

DOI:10.16781/j.0258-879x.2017.11.1384

## 长海支点侧屈位 X 线片在骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯柔韧性评估中的应用

缪 雄<sup>1</sup>, 栗景峰<sup>1\*</sup>, 王 飞<sup>1</sup>, 吴锦辉<sup>1</sup>, 王 超<sup>1</sup>, 袁佳滨<sup>1</sup>, 苗 巍<sup>2</sup>, 陈自强<sup>1</sup>, 杨长伟<sup>1</sup>, 魏显招<sup>1</sup>, 石志才<sup>1</sup>, 李 明<sup>1</sup>

1. 第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433

2. 解放军 413 医院骨二科, 舟山 316000

**[摘要]** **目的** 评价长海支点侧屈位 X 线片在骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯患者术前柔韧性评估中的作用和价值。**方法** 选取 2013 年 6 月至 2015 年 2 月 19 例骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯患者, 女性 15 例, 男 4 例; 年龄 20~30 岁, 平均(23.1±3.5)岁。采用第二军医大学长海医院自行研制的可升降可测重长海支点侧屈位装置对患者的 25 个胸椎及腰椎侧弯进行术前影像学柔韧性评估。评估内容包括术前站立前后位 X 线片、长海支点侧屈位 X 线片(基础支点侧屈位、最大支点侧屈位)、仰卧侧屈位 X 线片、传统支点侧屈位 X 线片以及术后 1 周站立前后位 X 线片。术前与术后参数间比较采用配对 *t* 检验, 参数间的相关性采用 Pearson 相关性分析。**结果** 19 例患者共包括 25 个结构性弯曲, 其中 17 个主胸弯、8 个胸腰/腰弯。仰卧侧屈位、传统支点侧屈位、长海基础支点侧屈位 Cobb 角与术后 1 周站立前后位 Cobb 角相比差异均有统计学意义(*P* 均<0.05); 传统支点侧屈位、长海基础支点侧屈位 Cobb 角与长海最大支点侧屈位 Cobb 角相比差异均有统计学意义(*P* 均<0.05)。主胸弯和胸腰/腰弯 2 种侧弯的评估结果与整体评估结果一致。整体数据的相关性分析提示长海基础支点侧屈位、长海最大支点侧屈位柔韧性指数与手术矫正率均呈正相关(*r*=0.84、0.87, *P* 均<0.01); 长海最大支点侧屈位支点高度与支点上所测得的最大重量呈正相关(*r*=0.67, *P*=0.001), 高度变化与支点重量变化也呈正相关(*r*=0.60, *P*=0.001)。**结论** 与传统的支点侧屈位 X 线片及仰卧侧屈位 X 线片相比, 长海支点侧屈位 X 线片可以更好地反映骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯患者的柔韧性, 可用于辅助脊柱侧弯患者的术前柔韧性评估; 长海支点侧屈位 X 线片的结果更接近椎弓根螺钉系统矫形的结果。

**[关键词]** 脊柱侧凸; 放射摄影术; 柔韧性; 支点侧屈

**[中图分类号]** R 682.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2017)11-1384-06

### Application of Changhai fulcrum bending radiographic technique in assessing curve flexibility of 20-30 years old patients with skeletal mature idiopathic scoliosis

MIAO Xiong<sup>1</sup>, LI Jing-feng<sup>1\*</sup>, WANG Fei<sup>1</sup>, WU Jin-hui<sup>1</sup>, WANG Chao<sup>1</sup>, YUAN Jia-bin<sup>1</sup>, MIAO Wei<sup>2</sup>, CHEN Zi-qiang<sup>1</sup>, YANG Chang-wei<sup>1</sup>, WEI Xian-zhao<sup>1</sup>, SHI Zhi-cai<sup>1</sup>, LI Ming<sup>1</sup>

