

# 三维CT评价特发性脊柱侧凸患者术后肺形态学变化的研究

付君 张永刚 施新革 刘超 郑国权 宋凯 董天祥 王岩

**【摘要】 目的** 利用三维CT评价特发性脊柱侧凸患者脊柱后路内固定融合术后肺容积、肺高度、顶椎平面肺横截面积和凸侧/凹侧肺容积比的变化,探讨特发性脊柱侧凸患者矫形术后肺容积与肺功能之间的关系。**方法** 自2009年4月至2013年8月,共30例符合入选标准的患者纳入研究。男9例,女21例;年龄11.3~18.0岁,平均15.7岁。Lenke分型:I型19例、II型4例、III型7例。Risser征:3级11例、4级7例、5级12例。所有患者均于术前和术后1周左右进行脊柱三维CT扫描,CT扫描时患者仰卧位并保持深吸气末期。将所有CT扫描的资料导入工作站,利用Syngo软件分别测量肺容积、肺高度和顶椎平面肺横截面积。**结果** 特发性脊柱侧凸患者术前左侧肺高度为(21.4±2.6)cm,术后为(22.6±2.5)cm;右侧肺高度术前为(21.9±2.1)cm,术后增加至(22.7±2.7)cm。术前的顶椎平面肺横截面积为(232.9±43.6)cm<sup>2</sup>,术后减小至(223.1±38.4)cm<sup>2</sup>。左侧肺容积、右侧肺容积、总肺容积以及凸侧/凹侧肺容积比的手术前后改变均无统计学意义。左肺高度、右肺高度和顶椎平面肺横截面积的改变与患者的性别、年龄、Lenke分型、Risser征、主胸弯的矫正率以及胸椎后凸的矫正率之间无明显的相关性。**结论** 特发性脊柱侧凸患者后路内固定融合术后即刻发生了肺形态的变化,但术后即刻肺容积没有变化,仅表现为肺高度的增加。

**【关键字】** 脊柱侧凸;青少年;脊柱融合术;肺;成像,三维;体层摄影术,螺旋计算机

**【证据等级】** 治疗性研究IV级

**Assessment of lung morphology in adolescent idiopathic scoliosis following posterior spinal fusion by three-dimensional computed tomography** Fu Jun, Zhang Yonggang, Shi Xinge, Liu Chao, Zheng Guoquan, Song Kai, Dong Tianxiang, Wang Yan. Department of Spinal Surgery, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing 100853, China

**【Abstract】 Objective** To evaluate the changes in the lung volume, lung height, convex to concave lung volume ratio and pulmonary cross-sectional area of apical vertebral plane after posterior spinal fusion and to further analyse the relation between postoperative lung volume and pulmonary function. **Methods** From April 2009 to August 2013, a total of 30 patients were involved in this study. There were 9 males and 21 females, whose age ranged from 11.3 to 18.0 years old, with an average age of 15.7 years. The Risser sign of the subjects were 11 Risser III, 7 Risser IV, 12 Risser V, while the Lenke's classification were 19 Lenke I, 4 Lenke II and 7 Lenke III. All scans were obtained during deep inspiration breath-hold in supine position and performed both preoperatively and a week after operations. Then, we used Syngo software to manage the computed tomography scan imaging and to calculate the lung volume, the lung height and the pulmonary cross-sectional area of apical vertebral plane. **Results** Left lung height increased from (21.4±2.6) cm to (22.6±2.5) cm postoperatively. Right lung height was (21.9±2.1) cm while it increased to (22.7±2.7) cm postoperatively. The pulmonary cross-sectional area of apical vertebral plane decreased to (223.1±38.4) cm<sup>2</sup> postoperatively. Left lung volume, right lung volume, total lung volume and convex to concave lung volume ratio showed no statistically significant difference. The changes in left and right lung height and the pulmonary cross-sectional area of apical vertebral plane showed no significant correlation with patients' sex, age, Lenke's classification, Risser sign, and the correction of predominant thoracic curve or kyphosis angle from T<sub>5</sub> to T<sub>12</sub>. **Conclusion** The current study demonstrates the changes in lung morphology in AIS patients a week after posterior spinal fusion. It shows that lung height in AIS patients immediately increases postoperatively. However, the postoperative lung volume shows no statistical difference.

