凸角(°)<br>Thoracolumbar kyphosis | 38.0±13.0          | 5.6±2.6                       | 0.00           |
| 腰椎前凸角(°)<br>Lumbar lordosis         | 7.4±26.5           | -36.1±2.9                     | 0.00           |
| 矢状面偏移(mm)<br>Sagittal vertical axis | 27.2±8.6           | 6.1±4.3                       | 0.00           |

注:腰椎前凸角正值代表腰椎后凸,负值代表腰椎前凸  
Note: Positive value indicates lumbar kyphosis and negative value indicates lumbar lordosis

在进行截骨矫形手术操作时,术者希望截骨端能够相互对合,以达到良好骨性融合并降低脊髓(马尾)及神经根的损伤风险,但理想的截骨端

对合往往很难实现。多数情况下,即便手术操作很好地规避了产生 ST 的风险,截骨闭合时仍可能发生截骨平面近端或远端椎体后缘向椎管内不同程度的移位,大于 2mm 者则形成 ST。引起 ST 的原因多而复杂,且相互关联。通过分析术中影像学资料并对即刻 ST 进行测量后我们发现,<4mm 的 ST 较难避免且通常无明显诱发因素,可视为截骨操作误差范围;而当 ST>4mm 时,ST 的产生通常可归结于以下三点原因中的至少一点:(1)截骨水平头侧及尾侧椎体置钉深度不一致;(2)矫形棒铰链点与截骨平面不在同一水平;(3)截骨时上下截骨面矢状径不等(图 5)。因此我们以 4mm 为界,将 ST 分为轻度 ST(ST≤4mm)以及明显 ST(ST>4mm)。本研究选取明显 ST 的患者进行回顾性研究,一方面想要明确明显 ST 患者的矫形效果及预后情况,另一方面则希望通过明显 ST 的远期





**图 2** 患者男,34 岁,于 L1、L3 行双节段 PSO **a** 术后矢状位 X 线片示 L3 截骨处发生明显 ST,椎管前壁出现巨大骨性台阶 **b** 后 18 个月随访时矢状位 X 线片示 ST 显著减小,椎管前壁骨性台阶几乎消失 **c** 术后 ST 节段矢状位 CT 断层扫描示 L3 截骨处 ST 的发生以及椎管前壁骨性台阶的形成 **d** 术后 18 个月随访时矢状位 CT 断层扫描可见良好的前、中柱重塑及融合,椎管前壁延续性得到修复 **图 3** 患者男,32 岁,于 L3 行 PSO **a** 术后截骨平面 CT 断层扫描示椎管后壁缺如 **b** 术后 1 年随访时截骨平面 CT 断层扫描可见脊柱前、中柱及后柱的重建及骨性融合 **图 4** 患者男,39 岁,L1、L3 行双节段 PSO **a** 术后 X 线片示 ST 节段 ST 为 4.7mm **b** 术后 12 个月随访时 X 线片示 ST 为 0,椎管前壁骨性台阶完全消失,椎管自发重塑形,ST 变化率为 100%

**Figure 2** A 34-year-old male patient with two-level PSO at L1 and L3 **a** Postoperative sagittal radiograph of ST level, ST took place at the osteotomy level of

L3 where a huge bony step occurred **b** Sagittal radiograph of ST level at 18-month follow up, ST as well as the bony step almost disappeared **c** Postoperative sagittal computed tomography of ST level, showed ST and the huge bony step occurred at the osteotomy level of L3 clearly **d** Sagittal computed tomography of ST level at 18-month follow up, ideal fusion was obtained and the stream-line of the spinal canal was restored **Figure 3** A 32-year-old male patient with two-level PSO at L3 **a** Postoperative computed tomography of osteotomy level **b** Computed tomography of osteotomy level at 1-year follow up, reconstruction of posterior column as well as bony fusion of anterior column obviously occurred **Figure 4** A 39-year-old male patient with two-level PSO at L1 and L3 **a** Postoperative ST was 4.7mm **b** 12 months after surgery ST become 0, and the bony step disappeared. Rate of ST transformation was 100%