1. Department of Orthopedics, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

2. Department of Orthopaedics (II), No. 413 Hospital of PLA, Zhoushan 316000, Zhejiang, China

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the role and value of Changhai fulcrum bending radiograph (CH-FBR) in curve flexibility assessment of patients with skeletal mature idiopathic scoliosis. **Methods** Twenty-five thoracic and lumbar vertebrae curves derived from 19 patients with skeletal mature idiopathic scoliosis treated in Changhai Hospital of Second Military Medical University between Jun. 2013 and Feb. 2015 using Changhai fulcrum bending radiographic technique were enrolled. The patients included 15 females and 4 males, with an average age of (23.1±3.5) years old (ranged from 20 to 30 years old). The assessment of radiographs included preoperative standing posterior-anterior radiograph, Changhai fulcrum bending radiograph (starting fulcrum bending, maximum fulcrum bending), supine side-bending radiograph, traditional fulcrum bending radiograph and postoperative standing posterior-anterior radiograph one week after surgery. Paired *t*-test was used to assess the differences between preoperative and postoperative parameters, and the correlation

**[收稿日期]** 2017-05-17 **[接受日期]** 2017-08-24

**[基金项目]** 国家自然科学基金(81372019). Supported by National Natural Science Foundation of China (81372019).

**[作者简介]** 缪 雄, 硕士生, 主治医师. E-mail: miaoxiong336@smmu.edu.cn

\* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161690, E-mail: lijingfeng75@163.com

between parameters was analyzed by Pearson correlation analysis. **Results** There were a total of 25 curves in this study, including 17 thoracic curves and 8 thoracolumbar/lumbar curves. Cobb's angles in supine side-bending, traditional fulcrum bending and Changhai starting fulcrum bending were significantly different from the Cobb's angles in postoperative standing posterior-anterior (all  $P < 0.05$ ); Cobb's angles in traditional fulcrum bending and Changhai maximum fulcrum bending were significantly different from the Cobb's angle in Changhai starting fulcrum bending ( $P < 0.05$ ). The results of 17 thoracic and 8 thoracolumbar/lumbar curves were same as 25 curves. Correlation analysis of 25 curves showed that the flexibility rates in Changhai starting fulcrum bending and Changhai maximum fulcrum bending were both positively related to correction rate ( $r = 0.84, 0.87$ ; both  $P < 0.01$ ). The height of Changhai maximum fulcrum bending radiograph was positively correlated with the maximum weight ( $r = 0.67, P = 0.001$ ), and the height changes of Changhai maximum fulcrum bending radiograph was positively correlated with the weight changes ( $r = 0.60, P = 0.001$ ). **Conclusion** Changhai fulcrum bending radiograph is more reliable and effective than traditional fulcrum bending radiograph and supine side-bending for curve flexibility evaluation in patients with skeletal mature idiopathic scoliosis. Compared with the traditional fulcrum bending radiograph and side-bending radiograph, the flexibility suggested by the Changhai fulcrum bending radiograph is closer to the postoperative result made by pedicle screws fixation and fusion.

[**Key words**] scoliosis; radiography; flexibility; fulcrum bending

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2017, 38(11): 1384-1389]

脊柱侧弯患者的术前侧弯柔韧性评估是术前准备的一项重要内容,它在判定侧弯结构性特点、融合节段选择以及帮助制定手术计划等过程中都发挥了重要作用。目前,常用的侧弯柔韧性评估方法包括仰卧侧屈位 X 线片、牵引位 X 线片、俯卧位推压 X 线片以及支点侧屈位 X 线片,但都存在预测结果较差、射线暴露损害以及评估标准不严等问题<sup>[1-4]</sup>。为了更加准确和客观地评估侧弯的柔韧性,我们设计了长海支点侧屈位装置,并采用长海支点侧屈位 X 线片 (Changhai fulcrum bending radiograph, CH-FBR) 来评估侧弯的柔韧性。前期研究显示 CH-FBR 在评估青少年特发性脊柱侧弯 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 患者侧弯柔韧性上较传统支点侧屈位 X 线片和仰卧侧屈位 X 线片更准确和可靠,且其反映的侧屈柔韧性更接近术后椎弓根螺钉的矫形效果<sup>[5]</sup>。