**【Key words】** Scoliosis; Adolescent; Spinal fusion; Lung; Imaging, three-dimensional; Tomography, spiral computed

青少年特发性脊柱侧凸(adolescent Idiopathic Scoliosis, AIS)是脊柱侧凸中最常见的类型,表现为三维空间的脊柱畸形,主要影响青春期的女孩(10~16岁),且脊柱畸形限制了肺生长的空间<sup>[1]</sup>。因此,如果脊柱畸形得不到治疗或给予不适当的治疗,那

么脊柱畸形引起肺功能障碍的风险将会增高<sup>[2]</sup>。AIS患者后路内固定融合矫形手术的目的之一旨在矫正畸形的胸廓,同时改善因畸形进展而导致的肺功能恶化。

AIS患者后路内固定融合术后的肺功能研究一直以来都是脊柱外科医生关注的问题。迄今为止,关于AIS患者脊柱后路内固定融合矫形手术前后的肺功能和肺容积研究已很完善,其中AIS患者术前

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2014.05.004

作者单位:100853 北京,解放军总医院骨科专科医院脊柱外科

通信作者:张永刚,E-mail: zhangyg301@hotmail.com

联系方式:天津市河西区解放南路406号 中华骨科杂志编辑部 邮编:300211

http://www.chinjorthop.com Email: gktougao@126.com 电话:022-28334734 传真:022-28241184

肺功能以限制性肺功能障碍为主<sup>[3]</sup>,术后即刻的肺功能较术前减低,而随访期间患者的肺功能因随访时间的长短不同而又有不同的结果,即有明显的改善、没有改善或有轻微的下降<sup>[4-10]</sup>。AIS患者矫形术前肺容积较正常人减小<sup>[11]</sup>,术后6个月随访时肺容积与术前比较改变无统计学意义<sup>[12]</sup>。目前,国内外关于AIS患者后路内固定融合矫形术后肺形态改变的相关研究很少,而且术后肺容积与肺功能之间的关系也无相关报道。

本研究回顾性分析经手术治疗的30例青少年AIS患者手术前和术后1周的三维CT扫描资料,利用三维CT扫描及三维重建软件对AIS患者手术前后肺形态进行观察和测量,目的在于:(1)利用三维CT评价AIS患者脊柱后路内固定融合术后肺容积、肺高度、顶椎平面肺横截面积和凸侧/凹侧肺容积比的变化,即肺形态的变化;(2)分析其变化潜在的相关性;(3)进一步探讨AIS患者矫形术后肺容积与肺功能之间的关系。

## 资料与方法

### 一、纳入及排除标准

纳入标准:(1)确诊为青少年特发性脊柱侧凸,且右胸弯为主弯或结构性弯;(2)行脊柱后路内固定融合术;(3)术前和术后摄自然站立位脊柱全长X线片;(4)术前行脊柱全长三维CT扫描,术后脊柱三维CT扫描的范围包括完整的胸廓;(5)术者为本文的通讯作者。

排除标准:(1)影像学资料不全;(2)患者伴有影响肺功能的基础疾病,如慢性阻塞性肺疾病、心脏病和哮喘等。

### 二、一般资料

自2009年4月至2013年8月,在我院由本文的通讯作者完成的AIS患者脊柱后路内固定融合术约325例,按上述标准共有30例患者纳入本研究。男9例,女21例;年龄11.3~18.0岁,平均15.7岁。Lenke分型:I型19例,II型4例,III型7例;Risser征:3级11例,4级7例,5级12例。主胸弯的Cobb角术前平均为 $58.8^{\circ} \pm 13.8^{\circ}$  ( $41.3^{\circ} \sim 95.0^{\circ}$ ),术后平均为 $11.6^{\circ} \pm 7.8^{\circ}$  ( $1.9^{\circ} \sim 23.2^{\circ}$ ),平均矫正率为80.3%。 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸Cobb角术前平均为 $28.9^{\circ} \pm 11.0^{\circ}$  ( $17.9^{\circ} \sim 40.0^{\circ}$ ),术后平均为 $25.6^{\circ} \pm 8.6^{\circ}$  ( $14.6^{\circ} \sim 32.1^{\circ}$ )。