变化更好地说明椎管自发重塑形现象。

脊柱后凸畸形截骨矫形手术中,ST 是导致患者出现神经损伤的主要危险因素之一。本组患者神经并发症的发生率为 25%,其中长期神经并发症发生率为 12.5%,均高于接受 PSO 矫形的 AS

患者的整体神经并发症发生率<sup>[12]</sup>,考虑与纳入患者较大的 ST 密切相关。本研究排除了因术中操作失误(如置钉、截骨等术中操作)而造成的神经损伤或引起神经电生理监测异常的病例,2 例持续神经并发症患者的术中神经电生理监测均在截

骨闭合后提示异常, 因此截骨闭合时产生的 ST 很可能是导致神经损伤的主要原因。AS 后凸畸形患者接受截骨矫形后, 原本后凸的脊柱以截骨平面为顶点转变为前凸, 因而脊髓(马尾)及硬膜囊顺应椎管形态向腹侧弯折, 加之截骨后脊柱前柱及中柱缩短, 相对较长的脊髓(马尾)及硬膜囊在较短的骨性椎管中发生皱缩且向前贴近椎体后

壁, 虽然后方椎板已去除, 但由于紧邻椎体后壁, 脊髓(马尾)及硬膜囊极易受到 ST 所产生的骨性台阶的损伤, ST 越大, 神经损伤的可能性则越大。此外, 较大的 ST 致使脊髓(马尾)及硬膜囊向后方避让, 若后方椎板切除范围以及椎板潜行减压不够充分, 亦可导致脊髓(马尾)或神经根的卡压从而引发神经症状。回顾手术记录并对比术中及术后影像学资料, 导致神经症状出现的原因主要为椎板切除范围及潜行减压不够充分, ST 复位过程中对硬膜囊及神经根过度牵拉, 以及骨性台阶对硬膜囊及神经根的直接损伤。

通过对比术后及随访时的矢状位 X 线片及 CT 扫描, 可观察到椎管形态的改变, 当 ST 逐渐变小甚至消失时, 椎管前壁骨性台阶随之减小或消失, 椎管前壁延续性得到修复, 截骨端骨性融合逐

表 3 ST 的变化及发生节段  
Table 3 Comparison between postoperative and the final follow-up ST

| 患者<br>Patient | 术后 ST(mm)<br>Postoperative ST | 末次随访 ST<br>(mm)<br>ST in the fi-<br>nal follow up | ST 变化率<br>(%)<br>Rate of ST<br>transformation | ST 节段<br>ST-level |
|---------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| 1             | 4.2                           | 0.8                                               | 80.9                                          | L3                |
| 2             | 10.7                          | 2.3                                               | 78.5                                          | L2                |
| 3             | 5.8                           | 0.8                                               | 86.2                                          | T12               |
| 4             | 7.6                           | 1.5                                               | 80.3                                          | L2                |
| 5             | 9.8                           | 0.4                                               | 95.9                                          | T11               |
| 6             | 4.7                           | 0.0                                               | 100.0                                         | L3                |
| 7             | 5.5                           | 0.7                                               | 87.3                                          | L1                |
| 8             | 3.5                           | 0.7                                               | 80.0                                          | L1                |
| 9             | 7.5                           | 1.6                                               | 78.7                                          | L2                |
| 10            | 5.3                           | 1.2                                               | 77.4                                          | L1                |
| 11            | 11.7                          | 3.9                                               | 66.7                                          | L3                |
| 12            | 10.8                          | 2.3                                               | 78.7                                          | L2                |
| 13            | 7.8                           | 0.0                                               | 100.0                                         | L3                |
| 14            | 4.2                           | 0.0                                               | 100.0                                         | L2                |
| 15            | 7.8                           | 1.5                                               | 80.8                                          | L3                |
| 16            | 7.6                           | 1.0                                               | 86.8                                          | L1                |