然而,对于骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯患者,目前仍缺乏相应的方法对其柔韧性进行准确评估。长海支点侧屈位装置具有不同的高度调节和重量显示功能,可用于准确判断侧弯的柔韧性,但对于评估侧弯比较僵硬的成人脊柱畸形患者,其效果仍然未知。本研究旨在进一步明确 CH-FBR 在评估骨骼发育成熟的成人特发性脊柱侧弯患者胸弯和胸腰/腰弯的柔韧性中的作用。

## 1 资料和方法

1.1 一般资料 选取 2013 年 6 月至 2015 年 2 月拟在第二军医大学长海医院接受一期后路椎弓根螺

钉脊柱侧弯矫形及融合手术的 19 例共 25 个侧弯的骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯患者,研究经第二军医大学长海医院医学伦理委员会审批通过,所有患者均知情同意。纳入标准:(1)骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯 (Risser 征 V 度);(2)Cobb 角大于  $40^\circ$ ;(3)年龄为 20~30 岁;(4)既往诊断 AIS 并接受支具治疗病史,但因各种原因未在青少年时期接受手术治疗;(5)未在术前接受过额外的柔韧性矫正手术。排除标准:近期创伤;脊柱手术史;严重的骨折疏松或压缩性骨折;骨骼代谢性疾病;转移性疾病引起的骨骼病理状态。参考既往侧弯病史,根据 Lenke 等<sup>[1]</sup>推荐的分型方法,得本组患者分型为 1C 型 2 例、1CN 型 7 例、2AN 型 1 例、3CN 型 2 例、4CN 型 1 例、5CN 型 5 例、6CN 型 1 例。所有患者均接受自体骨植骨,椎弓根螺钉均采用 Expedium system (Depuy Synthes, Raynham, MA)。全部手术都由同一组脊柱外科医师完成。顶椎区域实施 3 个节段的 Ponte 截骨。

1.2 影像学评估方法 采用术前、术后 1 周的 X 线片进行影像学评估。仰卧侧屈位 X 线片要求患者尽可能最大限度向左/右屈曲,患者一侧肋骨刚好接触骨盆时最理想。传统支点侧屈位 X 线片按照 Cheung 和 Luk<sup>[6]</sup>描述的方法实施,具体操作为:患者侧卧于可穿透射线的圆筒支点上,共有 3 个大小不同的圆筒 (19、23、27 cm) 供选择,选择一个最小的能够使患者身体刚好抬离桌面的圆筒作为测量支点;若是胸椎侧弯,圆筒置于胸弯顶椎对应的肋骨下方并使肩部离开桌面;对于腰椎侧弯,圆筒直接放在

对应的顶椎下方并使骨盆离开桌面。

本研究所使用的新型支点侧屈位装置 CH-FBR II 为第二军医大学长海医院自行设计并在原有 I 代基础上进行了改进(图 1),该装置由箱体、升降传动装置和重量感受装置组成。箱体为一由金属材料制成的长方形外壳,高度为 20 cm,箱体的顶端为升降盖。升降盖受一侧旋转盘的控制来调节高度,高度调节范围为 0~12 cm。重量感受装置包括重量感应器和重量显示屏,重量感应器位于升降盖之下并与调节框上顶角相连,重量显示屏在箱体一侧与压力感应器相连,用于显示作用于升降盖上的重量值(kg)。本次使用的装置主要针对升降盖和侧方的旋转盘进行了改进,使患者检查时更舒适,操作者旋转更便捷。