### 三、三维CT扫描

在我院行脊柱后路内固定融合术的AIS患者术前常规进行脊柱全长的三维CT扫描检查,以便于观

察椎体的形态和椎弓根的方向,提高椎弓根螺钉置入的准确性。然而,对于AIS患者术后表现有神经功能损害或X线片检查怀疑椎弓根螺钉置入存在偏差时,于术后1周左右再次行脊柱三维CT扫描,扫描的范围为置入椎弓根螺钉的椎体,便于从三维空间角度观察置入椎弓根螺钉的位置和方向。所有术前和术后的CT检查均采用同一台可滑动的40排CT(SIMENS Samatom Sensation Open,层宽1.5 mm,层间距1.5 mm,线圈电压80 kV),扫描时患者为仰卧位并保持于深吸气末期。

### 四、肺形态学参数的测量方法

将所有患者的薄层CT扫描数据上传至工作站,利用工作站和Syngo软件重建肺三维模型。设置Syngo软件的窗位和窗宽分别为-484~-1024 HU(hounsfield units),在此窗位和窗宽的条件下肺周围的软组织和肺内大血管不显影,即完成肺的三维重建模型,重建的肺三维模型可以从多角度观察肺的结构和形态(图1a)。Syngo软件根据所选择的三维模型范围内所含元素的多少计算出肺容积、肺高度或横截面积。

#### (一)顶椎平面肺横截面积的测量

在冠状面找到顶椎的位置,并且将轴状面的三维图像移动到此位置,然后利用Syngo软件中的圈图工具,将该轴面上肺阴影的图像进行圈图,并根据Syngo软件计算的原理,计算该阴影的面积即为顶椎平面肺横截面积(图1b)。

#### (二)肺容积的测量

在轴状面利用Syngo软件中的圈图工具,对每层CT扫描的肺阴影进行圈图,然后软件通过“微分”的原理,计算出完整的肺阴影体积,即为总肺容积(图1c)。若Syngo软件圈图选择的是单侧肺,那么计算出的是左(右)肺容积(图1d)。

#### (三)肺高度的测量

本研究对肺高度的定义为:在CT扫描的轴状面图像自出现肺尖至肺底消失,利用Syngo软件计算出所有的层厚即为肺高度(图1e)。因此,本研究中的肺高度并非真正肺的高度。

### 五、统计分析

采用SPSS 16.0(SPSS公司,美国)统计软件包进行统计分析,描述性数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,手术前后肺容积、肺高度、凸侧/凹侧肺容积比和顶椎平面肺横截面积的比较采用配对t检验;术后肺高度和顶椎平面横截面积的改变与患者的性别、年龄、Lenke分型、Risser征、主胸弯的矫正以及 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸Cobb角

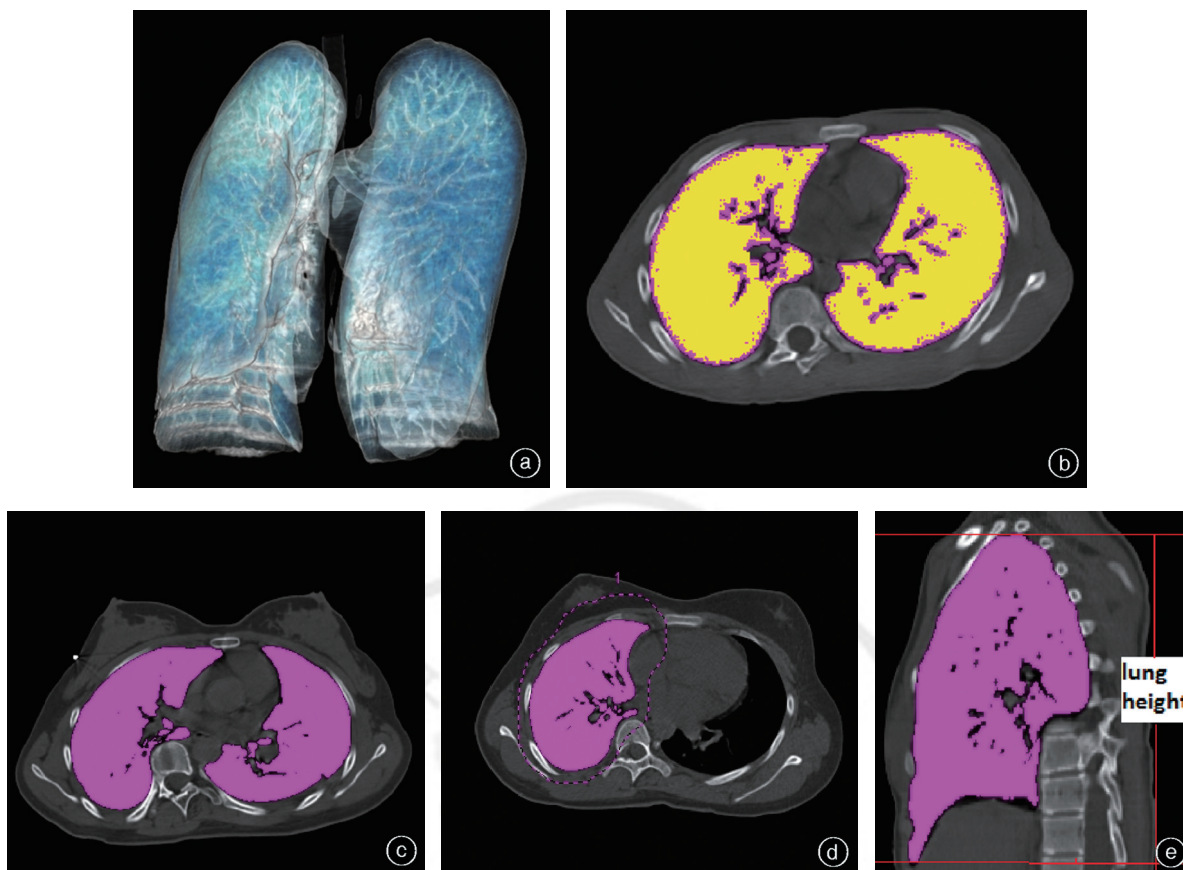


图1 三维CT重建的肺形态学参数测量 a 肺的三维重建图像,自后前位观察肺的形态 b 顶椎平面肺横截面积的测量:黄色荧光区所代表的面积为顶椎平面肺横截面积 c 总肺容积的测量:CT断层扫描的轴状面上双侧肺的阴影 d 单侧肺容积的测量:CT断层扫描的轴状面上单侧肺的阴影 e 肺高度定义为轴状面上,自肺尖出现至肺底消失的所有CT断层扫描层厚的叠加即为本研究中的肺高度

矫正的相关性分析采用多元回归分析,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 结 果

一、脊柱后路内固定融合手术前后肺形态学各参数的变化

### (一)肺高度

术前左侧肺高度为 $(21.4 \pm 2.6)$  cm,术后为 $(22.6 \pm 2.5)$  cm;右侧肺高度手术前为 $(21.9 \pm 2.1)$  cm,术后增加至 $(22.7 \pm 2.7)$  cm。AIS患者脊柱后路内固定融合术后左肺和右肺高度均有明显的增高,且差异有统计学意义( $P < 0.05$ ,表1)。

### (二)肺容积及凸侧/凹侧肺容积比

术前左侧肺容积为 $(966.4 \pm 301.1)$   $\text{cm}^3$ ,术后为 $(953.2 \pm 274.3)$   $\text{cm}^3$ ;右侧肺容积术前为 $(1099.5 \pm 294.3)$   $\text{cm}^3$ ,术后为 $(1070.1 \pm 210.1)$   $\text{cm}^3$ ;总肺容积术前为 $(2089.0 \pm 556.1)$   $\text{cm}^3$ ,术后为 $(2045.8 \pm 455.6)$   $\text{cm}^3$ ;凸侧/凹侧肺容积比术前为 $1.167 \pm 0.178$ ,术后为 $1.172 \pm 0.247$ 。AIS患者脊柱后路内固定融合手术前

后左侧肺容积、右侧肺容积、总肺容积以及凸侧/凹侧肺容积比的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ,表1)。