表 4 术前及末次随访时 SRS-22 问卷调查结果比较  
Table 4 Comparison between preoperative and the final follow-up SRS-22 surveys

| SRS-22 问卷<br>SRS-22 survey | 术前<br>Preoperative   | 末次随访<br>The final<br>follow up | P 值<br>P value |
|----------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------|
| 外观<br>Appearance           | 1.4±0.5<br>(1.0~2.6) | 4.2±0.6<br>(3.0~5.0)           | 0.00           |
| 心理<br>Mental               | 2.4±0.7<br>(1.0~3.4) | 4.3±0.5<br>(3.2~5.0)           | 0.00           |
| 疼痛<br>Pain                 | 2.7±0.7<br>(1.2~3.6) | 4.0±0.6<br>(3.2~5.0)           | 0.00           |
| 功能<br>Function             | 2.4±0.5<br>(1.6~3.2) | 3.8±0.6<br>(2.8~4.6)           | 0.00           |
| 满意度<br>Satisfaction        | 1.6±0.3<br>(1.0~2.0) | 4.7±0.4<br>(4.0~5.0)           | 0.00           |

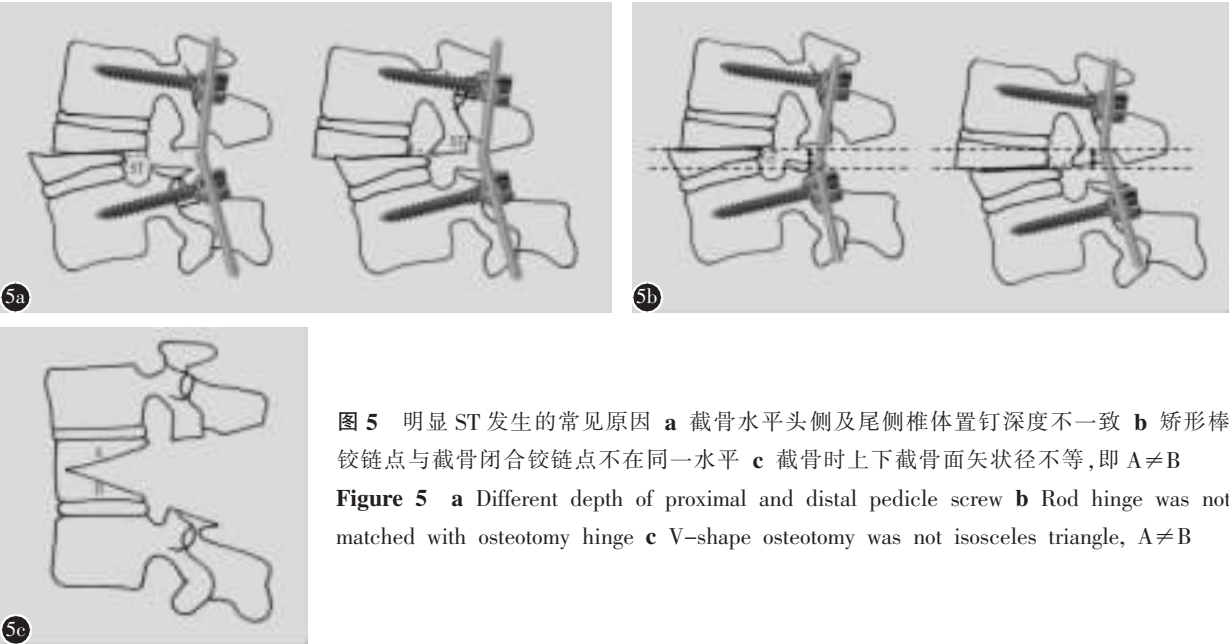


图 5 明显 ST 发生的常见原因 a 截骨水平头侧及尾侧椎体置钉深度不一致 b 矫形棒铰链点与截骨闭合铰链点不在同一水平 c 截骨时上下截骨面矢状径不等, 即  $A \neq B$   
Figure 5 a Different depth of proximal and distal pedicle screw b Rod hinge was not matched with osteotomy hinge c V-shape osteotomy was not isosceles triangle,  $A \neq B$