图 1 长海支点侧屈位装置图

Fig 1 Device for Changhai fulcrum bending radiograph

操作时将长海支点侧屈位装置置于检查床上,被检查者侧卧于升降盖上,使患者侧弯凸侧朝向装置。对于胸椎侧弯,装置置于胸椎侧弯顶椎对应的肋骨上;对于腰椎侧弯,装置直接放在对应的顶椎下方,与传统的支点放置位置相似。利用旋转盘通过箱体内的传动螺杆使升降盖升高,调整整个装置的高度,使不同身高或体型的脊柱侧弯患者侧卧于该装置上时骨盆和肩部都可以更好地抬离桌面。患者刚侧卧于该装置上时记录基础支点高度,读取基础重量值,并进行 X 线摄片;再缓慢升高升降盖,当支点达到一定高度时重量值不再变化,由重量显示屏获取最大重量值,并测量最大支点高度。同时使用 X 线机拍摄前后位 X 线片,观察脊柱侧弯的角度变化情况。

1.3 临床评估指标 按标准方法<sup>[7]</sup>测量获得所有 X 线片的 Cobb 角,测量过程由 2 名有经验的脊柱外科医师分别进行,最后计算取平均值。X 线片的评估包括术前站立前后位、仰卧侧屈位、传统支点侧屈位及 CH-FBR 和术后 1 周站立前后位 X 线片。评估患者

的手术矫正率(correction rate, CR)、侧弯柔韧性指数(flexibility rate, FR)和矫正指数(correction index, CI),采用以下公式计算:CR(%)=(术前 Cobb 角-术后 Cobb 角)/术前 Cobb 角×100%,FR(%)=(术前 Cobb 角-侧屈位 Cobb 角)/术前 Cobb 角×100%,CI(%)=CR/FR×100%。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 17.0 软件对原始数据进行描述性统计分析。呈正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。组内术前及术后差异比较采用配对 *t* 检验。Pearson 相关分析采用双样本分析。相关系数(*r*)定义为:0.80~1.00 高度相关,0.60~0.79 明显相关,0.40~0.59 中度相关,<0.40 低度相关,0 无相关<sup>[8]</sup>。使用 *r* 及调整后的  $R^2$  同时评估脊柱 FR 与 CR 之间的相关性,以及两者之间的最佳适应性趋势(线性、二次方、三次方)。检验水准( $\alpha$ )为 0.05。

## 2 结果

2.1 患者一般资料 共 19 例患者纳入研究,女性 15 例(78.9%)、男性 4 例(21.1%);手术时平均年龄为(23.1±3.5)岁(20~30 岁)。共有 25 弯被确定为结构性弯,其中 17 个主胸(main thoracic, MT)弯,8 个胸腰/腰(thoracolumbar/lumbar, TL/L)弯。患者的平均体质量为(49.0±6.4) kg(41.0~70.0 kg);平均身高为(162.2±6.0) cm(155~178 cm)。

2.2 患者影像学评估结果 术前平均 Cobb 角测量结果(图 2,表 1)为站立前后位 X 线片(50.7±12.8)°、仰卧侧屈位 X 线片(26.2±14.5)°、传统支点侧屈位 X 线片(19.4±12.9)°、长海基础支点侧屈位 X 线片(19.0±12.1)°、长海最大支点侧屈位 X 线片(14.4±12.4)°。术后 1 周站立前后位 X 线片平均 Cobb 角为(15.0±9.0)°。仰卧侧屈位、传统支点侧屈位、长海基础支点侧屈位 Cobb 角与术后站立位 Cobb 角相比差异均有统计学意义(*P* 均<0.05),传统支点侧屈位、长海基础支点侧屈位 Cobb 角与长海最大支点侧屈位相比差异均有统计学意义(*P* 均<0.05)。而传统支点侧屈位 Cobb 角与长海基础支点侧屈位相比差异无统计学意义(*P* = 0.39),长海最大支点侧屈位 Cobb 角与术后 1 周站立前后位相比差异也无统计学意义(*P* = 0.61)。长海基础支点重量值为(21.7±5.9) kg,长海最大支点重量值为(40.5±5.3) kg。CH-FBR 最大支点高度为(29.7±1.6) cm。