根据主胸弯Cobb角的大小将本研究中的30例患者分为两组:主胸弯Cobb角 $< 70^\circ$ (22例),主胸弯Cobb角 $\geq 70^\circ$ (8例)。两组手术前后肺容积的比较结果见表2,从统计分析的结果可以得知,两组患者脊柱后路内固定融合术后左侧、右侧及总肺容积的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ,表2)。

### (三)顶椎平面肺横截面积

术前顶椎平面肺横截面积为 $(232.9 \pm 43.6)$   $\text{cm}^2$ ,术后减小至 $(223.1 \pm 38.4)$   $\text{cm}^2$ ,AIS患者脊柱后路内固定融合术后顶椎平面肺横截面积较术前减小,且变化有统计学意义( $P < 0.05$ ,表1)。

## 二、相关性分析

术后改变有统计学意义的3个测量指标为左肺高度、右肺高度和顶椎平面的肺横截面积,我们对此分别与患者的性别、年龄、Lenke分型、Risser征、主胸弯的矫正以及 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸Cobb角的矫正进行了相应的多元回归分析。

表 1 30 例 AIS 患者手术前后肺形态学参数的比较( $\bar{x}\pm s$ )

项目	左肺容积(cm <sup>3</sup> )	右肺容积(cm <sup>3</sup> )	总肺容积(cm <sup>3</sup> )	左肺高度(cm)	右肺高度(cm)	凸侧/凹侧肺容积比	顶椎平面肺横截面积(cm <sup>2</sup> )
术前	966.4±301.1	1099.5±294.3	2089.0±556.1	21.4±2.6	21.9±2.1	1.167±0.178	232.9±43.6
术后	953.2±274.3	1070.1±210.1	2045.8±455.6	22.6±2.5	22.7±2.7	1.172±0.247	223.1±38.4
统计值	<i>t</i> =0.371 <i>P</i> =0.7136	<i>t</i> =1.134 <i>P</i> =0.2660	<i>t</i> =0.685 <i>P</i> =0.4993	<i>t</i> =3.744 <i>P</i> =0.0008	<i>t</i> =2.581 <i>P</i> =0.0152	<i>t</i> =0.120 <i>P</i> =0.9051	<i>t</i> =2.596 <i>P</i> =0.0147

表 2 主胸弯 Cobb 角 < 70° 组与 ≥ 70° 组 AIS 患者手术前后肺形态学参数的比较( $\bar{x}\pm s$ )

项目	左肺容积(cm <sup>3</sup> )		右肺容积(cm <sup>3</sup> )		总肺容积(cm <sup>3</sup> )	
	A 组(22 例)	B 组(8 例)	A 组(22 例)	B 组(8 例)	A 组(22 例)	B 组(8 例)
术前	1007.3±310.6	831.8±238.7	1142.6±281.2	1002.4±313.1	2165.6±544.5	1848.2±562.7
术后	964.9±260.8	914.7±334.6	1104.9±210.6	1031.9±174.7	2073.3±447.5	1959.3±506.1
统计值	<i>t</i> =1.230, <i>P</i> =0.2317	<i>t</i> =0.832, <i>P</i> =0.4375	<i>t</i> =1.428, <i>P</i> =0.403	<i>t</i> =0.1674, <i>P</i> =0.4375	<i>t</i> =1.383, <i>P</i> =0.1812	<i>t</i> =0.736, <i>P</i> =0.4893

注: A 组为主胸弯 Cobb 角 < 70° 患者; B 组为主胸弯 Cobb 角 ≥ 70° 患者

(一) 术后左肺高度变化的多元回归分析

从表 3 可以看出, AIS 患者术后左肺高度的变化与患者的性别、年龄、Lenke 分型、Risser 征、主胸弯的矫正以及 T<sub>5</sub>~T<sub>12</sub> 后凸 Cobb 角矫正无明显的相关性, 各项 *P* 值均 > 0.05。

