

## 临床论著

Lenke 3 型青少年特发性脊柱侧凸后路矫形术后  
身高增长的相关影响因素分析

史本龙, 徐 亮, 毛赛虎, 孙 旭, 刘 臻, 朱泽章, 邱 勇  
(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市中山路 321 号)

**【摘要】目的:**探讨 Lenke 3 型青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)患儿脊柱后路矫形术后身高增长( $\Delta$ SH)的相关影响因素。**方法:**选取 2014 年 1 月~2016 年 6 月于我院行脊柱后路矫形手术的女性 Lenke 3 型 AIS 患儿 90 例, 年龄  $15.0 \pm 2.6$  岁。于站立位全脊柱正侧位 X 线片上测量术前、术后的主弯侧凸 Cobb 角 1(最大侧凸 Cobb 角)、侧凸 Cobb 角 2(次之侧凸 Cobb 角)、脊柱高度(spinal height, SH)、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)及腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)。应用 Pearson 相关分析  $\Delta$ SH 与其他参数之间的相关性, 应用线性回归探讨  $\Delta$ SH 的相关影响因素。**结果:** $\Delta$ SH 为  $2.9 \pm 1.0$  cm。Pearson 相关性分析示  $\Delta$ SH 与术前的侧凸 Cobb 角 1( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 2( $P=0.000$ )及 TK( $P=0.023$ )均呈显著相关性, 与术后的侧凸 Cobb 角 1( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 2( $P=0.000$ )、LL( $P=0.025$ )、侧凸 Cobb 角 1 变化( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 2 变化( $P=0.000$ )及 TK 变化( $P=0.032$ )均呈显著相关性。线性回归分析示  $\Delta$ SH 与侧凸 Cobb 角 1 变化( $P=0.017$ )、侧凸 Cobb 角 2 变化( $P=0.001$ )均呈显著线性相关( $R^2=0.333$ ); 另外,  $\Delta$ SH 与术前侧凸 Cobb 角 1( $P=0.006$ )、侧凸 Cobb 角 2( $P=0.007$ )、术前 TK( $P=0.038$ )亦呈显著线性相关( $R^2=0.595$ )。**结论:**Lenke 3 型 AIS 患儿脊柱后路矫形术后身高增长的相关影响因素包括术前、术后的主弯侧凸 Cobb 角、术前 TK 及其术后变化值。主弯 Cobb 角矫正是 Lenke 3 型 AIS 术后身高增加的最主要影响因素。Lenke 3 型 AIS 患儿的术前侧凸 Cobb 角及术前 TK 可以较好地预测患儿术后身高恢复情况。

**【关键词】**青少年特发性脊柱侧凸; 后路矫形; 身高矫正; 相关因素

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.06.07

中图分类号: R682.3, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-06-0512-05

Associated factors with height gain in Lenke 3 adolescent idiopathic scoliosis undergoing posterior spinal correction surgery/SHI Benlong, XU Liang, MAO Saihu, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(6): 512-516

**【Abstracts】Objectives:** To investigate the factors associated with height gain after posterior spinal correction surgery in Lenke 3 adolescent idiopathic scoliosis(AIS). **Methods:** A total of 90 Lenke 3 AIS patients undergoing posterior spinal correction surgery from January 2014 to June 2016 was retrospectively reviewed. The average age was  $15.0 \pm 2.6$  years. The pre-op and post-op Cobb angles of structural Cobb angle 1(main curve), Cobb angle 2(second main curve), spinal height(SH), thoracic kyphosis(TK) and lumbar lordosis(LL) were measured on standing whole spine X-rays. The correlations between  $\Delta$ SH(post-op SH minus pre-op SH) and other parameters were assessed by using Pearson coefficients while the linear regression analysis was used for the predictive model of  $\Delta$ SH. **Results:** The average  $\Delta$ SH was  $2.9 \pm 1.0$  cm. The Pearson correlation analysis showed that the  $\Delta$ SH was significantly correlated with pre-op Cobb angle 1( $P=0.000$ ) and Cobb angle 2( $P=0.000$ ) of structural main curves and TK ( $P=0.023$ ). The  $\Delta$ SH was also significantly correlated with post-op Cobb angle 1( $P=0.000$ ), Cobb angle 2( $P=0.000$ ), LL( $P=0.025$ ), change in Cobb angle 1( $P=0.000$ ), change in Cobb angle 2 ( $P=0.000$ ), and change in TK ( $P=0.032$ ). The linear regression model revealed that change in Cobb angle 1( $P=0.017$ ) and change in Cobb angle 2(0.001) were predictive for  $\Delta$ SH( $R^2=0.333$ ). The linear re