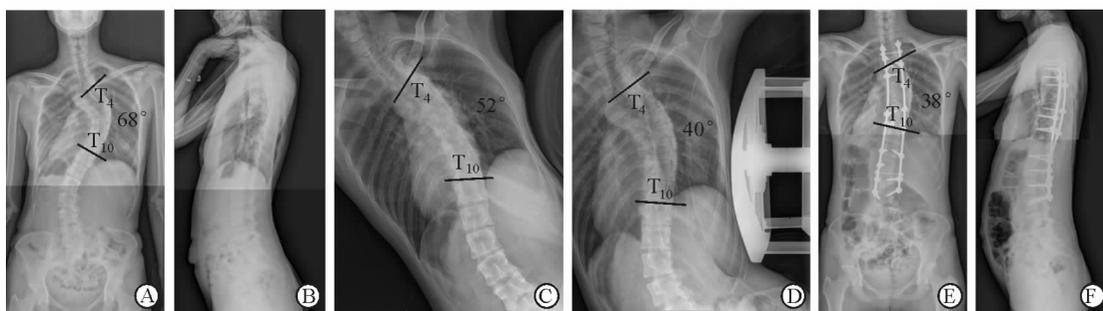


图 2 典型病例

Fig 2 A typical case

A 25-year-old female patient with mature idiopathic scoliosis and main thoracic curve from T<sub>4</sub> to T<sub>10</sub>. A: Cobb's angle of 68° by standing coronal radiograph; B: Sagittal overall balance, with normal range of physiological bending by standing lateral radiograph; C, D: Traditional fulcrum bending radiograph (C) and maximum Changhai fulcrum bending radiograph (D) demonstrating the Cobb's angles of thoracic curve were 52° and 40°, respectively; E: Cobb's angle of 38° by standing coronal radiograph one week after surgery; F: Sagittal overall balance, with normal range of physiological bending by standing lateral radiograph one week after surgery

表 1 不同体位下 Cobb 角的比较

Tab 1 Descriptive analyses of average Cobb's angle in different body positions

Body position	$\theta/(\text{°}), \bar{x} \pm s$		
	The whole $n=25$	Main thoracic $n=17$	TL/L $n=8$
Preoperative standing	50.7±12.8	52.6±14.3	46.5±8.2
Supine side-bending	26.2±14.5*	29.4±15.9*	19.5±8.4*
Traditional FB	19.4±12.9*△	21.0±15.3*△	16.0±4.1*△
Starting CH-FB	19.0±12.1*△	20.1±14.4*△	16.6±3.9*△
Maximum CH-FB	14.4±12.4	16.0±14.6	11.0±4.1
Postoperative 1-week standing	15.0±9.0	16.6±10.5	11.6±2.7

FB: Fulcrum bending; CH-FB: Changhai fulcrum bending; TL/L: Thoracolumbar/lumbar. Paired  $t$  test. \*  $P < 0.05$  vs postoperative 1-week standing; △  $P < 0.05$  vs maximum CH-FB

2.3 各组患者临床评估结果比较 所有患者仰卧侧屈位、传统支点侧屈位、长海基础支点侧屈位和长海最大支点侧屈位的平均 FR 分别为  $(50.9 \pm 16.9)\%$ 、 $(64.3 \pm 16.1)\%$ 、 $(64.8 \pm 14.6)\%$  和  $(74.4 \pm 15.8)\%$ ，术后 1 周平均 CR 为  $(71.8 \pm 11.1)\%$ ；仰卧侧屈位、传统支点侧屈位、长海基础支点侧屈位和长海最大支点侧屈位的平均 CI 分别为  $(155.2 \pm 49.5)\%$ 、 $(115.8 \pm 20.3)\%$ 、 $(113.8 \pm 17.2)\%$  和  $(99.1 \pm 16.1)\%$ 。CI 越接近 100%，说明其评估脊柱侧弯的柔韧性越准确。由整体数据、主胸弯以及胸腰弯/腰弯各位点指标可见，长海最大支点侧屈位患者的 FR、CI 均优于传统支点侧屈位和仰卧侧屈位 ( $P$  均  $< 0.05$ )。见表 2。