渐形成。手术中为了避免脊髓(马尾)和神经根受到卡压,常对后方椎板进行扩大切除并行椎板潜行减压,因而截骨闭合后截骨平面椎管后壁缺如,无法进行水平位 CT 上截骨平面椎管容积的测量。而在远期随访中,通过截骨平面 CT 断层扫描可清晰地观察到脊柱后柱骨质的重建,矢状位 CT 则显示后柱形成骨性融合,此时可以测量截骨平面椎管容积,但无法与术后对比椎管容积的变化,因此无法通过椎管面积的改变直观地说明椎管重塑形。但通过术后及末次随访时矢状位及截骨水平 CT 断层扫描,可以清楚地看到脊柱前、中柱及后柱的重建与骨性融合。因此,ST 患者的椎管自发重塑形是在三柱均发生重建的基础上达到的,并且以前、中柱的贡献为主。截骨闭合后,脊髓(马尾)及硬膜囊向前贴近椎管前壁,而 ST 的减小可使椎管前壁骨性台阶减小,因此对于脊髓(马尾)和硬膜囊的保护意义重大。本研究通过 ST 的改善体现脊柱前、中柱的重建,从而说明椎管自发重塑形现象。

关于 ST 的变化及椎管自发重塑形的发生机制目前尚不明确,可能与在钉棒的提拉作用下骨质顺应力学方向的生长,但更主要的原因很可能是 AS 患者强于常人的骨融合能力,使得其被截断的椎体不断进行重建。这也解释了为何 AS 患者椎管自发重塑形的程度及速度均明显优于椎体骨折的普通人群。

#### 4 参考文献

1. Braun J, Sieper J. Ankylosing spondylitis[J]. Lancet, 2007, 369(9570): 1379-1390.
2. Stafford L, Youssef PP. Spondyloarthropathies: an overview[J]. Intern Med J, 2002, 32(1-2): 40-46.
3. Cho KJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Comparison of Smith-Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2005, 30(18): 2030-2037.
4. Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(19 Suppl): S171-178.
5. Xu H, Zhang Y, Zhao Y, et al. Radiologic and clinical outcomes comparison between single- and two-level pedicle subtraction osteotomies in correcting ankylosing spondylitis kyphosis [J]. Spine J, 2015, 15(2): 290-297.
6. Chen IH, Chien JT, Yu TC. Transpedicular wedge osteotomy for correction of thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis: experience with 78 patients [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2001, 26(16): E354-360.
7. Zheng GQ, Song K, Zhang YG, et al. Two-level spinal osteotomy for severe thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis: experience with 48 patients [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2014, 39(13): 1055-1058.
8. de Klerk LW, Fontijne WP, Stijnen T, et al. Spontaneous remodeling of the spinal canal after conservative management of thoracolumbar burst fractures[J]. Spine(Phila Pa 1976), 1998, 23(9): 1057-1060.
9. 尚剑, 袁绍辉, 张广东, 等. 胸腰段爆裂骨折椎管的自发重建[J]. 中华创伤骨科杂志, 2007, 8(9): 763-766.
10. 潘俊, 王根林, 史金辉, 等. 间接复位治疗胸腰椎爆裂型骨折术后椎管重塑形[J]. 脊柱外科杂志, 2012, 10(2): 1672-2957.
11. Chang KW, Chen HC, Chen YY, et al. Sagittal translation in opening wedge osteotomy for the correction of thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis [J]. Spine, 2006, 31(10): 1137-1142.
12. Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10-year assessment[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2007, 32(20): 2245-2252.

(收稿日期:2016-11-15 末次修回日期:2016-12-19)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)