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(编号: 021414380200)

第一作者简介: 男(1988-), 医学博士, 住院医师, 研究方向: 脊柱畸形

电话: (025)68182022 E-mail: shi-benlong@163.com

通讯作者: 朱泽章 E-mail: zhuzezhang@126.com

gression model also showed that the pre-op Cobb angle 1( $P=0.006$ ), Cobb angle 2( $P=0.007$ ) and TK( $P=0.038$ ) were the correlated factors for  $\Delta SH$ ( $R^2=0.595$ ). **Conclusions:** The correlated factors of  $\Delta SH$  include pre-op and post-op Cobb angles of main curves, pre-op TK, change in TK in Lenke 3 AIS. The correction of main curves is the most important correlated factor for  $\Delta SH$ . The pre-op Cobb angle and TK are predictive factors for change in height gain in Lenke 3 AIS.

**【Key words】** Adolescent idiopathic scoliosis; Posterior spinal correction surgery; Height gain; Correlated factors

**【Author's address】** Spine Surgery, the Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)发生于青春期前后,并且常在患儿生长发育高峰期快速进展<sup>[1,2]</sup>。AIS 的脊柱三维畸形显著降低脊柱高度,严重者压迫内脏,损害心肺功能,甚至危及患儿生命<sup>[3-5]</sup>。脊柱后路矫形内固定手术可以改善脊柱三维形态,恢复脊柱高度。脊柱矫形术后身高的增加一直以来是 AIS 患儿及其父母关注的焦点之一,但脊柱外科医师术前仍无法准确预测 AIS 患儿术后身高的矫正程度。近年来,已有研究报道<sup>[6-9]</sup>侧凸 Cobb 角矫正是影响 AIS 患儿术后身高增加的最重要因素,并提出了 AIS 矫形术后身高矫正的预测公式。然而,既往相关研究并未深入分析不同弯型 AIS 矫形术后身高矫正的相关影响因素。Lenke 3 型 AIS 患儿因同时有主胸弯和胸腰弯/腰弯两个结构性弯,故其手术融合节段常远长于单弯型 AIS。因此,Lenke 3 型 AIS 脊柱矫形术后身高矫正的影响因素亦可能不同。本研究回顾性分析 Lenke 3 型 AIS 患儿后路矫形手术前后的身高变化,探讨其术后身高增长的相关影响因素。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2014 年 1 月~2016 年 6 月于我院行脊柱后路矫形手术的女性 AIS 患儿。入选标准:(1)年龄为 10~16 岁;(2)弯型为 Lenke 3 型(双主弯);(3)行非选择性融合手术;(4)具有完整的术前及术后站立位全脊柱正侧位 X 线片。排除标准:(1)术前或术后有明显躯干失衡;(2)术中进行了三柱截骨操作;(3)术前或术中牵引等。最终,符合上述标准的 90 例 AIS 患儿纳入本研究,平均年龄  $15.0 \pm 2.6$  岁。本研究获得本单位伦理委员会批准。