2.4 相关性分析结果 Pearson 相关性分析结果显示，手术 CR 与长海基础支点侧屈位 FR 呈正相关 ( $r=0.84, R^2=0.71, P=0.001$ )，与长海最大支点侧屈位柔韧性也呈正相关 ( $r=0.87, R^2=0.75, P=0.001$ )。长海最大重量值与长海最大支点高度呈正相关 ( $r=0.67, R^2=0.45, P=0.001$ )，长海支点重量变化与长海支点高度变化呈正相关 ( $r=$

$0.60, R^2=0.36, P=0.001$ )。

### 3 讨论

骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯已受到越来越多的关注，其定义为具有 AIS 病史、接受或未接受过支具治疗、在骨骼发育成熟后继续表现或进展的脊柱畸形。特发性脊柱侧弯通常在骨骼发育成熟后仍会继续进展，文献报道大约有超过 60% 的成人特发性脊柱侧弯患者的侧弯畸形会继续进展，特别是侧弯 Cobb 角大于 50° 的患者<sup>[9-11]</sup>。如果成人患者侧弯持续进展或经保守治疗后仍然表现为顽固性腰背部疼痛，那就应对侧弯进行手术干预及治疗。一般 AIS 患者接受手术治疗的最佳时期是疾病进展的高峰期 (10~18 岁)，但部分有手术指征的 AIS 患者由于受教育以及升学压力等因素的影响，未能在青少年时期接受手术治疗；也有部分患者在骨骼发育成熟后 (往往大于 20 岁)，由于畸形的进展或腰背痛以及出于外形美观等原因而再次考虑接受手术治疗。目前临床对于这部分患者的检查与评估方法较为缺乏。

表 2 不同体位下的柔韧性指数、矫正率和矫正指数分析

Tab 2 Analysis of flexibility rate, correction rate and correction index in different body positions

%,  $\bar{x} \pm s$

Index	The whole $n=25$	Main thoracic $n=17$	TL/L $n=8$
Flexibility rate			
Supine side-bending	50.9±16.9*	47.1±18.1*	59.0±11.0*
Traditional FB	64.3±16.1*	63.8±19.1*	65.5±7.0*
Starting CH-FB	64.8±14.6*	65.2±17.2*	63.9±7.9*
Maximum CH-FB	74.4±15.8	73.4±18.6	76.4±7.6
Correction rate	71.8±11.1	70.6±12.2	74.2±8.8
Correction index			
Supine side-bending	155.2±49.5*	166.8±52.0*	130.6±34.7*
Traditional FB	115.8±20.3*	116.5±21.8*	114.3±17.9*
Starting CH-FB	113.8±17.2*	112.2±17.4*	117.2±17.4*
Maximum CH-FB	99.1±16.1	99.6±16.8	98.0±15.7

FB: Fulcrum bending; CH-FB: Changhai fulcrum bending; TL/L: Thoracolumbar/lumbar. Paired  $t$  test. \*  $P < 0.05$  vs maximum CH-FB

许多方法可用于 AIS 患者的侧弯柔韧性评估,然而,目前对于骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯还没有可靠的柔韧性评估方法,往往是参照 AIS 的评估方法。仰卧侧屈位 X 线片被认为是侧弯柔韧性评估的金标准,但有学者认为在评估椎弓根螺钉矫形的情况下,仰卧侧屈位 X 线片并不是最佳预测术后矫形效果的柔韧性评估方法<sup>[1-3,12-13]</sup>。Cheung 和 Luk<sup>[6]</sup>发明了支点侧屈位影像学来评估脊柱侧弯的柔韧性,结果表明支点侧屈位 X 线片可有效评估 AIS 患者的侧弯畸形;随后,他们提出了支点侧屈矫正指数(fulcrum bending correction index, FBCI)这一新指标,并用来评估脊柱侧弯术后矫形效果。由于 FBCI 考虑到了脊柱的柔韧性,因此在评估矫形效果时其被认为优于传统 CR<sup>[14]</sup>。我们设计并改进了一种新型的支点侧屈位装置,即 CH-FBR,能更准确和客观地反映侧弯的柔韧性<sup>[5]</sup>。