表 3 术后左肺高度变化的多元回归分析

参数	估计值	标准误	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
常数项	-1.6620	5.0761	0.3274	0.7466
性别	0.7364	0.8507	0.8656	0.3965
年龄	0.1154	0.2979	0.3874	0.7023
Lenke 分型 1	-0.6578	0.7298	0.9014	0.3776
Lenke 分型 2	-0.2890	0.7627	0.3789	0.7085
Risser 征 1	-0.3415	1.0216	0.3342	0.7415
Risser 征 2	0.0138	1.1507	0.0120	0.9905
T <sub>5</sub> ~T <sub>12</sub> 后凸 Cobb 角	0.0421	0.0453	0.9293	0.3633
主胸弯 Cobb 角	-0.0398	0.0349	1.1419	0.2663

注: Lenke 分型、Risser 征均属于定性变量, 且本组数据中含有 2 个以上的变量, 数字 1 和 2 是进行多元线性回归分析时设定的亚变量

(二) 术后右肺高度变化的多元回归分析

AIS 患者术后右肺高度的变化与患者的性别、年龄、Lenke 分型、Risser 征、主胸弯的矫正以及 T<sub>5</sub>~T<sub>12</sub> 后凸 Cobb 角矫正的相关性分析显示, AIS 患者术后右肺高度的变化与上述各参数间没有明显的相关性(*P* 均 > 0.05, 表 4)。

(三) 术后顶椎平面肺横截面积变化的多元回归分析

AIS 患者术后顶椎平面的肺横截面积的变化与患者的性别、年龄、Lenke 分型、Risser 征、主胸弯的

表 4 术后右肺高度变化的多元回归分析

参数	估计值	标准误	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
常数项	-3.5217	4.7987	0.7339	0.4711
性别	-0.2087	0.8042	0.2595	0.7978
年龄	0.1710	0.2817	0.6071	0.5503
Lenke 分型 1	-0.4195	0.6899	0.6081	0.5496
Lenke 分型 2	-0.6948	0.7210	0.9636	0.3462
Risser 征 1	-0.0236	0.9658	0.0244	0.9807
Risser 征 2	-0.6046	1.0878	0.5558	0.5842
T <sub>5</sub> ~T <sub>12</sub> 后凸 Cobb 角	0.0261	0.0428	0.6103	0.5482
主胸弯 Cobb 角	-0.0681	0.0330	2.0641	0.0516

矫正以及 T<sub>5</sub>~T<sub>12</sub> 后凸 Cobb 角矫正无明显的相关性(*P* 均 > 0.05, 表 5)。

表 5 术后顶椎平面的肺横截面积变化的多元回归分析

参数	估计值	标准误	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
常数项	30.0678	56.9801	0.5277	0.6032
性别	-17.5425	9.5496	1.8370	0.0804
年龄	-3.1325	3.3444	0.9366	0.3596
Lenke 分型 1	4.3477	8.1919	0.5307	0.6012
Lenke 分型 2	-6.0031	8.5612	0.7012	0.4909
Risser 征 1	15.3223	11.4678	1.3361	0.1958
Risser 征 2	-4.9138	12.9169	0.3804	0.7075
T <sub>5</sub> ~T <sub>12</sub> 后凸 Cobb 角	-0.0073	0.5085	0.0144	0.9886
主胸弯 Cobb 角	-0.2117	0.3915	0.5407	0.5944

讨 论

一、术后肺形态的变化

本研究中采用三维CT成像重建技术及相关的肺容积、肺高度和面积测量法评价AIS患者脊柱后路内固定融合手术前后的肺形态变化。我们发现术后即刻仅仅矫正了AIS患者脊柱的畸形并增加了肺的高度( $P < 0.05$ ),而且顶椎平面的肺横截面积与术前比较有明显地减少( $P < 0.05$ );然而,肺容积和凸侧/凹侧肺容积比的变化则无统计学意义( $P > 0.05$ )。这说明肺在后路内固定融合术后有形态学的变化,但是肺容积的变化不明显。

Adam等<sup>[13]</sup>利用三维CT体积重建技术回顾性分析了28例AIS患者,发现无论是肺容积还是凸侧/凹侧肺容积比与正常人比较均有统计学意义。Chun等<sup>[14]</sup>研究了99例患者(77例无症状的AIS患者和22例正常对照病例),证实凹侧肺容积比凸侧肺容积减少更严重。本研究结果显示凸侧/凹侧肺容积比为 $1.167 \pm 0.178$ ,与Chun等<sup>[14]</sup>的研究结果(凸侧/凹侧肺容积比为 $1.182 \pm 0.116$ )比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。这说明不论是凹侧还是凸侧,位于畸形胸廓中肺的顺应性均为降低,而且对凹侧肺的影响更大。