### 1.2 影像学测量

于站立位全脊柱正位 X 线片上测量患儿术前、术后的主弯侧凸 Cobb 角 1(最大侧凸 Cobb 角)、侧凸 Cobb 角 2(次之侧凸 Cobb 角)、脊柱高度(spinal height, SH)(图 1)。将 SH 定义为站立位全脊柱正位 X 线片上 T1 上终板中点至 S1 上终板中点之间的垂直距离<sup>[10]</sup>,将术前、术后 SH 差异(术后-术前)定义为  $\Delta SH$ 。于站立位全脊柱侧位 X 线片上测量术前、术后的胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK, T5~T12, 后凸定义为正值)及腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL, T12~S1, 前凸定义为正值)<sup>[11,12]</sup>。

### 1.3 统计学方法

应用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,数据用均值 $\pm$ 标准差表示。应用配对  $t$  检验比较术前、术后参数的差异性,应用 Pearson 相关分析  $\Delta SH$  与其他参数之间的相关性,应用线性回归分析探讨  $\Delta SH$  的线性预测模型。 $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 测量结果

90 例 Lenke 3 型 AIS 患儿术前、术后的 SH、侧凸 Cobb 角、TK 及 LL 见表 1。术后 SH 增加  $2.9 \pm 1.0$  cm( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 1 改善  $37.3^\circ \pm 8.9^\circ$ ( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 2 改善  $22.6^\circ \pm 9.3^\circ$ ( $P=0.000$ ),术后与术前相比均有统计学差异;术后 TK 减小  $0.5^\circ \pm 10.8^\circ$ ( $P=0.634$ )、LL 减小  $4.1^\circ \pm 12.1^\circ$ ( $P=0.128$ ),术前与术后差异无统计学意义。

### 2.2 相关性分析

Pearson 相关性分析显示,  $\Delta SH$  与术前的 SH( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 1( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 2( $P=0.000$ )、TK( $P=0.023$ )均呈显著相关性,而与术前 LL( $P=0.149$ )之间的相关性无统计学意义;  $\Delta SH$  与术后的侧凸 Cobb 角 1( $P=0.000$ )、侧凸

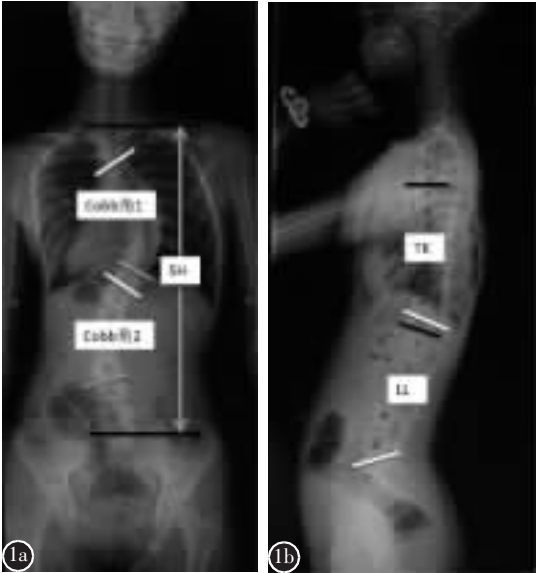


图 1 冠状面(a)和矢状面(b)脊柱参数测量(SH: 脊柱高度;TK: 胸椎后凸角;LL: 腰椎前凸角)

Figure 1 Parameters measured on coronal(a) and sagittal (b) spinal X-rays SH: spinal height; TK: thoracic kyphosis; LL: lumbar lordosis

Cobb角 2( $P=0.000$ )、LL( $P=0.025$ )、侧凸 Cobb 角 1 变化( $P=0.000$ )、侧凸 Cobb 角 2 变化( $P=0.000$ )、TK 变化( $P=0.032$ )呈显著相关性,与术后的 SH ( $P=0.381$ )、TK( $P=0.794$ )、LL 变化( $P=0.483$ )无显著相关性(表 2)。