与既往研究<sup>[5]</sup>相比,本研究中患者年龄更高[(22.8±3.7)岁 vs (15.2±2.2)岁]、侧弯角度更大[(50.7±12.8)° vs (47.5±8.8)°]、身高更高[(162.2±6.0)cm vs (160.4±9.1)cm]、体质量更大[(49.0±6.4)kg vs (48.2±7.5)kg]、骨骼发育更加成熟(Risser 征 V 度)、仰卧侧屈位柔韧性更小[(50.9±16.9)% vs (69.6±15.2)%]。本研究发现,整体数据中 CH-FBR 相比传统支点侧屈位 X 线片和仰卧侧屈位 X 线片能提供更准确的手术柔韧性预测,在主胸弯和胸腰/腰弯亚组数据中也具有相似结果;即使受试对象的侧弯柔韧性下降,研究结果也与以往在 AIS 患者中的研究结果<sup>[5]</sup>相似。本研究还发现,长海最大支点侧屈位 X 线片 Cobb 角与术后 1 周 Cobb 角相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),提示长海最大支点侧屈位 X 线片所反映的侧弯柔韧性与椎弓根螺钉矫形手术的结果非常接近。此外,传统支点侧屈位 X 线片与长海基础支点侧屈位

X 线片相比差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),长海最大支点侧屈位的 Cobb 角平均值小于传统支点侧屈位和仰卧侧屈位 X 线片,进一步说明长海最大支点侧屈位 X 线片相比传统支点侧屈位 X 线片和仰卧侧屈位 X 线片能更好反映脊柱侧弯的柔韧性。

当前公认的最佳脊柱侧弯柔韧性评估方法是支点侧屈位 X 线片,但是,传统支点侧屈位 X 线片也存在一些缺点。Cheung 和 Luk<sup>[6]</sup>提出传统支点侧屈位影像学判断侧弯畸形达到最大的标准为“最小的支点使患者的肩部或骨盆刚好离开床面”,他们所使用的可透视塑料圆筒支点高度分别为 19、23、27 cm;他们认为当患者的体质量作用于支点上时,侧弯所获得的矫形外力最大。然而,在实际工作中我们所能选择的支点高度非常有限。由于支点侧屈位影像学的矫形力主要由患者的体质量提供,理想的影像学结果往往依赖检查时支点的恰当选择。长海支点侧屈位影像学重新定义了侧弯达到最大矫形时的影像学标准,与传统支点侧屈位 X 线片相比,CH-FBR 可提供不同高度和相应压力下的新的影像学参数。本研究发现长海最大支点高度与最大重量值呈正相关,长海支点高度变化与重量值变化也呈正相关。因此,我们认为长海最大支点侧屈位 X 线片的标准相比传统支点侧屈位 X 线片更客观,研究结果显示平均最大重量值为(40.5±5.3)kg,比基础重量值的(21.7±5.9)kg 更接近患者的体质量[(49.0±6.4)kg]。

由于 CI 或 FBCI 考虑了侧弯的柔韧性,因此被认为其评估矫形效果优于传统 CR。FBCI 接近 100%提示支点侧屈位 X 线片所反映的侧弯柔韧性已经被内固定器械所使用。在评估不同方法时,当矫正率不变时,CI 或 FBCI 越接近 100%提示该评估方法越接近手术的矫形结果。本研究比较了仰卧侧屈位 CI、传统支点侧屈位 CI 和长海支点侧

屈位 CI, 发现长海支点侧屈位 CI 比仰卧侧屈位 CI 和传统支点侧屈位 CI 更接近 100%, 说明与传统支点侧屈位 X 线片和仰卧侧屈位 X 线片相比, 新型支点侧屈位的影像学结果更接近椎弓根螺钉内固定系统手术的矫形结果。