## 二、术后肺形态变化的相关性分析

Johnston等<sup>[3]</sup>分析了858例AIS患者术前的肺功能与畸形严重程度、保守治疗方式等之间的关系,结果显示术前肺功能障碍的程度与主胸弯Cobb角、矢状面畸形以及 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸Cobb角有关,与轴状面畸形无明显相关性。即AIS患者的主胸弯Cobb角越大、矢状面畸形越严重以及 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸Cobb角越小,术前的肺功能越差;而且术前佩戴支具治疗的AIS患者肺功能比未给予治疗的患者要差。

我们对AIS患者术后左肺高度、右肺高度和顶椎平面肺横截面积的变化分别与患者的性别、年龄、Lenke分型、Risser征、主胸弯的矫正以及 $T_5 \sim T_{12}$ 后凸Cobb角矫正进行了相应的多元回归分析,结果显示这3个测量指标的变化与上述各参数均无明显的相关性。然而,AIS患者术后肺高度增加,且术后顶椎平面的肺横截面积明显减少,肺容积在手术前后亦无变化,这说明AIS患者术后肺形态的变化只是内在的改变,与外界因素并没有关联,即AIS患者术后肺形态的改变与患者的性别、年龄、Lenke分型、Risser征、主胸弯的矫正及胸椎后凸的矫正无相关性。

## 三、术后肺容积与肺功能之间的关系

有文献报道AIS患者行前路松解和脊柱后路融合术后3~6个月间肺功能变差,而至术后12~24个

月又逐渐恢复<sup>[4,15]</sup>。Vedantam等<sup>[16]</sup>报告了47例行脊柱后路手术(不包含胸廓成形术)的AIS患者在末次随访时最大肺活量(forced vital capacity, FVC)和第1秒用力呼气量(forced expiratory volume in 1 second, FEV1)的绝对值增加,但预测值百分比与术前比较差异无统计学意义。近来, Kim等<sup>[17]</sup>随访了139例行脊柱后路内固定并髂骨植骨术后2年AIS患者的肺功能,术后2年时患者肺功能的绝对值和预测值百分比均有明显提高。另一方面, Demura等<sup>[18]</sup>随访了154例行脊柱后路内固定融合术的AIS患者,发现术后FVC、FEV1和总肺活量(total lung capacity, TLC)的绝对值均有提高,但是,预测值百分比的变化无统计学意义,这与Kim等<sup>[17]</sup>的结论正好相反。

Chu等<sup>[12]</sup>利用动态MR技术研究了AIS患者肺容积、胸廓和膈肌运动于吸气和呼气时的变化,结果表明胸廓和膈肌运动在脊柱后路内固定融合术后6个月有改善,表明膈肌运动于胸廓矫形后也逐渐趋于正常,而肺泡的生长和发育一般在儿童时期(8岁左右)均已完成。

由此,我们可以进一步探讨AIS患者脊柱后路内固定融合术后肺容积与肺功能之间的关系。术后即刻的肺功能减低,即使肺的高度增加但肺容积的变化仍然不明显,至术后6个月,肺对于矫形后的胸廓处于适应期,肺的顺应性降低,所以仅表现为胸廓和膈肌运动改善,这个阶段的肺功能与术前相比可能轻微降低或不变。自术后6个月至术后2年或更久,肺和膈肌逐渐适应了矫形后的胸廓,肺的顺应性逐渐恢复,表现为肺功能的逐渐改善。

## 四、本研究的不足之处

本研究仍存在以下不足之处。(1)三维CT扫描对AIS患者的放射损害,本研究中纳入的AIS患者术后行三维CT检查并不是单纯为了研究,而是AIS患者术后表现有神经功能损害表现或X线检查怀疑椎弓根螺钉置入存在偏差,三维CT扫描便于从三维角度观察置入椎弓根螺钉的位置和方向,以确保椎弓根螺钉植入的准确性和安全性。(2)本研究缺乏AIS患者后路内固定融合术后长期随访的三维CT扫描结果,因此无法评价AIS患者术后远期肺形态的变化。