2.3 线性回归分析

$\Delta$ SH 与脊柱参数变化值之间的线性回归分析示,侧凸 Cobb 角 1 变化( $P=0.017$ )、侧凸 Cobb 角 2 变化( $P=0.001$ )与  $\Delta$ SH 之间呈显著线性相关( $R^2=0.333$ ,表 3),而 TK 变化( $P=0.072$ )和 LL 变化( $P=0.556$ )未能进入回归模型中(表 3)。

$\Delta$ SH 与术前各脊柱参数之间的线性回归分析示, $\Delta$ SH 可由术前的侧凸 Cobb 角 1( $P=0.006$ )、侧凸 Cobb 角 2( $P=0.007$ )、术前 TK( $P=0.038$ )共同预测( $R^2=0.595$ ,表 4),而术前 LL( $P=0.162$ )未进入到预测模型中。Lenke 3 型 AIS 患儿脊柱后路矫形术后的  $\Delta$ SH=0.022 $\times$ (术前侧凸 Cobb 角 1)+0.027 $\times$ (术前侧凸 Cobb 角 2)+0.016 $\times$ (术前 TK)。

3 讨论

近年来,学者们对 AIS 患儿身高的丢失进行了较为详尽的研究和分析,提出的 AIS 患儿身高丢失的计算公式已广泛应用于临床研究和科研分

表 1 90 例患儿术前及术后的测量结果 ( $\bar{x}\pm s$ )

Table 1 Pre-and post-op parameters of the 90 patients

| 参数<br>Parameters                          | 术前<br>Pre-op    | 术后<br>Post-op                |
|-------------------------------------------|-----------------|------------------------------|
| SH(cm)                                    | 39.8 $\pm$ 3.2  | 42.7 $\pm$ 2.9 <sup>①</sup>  |
| 侧凸 Cobb 角 1( $^{\circ}$ )<br>Cobb angle 1 | 56.5 $\pm$ 17.6 | 19.3 $\pm$ 13.8 <sup>①</sup> |
| 侧凸 Cobb 角 2( $^{\circ}$ )<br>Cobb angle 2 | 37.4 $\pm$ 13.5 | 14.7 $\pm$ 9.8 <sup>①</sup>  |
| TK( $^{\circ}$ )                          | 19.2 $\pm$ 11.1 | 18.7 $\pm$ 7.4               |
| LL( $^{\circ}$ )                          | 53.9 $\pm$ 12.0 | 49.8 $\pm$ 11.6              |

注:SH, 脊柱高度;TK, 胸椎后凸角;LL, 腰椎前凸角。①与术前比较  $P<0.05$

Note: SH, spinal height; TK, thoracic kyphosis; LL, lumbar lordosis. ①Compared with pre-op,  $P<0.05$

表 2  $\Delta$ SH 与术前、术后参数之间的 Pearson 相关性分析结果

Table 2 Pearson correlation analysis between  $\Delta$ SH and pre-op parameters

| 参数<br>Parameters                                    | 相关系数<br>Coefficient | $P$   |
|-----------------------------------------------------|---------------------|-------|
| 术前 Pre-op                                           |                     |       |
| SH(cm)                                              | -0.412              | 0.000 |
| 侧凸 Cobb 角 1( $^{\circ}$ )<br>Cobb angle 1           | 0.723               | 0.000 |
| 侧凸 Cobb 角 2( $^{\circ}$ )<br>Cobb angle 2           | 0.719               | 0.000 |
| TK( $^{\circ}$ )                                    | 0.239               | 0.023 |
| LL( $^{\circ}$ )                                    | -0.153              | 0.149 |
| 术后 Post-op                                          |                     |       |
| SH(cm)                                              | -0.093              | 0.381 |
| 侧凸 Cobb 角 1( $^{\circ}$ )<br>Cobb angle 1           | 0.659               | 0.000 |
| 侧凸 Cobb 角 2( $^{\circ}$ )<br>Cobb angle 2           | 0.520               | 0.000 |
| TK( $^{\circ}$ )                                    | 0.028               | 0.794 |
| LL( $^{\circ}$ )                                    | -0.236              | 0.025 |
| Cobb 角 1 变化( $^{\circ}$ )<br>Change in Cobb angle 1 | 0.413               | 0.000 |
| Cobb 角 2 变化( $^{\circ}$ )<br>Change in Cobb angle 2 | 0.494               | 0.000 |
| TK 变化( $^{\circ}$ )<br>Change in TK                 | 0.226               | 0.032 |
| LL 变化( $^{\circ}$ )<br>Change in LL                 | 0.075               | 0.483 |