本研究是一项前瞻性、自身对照性研究, 所有患者均采用一致的后路手术方法, 而且所有病例均采用后路椎弓根螺钉矫形固定。其局限性在于主胸弯和胸腰弯/腰弯患者病例数相对较少, 仍需更广泛的、多中心参与的前瞻性研究以进一步验证本研究结果。

综上所述, 当对骨骼发育成熟的特发性脊柱侧弯患者进行柔性评估时, CH-FBR 所反映的脊柱柔性结果优于传统支点侧屈位 X 线片和仰卧侧屈位 X 线片, 该方法可以更可靠和更有效地辅助脊柱侧弯患者的术前柔性评估。同时, 与传统的支点侧屈位 X 线片和仰卧侧屈位 X 线片相比, 长海支点侧屈位影像学所反映的脊柱柔性结果更接近椎弓根螺钉矫形的结果, 可以对椎弓根螺钉矫形效果进行预测和评估。

#### [参考文献]

[1] LENKE L G, BETZ R R, HARMS J, BRIDWELL K H, CLEMENTS D H, LOWE T G, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83: 1169-1181.

[2] LENKE L G, KUKLO T R, ONDRA S, POLLY D W Jr. Rationale behind the current state-of-the-art treatment of scoliosis (in the pedicle screw era)[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33: 1051-1054.

[3] ARONSSON D D, STOKES I A, RONCHETTI P J, RICHARDS B S. Surgical correction of vertebral axial rotation in adolescent idiopathic scoliosis: prediction by lateral bending films[J]. *J Spinal Disord*, 1996, 9: 214-219.

[4] CHEUNG K M, NATARAJAN D, SAMARTZIS D, WONG Y W, CHEUNG W Y, LUK K D. Predictability of the fulcrum bending radiograph in thoracic adolescent idiopathic scoliosis correction with

alternate level pedicle screw fixation[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92: 169-176.

- [5] LI J, HWANG S, WANG F, CHEN Z, WU H, LI B, et al. An innovative fulcrum-bending radiographical technique to assess curve flexibility in patients with adolescent idiopathic scoliosis[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38: E1527-E1532. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182a58e89.
- [6] CHEUNG K M, LUK K D. Prediction of correction of scoliosis with use of the fulcrum bending radiograph[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1997, 79: 1144-1150.
- [7] COBB J. Outline for the study of scoliosis[J]. *Instr Course Lect*, 1948, 5: 261-265.
- [8] LI J, DUMONSKI M L, SAMARTZIS D, HONG J, HE S, ZHU X, et al. Coronal deformity correction in adolescent idiopathic scoliosis patients using the fulcrum-bending radiograph: a prospective comparative analysis of the proximal thoracic, main thoracic, and thoracolumbar/lumbar curves[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20: 105-111.
- [9] COLLIS D K, PONSETI I V. Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis not treated surgically[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1969, 51: 425-445.
- [10] WEINSTEIN S L, DOLAN L A, SPRATT K F, PETERSON K K, SPOONAMORE M J, PONSETI I V. Health and function of patients with untreated idiopathic scoliosis: a 50-year natural history study[J]. *JAMA*, 2003, 289: 559-567.
- [11] WEINSTEIN S L. Natural history[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1999, 24: 2592-2600.
- [12] McCALL R E, BRONSON W. Criteria for selective fusion in idiopathic scoliosis using Cotrel-Dubouset instrumentation[J]. *J Pediatr Orthop*, 1992, 12: 475-479.
- [13] WINTER R B, LONSTEIN J E, DENIS F. How much correction is enough? [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32: 2641-2643.
- [14] LUK K D, CHEUNG K M, LU D S, LEONG J C. Assessment of scoliosis correction in relation to flexibility using the fulcrum bending correction index[J]. *Spine*, 1998, 23: 2303-2307.

[本文编辑] 曾奇峰