总之,我们目前的研究结果描述了AIS患者脊柱后路内固定融合术后1周左右肺形态的改变并填补了相关信息的空白。AIS患者后路内固定融合术后即刻发生了肺形态的变化,即肺容积无变化仅表现为肺高度的增加。

## 参 考 文 献

- [1] Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, et al. Adolescent idiopathic scoliosis[J]. Lancet, 2008, 371(9623): 1527-1537.
- [2] Newton PO, Faro FD, Gollogly S, et al. Results of preoperative pulmonary function testing of adolescents with idiopathic scoliosis. A study of six hundred and thirty-one patients [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(9):1937-1946.
- [3] Johnston CE, Richards BS, Sucato DJ, et al. Correlation of preoperative deformity magnitude and pulmonary function tests in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2011, 36(14): 1096-1102.
- [4] Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical procedure [J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(7): 1534-1541.
- [5] Newton PO, Perry A, Bastrom TP, et al. Predictors of change in postoperative pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study of 254 patients [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(17): 1875-1882.
- [6] Lonner BS, Auerbach JD, Estreicher MB, et al. Pulmonary function changes after various anterior approaches in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(8): 551-558.
- [7] Jackson RP, Simmons EH, Stripinis D. Coronal and sagittal plane spinal deformities correlating with back pain and pulmonary function in adult idiopathic scoliosis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1989, 14(12): 1391-1397.
- [8] Lenke LG, White DK, Kemp JS, et al. Evaluation of ventilatory efficiency during exercise in patients with idiopathic scoliosis undergoing spinal fusion [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(18): 2041-2045.
- [9] Pehrsson K, Danielsson A, Nachemson A. Pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a 25 year follow up after surgery or start of brace treatment [J]. Thorax, 2001, 56(5): 388-393.
- [10] Wood KB, Schendel MJ, Dekutoski MB, et al. Thoracic volume changes in scoliosis surgery [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1996, 21(6):718-723.
- [11] Chu WC, Li AM, Ng BK, et al. Dynamic magnetic resonance imaging in assessing lung volumes, chest wall, and diaphragm motions in adolescent idiopathic scoliosis versus normal controls [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2006, 31(19): 2243-2249.
- [12] Chu WC, Ng BK, Li AM, et al. Dynamic magnetic resonance imaging in assessing lung function in adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study of comparison before and after posterior spinal fusion [J]. J Orthop Surg Res, 2007, 2: 20.
- [13] Adam CJ, Cargill SC, Askin GN. Computed tomographic-based volumetric reconstruction of the pulmonary system in scoliosis: trends in lung volume and lung volume asymmetry with spinal curve severity [J]. J Pediatr Orthop, 2007, 27(6): 677-681.
- [14] Chun EM, Suh SW, Modi HN, et al. The change in ratio of convex and concave lung volume in adolescent idiopathic scoliosis: a 3D CT scan based cross sectional study of effect of severity of curve on convex and concave lung volumes in 99 cases [J]. Eur Spine J, 2008, 17(2): 224-229.
- [15] 周春光, 刘立岷, 宋跃明, 等. 重度僵硬性特发性脊柱侧凸患者术后肺功能变化 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2010, 24(1): 23-26.
- [16] Vedantam R, Lenke LG, Bridwell KH, et al. A prospective evaluation of pulmonary function in patients with adolescent idiopathic scoliosis relative to the surgical approach used for spinal arthrodesis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(1): 82-90.
- [17] Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Prospective pulmonary function comparison following posterior segmental spinal instrumentation and fusion of adolescent idiopathic scoliosis: is there a relationship between major thoracic curve correction and pulmonary function test improvement [J]? Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(24): 2685-2693.
- [18] Demura S, Bastrom TP, Schlechter J, et al. Should postoperative pulmonary function be a criterion that affects upper instrumented vertebra selection in adolescent idiopathic scoliosis surgery [J]? Spine (Phila Pa 1976), 2013, 38(22): 1920-1926.

(收稿日期:2013-12-08)

(本文编辑:马宏庆)