注:SH, 脊柱高度;TK, 胸椎后凸角;LL, 腰椎前凸角

Note: SH, spinal height;TK, thoracic kyphosis;LL, lumbar lordosis

析中<sup>[13-15]</sup>。与之相对的,越来越多的学者们开始关注 AIS 脊柱后路矫形术后身高的增加,并提出了多个 AIS 矫形术后身高矫正的相关因素。Watanabe 等<sup>[16]</sup>认为侧凸 Cobb 角的矫正是影响 AIS 术后身高增加的最主要因素。有学者<sup>[16]</sup>发现

表 3  $\Delta$ SH 与脊柱参数变化值之间的线性回归结果Table 3 Linear regression analysis of  $\Delta$ SH with change in spinal parameters

| 参数<br>Parameters                         | 回归系数<br>Coefficient | P     |
|------------------------------------------|---------------------|-------|
| 常数<br>Constant                           | 0.813               | 0.050 |
| 侧凸 Cobb 角 1 变化<br>Change in Cobb angle 1 | 0.029               | 0.017 |
| 侧凸 Cobb 角 2 变化<br>Change in Cobb angle 2 | 0.041               | 0.001 |
| TK 变化<br>Change in TK                    | 0.019               | 0.072 |
| LL 变化<br>Change in LL                    | 0.005               | 0.556 |

注:SH, 脊柱高度;TK, 胸椎后凸角;LL, 腰椎前凸角

Note: SH, spinal height; TK, thoracic kyphosis; LL, lumbar lordosis

表 4  $\Delta$ SH 与术前脊柱参数之间的线性回归结果Table 4 Linear regression analysis of  $\Delta$ SH with pre-op spinal parameters

| 参数<br>Parameters                     | 回归系数<br>Coefficient | P     |
|--------------------------------------|---------------------|-------|
| 常数<br>Constant                       | 0.642               | 0.492 |
| 术前侧凸 Cobb 角 1<br>Pre-op Cobb angle 1 | 0.022               | 0.006 |
| 术前侧凸 Cobb 角 2<br>Pre-op Cobb angle 2 | 0.027               | 0.007 |
| 术前 TK<br>Pre-op TK                   | 0.016               | 0.038 |
| 术前 LL<br>Pre-op LL                   | -0.010              | 0.162 |

注:SH, 脊柱高度;TK, 胸椎后凸角;LL, 腰椎前凸角

Note: SH, spinal height; TK, thoracic kyphosis; LL, lumbar lordosis

AIS 患儿术后身高的增加与术前侧凸 Cobb 角及 Cobb 角矫正值是影响脊柱高度增加的最主要因素, 进一步佐证了 Watanabe 等<sup>[6]</sup>的研究结论。Sarлак 等<sup>[9]</sup>进一步提出除了侧凸 Cobb 角之外, 顶椎旋转程度、手术融合节段数、椎间盘高度等同样是 AIS 患儿矫形术后身高增加的重要相关因素。Hwang 等<sup>[7]</sup>的多中心研究则发现矢状面参数的变化是 AIS 矫形术后身高增加的重要因素。Spencer 等<sup>[8]</sup>提出侧凸 Cobb 角矫正、融合节段、术前身高是 AIS 患儿术后身高增加的相关因素。Spencer 等<sup>[8]</sup>的研究结果提示矢状面参数变化与术后身高矫正之间的相关性并未达到统计学意义, 与 Hwang 等<sup>[7]</sup>的结论不符。因此, 既往文献研究对 AIS 患儿脊柱后路矫形术后身高矫正的相关因素仍无明确定论。另外, 不同弯型的 AIS 患儿, 因手

术方案及融合节段的不同, 其身高矫正的相关因素也不尽一致。本研究旨在探讨 Lenke 3 型 AIS 患儿脊柱后路矫形术后的身高矫正, 分析其相关因素, 并建立 Lenke 3 型 AIS 矫形术后身高矫正的预测模型。

本研究 90 例 Lenke 3 型 AIS 患儿中, 术后 SH 平均增加  $2.9 \pm 1.0$  cm、侧凸 Cobb 角 1 和 2 平均改善  $37.3^\circ \pm 8.9^\circ$  和  $22.6^\circ \pm 9.3^\circ$ , 与术前相比均有显著性差异, 表明侧凸 Cobb 角的改善仍然是 Lenke 3 型 AIS 患儿术后身高矫正的最重要因素, 与既往研究<sup>[6,16]</sup>结果类似。另外, 本研究结果发现患儿术前 TK 为  $19.2^\circ \pm 11.1^\circ$ , 术后为  $18.7^\circ \pm 7.4^\circ$ ; 术前 LL 为  $53.9^\circ \pm 12.0^\circ$ , 术后为  $49.8^\circ \pm 11.6^\circ$ , 术后 TK、LL 与术前比较均无统计学差异。

本研究  $\Delta$ SH 与术前、术后各脊柱参数之间的 Pearson 相关性分析发现, 术前、术后的侧凸 Cobb 角及其改变值与身高矫正值呈显著相关, 进一步证实了既往研究<sup>[6-8,16]</sup>的结论。Pearson 相关性分析同时提示矢状面参数 TK 和 LL 的改变与身高矫正值之间也存在一定的相关性, 但其显著性远低于侧凸 Cobb 角, 该结果与 Hwang 等<sup>[7]</sup>的报道类似。我们推断因 Lenke 3 型 AIS 患儿手术需同时融合胸腰弯/腰弯, 较长的手术融合节段对其矢状面参数的影响会更加明显, 故不同弯型的 AIS 患儿矫形术后身高矫正的相关因素也不尽一致。因此, 矫形手术中对 AIS 患儿进行 TK 和 LL 的重建时可引起患儿身高的变化。对于矢状面形态较差的 AIS 患儿, 矢状面形态的改善可显著影响患儿术后身高的矫正。

另外, 本研究应用线性回归模型进一步探讨了 Lenke 3 型 AIS 患儿矫形术后身高矫正与各脊柱参数之间的线性相关性。 $\Delta$ SH 与脊柱参数变化值之间的线性回归结果表明, Lenke 3 型 AIS 患儿矫形术后主胸弯和胸腰弯/腰弯的改变值是身高矫正最重要的决定性因素。因本研究入选的绝大多数 AIS 患儿不存在矢状面的严重畸形, 故 TK 和 LL 的改变对身高矫正的影响远低于侧凸 Cobb 角的改变对身高矫正的影响, 因此最终未能进入到回归方程中。

本研究  $\Delta$ SH 与术前脊柱参数之间的线性回归结果则表明, 术前侧凸 Cobb 角 1 和侧凸 Cobb 角 2 可用于预测术后身高的矫正。术前侧凸越严重, 术后身高矫正越显著。另外, 线性回归分析发



现术前 TK 同样与术后的身高矫正值呈显著正相关,表明术前 TK 较大的 AIS 患儿术后身高矫正较显著。因此,综合本研究的两次线性回归分析的结果,我们认为应用 AIS 患儿的术前侧凸 Cobb 角及术前 TK 可以较好地预测患儿术后身高恢复情况。虽然矫形手术对 AIS 患儿 TK 的改变并未达到统计学上的差异,但术前 TK 较大的患儿术后仍可以获得更高的身高矫正效果。

本研究的不足之处在于相对较低的样本量。仅入选 Lenke 3 型的 AIS 患儿,虽然可以提高结果在 Lenke 3 型患儿中的可靠性,但结果并不适用于其他的侧凸类型。本研究所有病例均为行非选择性融合手术的患儿,而选择性胸弯融合患儿并未纳入本研究。另外,随着患儿主弯顶椎位置的不同,手术融合节段的选择也不尽一致,而手术融合节段的差异性会导致手术对 TK 和 LL 产生不同的影响。因此,本研究的结论需要在后期的研究中进一步证实。

总之,Lenke 3 型 AIS 患儿脊柱后路矫形术后身高矫正的相关因素包括术前、术后的主弯侧凸 Cobb 角、术前 TK 及其术后变化值。主弯 Cobb 角矫正是 Lenke 3 型 AIS 术后身高增加的最主要影响因素。Lenke 3 型 AIS 患儿的术前侧凸 Cobb 角及术前 TK 可以较好地预测患儿术后身高恢复情况。术前侧凸 Cobb 角及 TK 越大,术后身高矫正越明显。

#### 4 参考文献

- Shi B, Mao S, Xu L, et al. Integrated multi-dimensional maturity assessments predicting the high risk occurrence of peak angle velocity during puberty in progressive female idiopathic scoliosis[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(4): E491-E496.
- Shi B, Mao S, Liu Z, et al. Spinal growth velocity versus height velocity in predicting curve progression in peri-pubertal girls with idiopathic scoliosis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17(1): 368.
- Gitelman Y, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure: a 10-year follow-up analysis[J]. *Spine*, 2011, 36(20): 1665-1672.
- Greggi T, Bakaloudis G, Fusaro I, et al. Pulmonary function after thoracoplasty in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(8): e63-69.
- Urquhart DS, Gallella S, Gidaris D, et al. Six-year follow-up study on the effect of combined anterior and posterior spinal fusion on lung function and quality of life in young people with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Arch Dis Child*, 2014, 99(10): 922-926.
- Watanabe K, Hosogane N, Kawakami N, et al. Increase in spinal longitudinal length by correction surgery for adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(10): 1920-1925.
- Hwang SW, Samdani AF, Lonner BS, et al. A multicenter analysis of factors associated with change in height after adolescent idiopathic scoliosis deformity surgery in 447 patients [J]. *J Neurosurg Spine*, 2013, 18(3): 298-302.
- Spencer HT, Gold ME, Karlin LI, et al. Gain in spinal height from surgical correction of idiopathic scoliosis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96(1): 59-65.
- Sarlak AY, Atmaca H, Musaoğlu R, et al. The height gain in scoliotic deformity correction: assessed by new predictive formula[J]. *Comput Math Methods Med*, 2012, 2012: 167021.
- Shi B, Mao S, Xu L, et al. Accurate prediction of height loss in adolescent idiopathic scoliosis: Cobb angle alone is insufficient [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(10): 3341-3346.
- Qian BP, Qiu Y, Wang B, et al. Pedicle subtraction osteotomy through pseudarthrosis to correct thoracolumbar kyphotic deformity in advanced ankylosing spondylitis[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(4): 711-718.
- Shi B, Mao S, Wang Z, et al. How does the supine MRI correlate with standing radiographs of different curve severity in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2015, 40(15): 1206-1212.
- Bjure J, Nachemson A. Non-treated scoliosis[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1973, 93: 44-52.
- Ylikoski M. Height of girls with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Eur Spine J*, 2003, 12(3): 288-289.
- Stokes IA. Stature and growth compensation for spinal curvature[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2008, 140: 48-51.
- 钱邦平, 毛赛虎, 孙旭, 等. 后路矫形手术对青少年特发性脊柱侧凸患儿脊柱高度的影响[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2013, 23(8): 694-699.

(收稿日期:2017-03-12 修回日期:2017-04-28)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)