

· 临床论著 ·

## 先天性脊柱侧弯胸弯对心肺功能的影响

谭焜月, 刘春霞, 赵正凯, 张丽娟, 赵若寒, 熊峰\*

(成都市第三人民医院, 四川成都 610031)

**摘要:** [目的] 分析先天性脊柱侧凸 (congenital scoliosis, CS) 患者心肺功能特点, 探讨 Cobb 角对心肺功能影响。[方法] 回顾性分析 2020 年 10 月—2021 年 10 月本院收治的 50 例胸弯为主的 CS 患者的临床资料, 根据胸弯 Cobb 角, 分为重度组 (Cobb 角 $\geq 90^\circ$ ) 30 例, 中度组 ( $40^\circ \leq$  Cobb 角  $< 90^\circ$ ) 20 例。比较两组心脏结构、功能及肺功能参数, 采用 Pearson 或 Spearman 相关性分析 Cobb 角对其他参数的影响。[结果] 两组患者心脏结构及功能测值均在正常范围内, 重度组房室腔大小显著小于中度组 ( $P < 0.05$ ), 左室舒张功能参数 E/A、e'/a' 均显著小于中度组 ( $P < 0.05$ ), 而 E/e' 显著大于中度组 ( $P < 0.05$ )。两组患者肺功能均有不同程度的降低, 重度组限制性通气功能、小气道功能及换气功能参数均显著低于中度组 ( $P < 0.05$ )。相关分析表明, CS 患者 Cobb 角与左房室腔大小 (LA、LVD、LVS) 及舒张功能参数 (E/A、e/a) 呈显著负相关 ( $P < 0.05$ ); CS 患者 Cobb 角与限制性通气功能参数呈显著负相关 ( $P < 0.05$ )。[结论] CS 的 Cobb 角对心脏结构及舒张功能产生影响, Cobb 角越大左房室腔内径越小。此外, Cobb 角也会影响左室舒张功能。Cobb 角与肺功能受损程度相关, Cobb 角越大肺功能越差。

**关键词:** 先天性脊柱侧凸, 肺功能, 超声心动图, 心脏结构

**中图分类号:** R682.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2022) 15-1361-05

**Effect of thoracic curve on cardiopulmonary function in congenital scoliosis // TAN Kun-yue, LIU Chun-xia, ZHAO Zheng-kai, ZHANG Li-juan, ZHAO Ruo-han, XIONG Feng. The Third People's Hospital of Chengdu City, Chengdu 610031, China**

**Abstract:** [Objective] To investigate the cardiopulmonary function in patients with congenital scoliosis (CS), and further to discuss the effect of Cobb angle of the thoracic curve on cardiopulmonary function. [Methods] From October 2020 to October 2021, a total of 50 patients who suffered from CS were included into this study. Based on the extent of scoliosis, 30 patients were fall into the severe groups with Cobb angle  $< 90^\circ$ , while the remaining 20 patients were into the moderate group with Cobb angle of  $\geq 40^\circ \sim < 90^\circ$ . The parameters related to cardiac structure, cardiac function and pulmonary function were measured and compared between the two groups. In addition, correlation analysis were conducted to search the relationships between the Cobb's angle and parameters regarding the cardiac structure, cardiac function and pulmonary function. [Results] Although the cardiac structure and function parameter in all patients of both groups remained in the normal ranges, the severe group proved significantly inferior to the moderate group in terms of atrial size, ventricular size and diastolic function, including E/A and e'/a' parameters ( $P < 0.05$ ). In addition, both groups got decreased pulmonary function in some extent, and the severe group was significantly inferior to the moderate group in terms of restrictive ventilation function, small airway function and ventilation function parameters ( $P < 0.05$ ). As results of correlation analysis, the Cobb angle in these CS patients proved significantly negatively related to the left atrial size, involving LA, LVD and LVS, as well as diastolic function, involving E/A and e'/a'. Moreover, the Cobb angle was also significantly negatively correlated with restrictive ventilatory function parameters ( $P < 0.05$ ). [Conclusion] The Cobb angle does impact the cardiac structure and function, in which the diastolic function and diameter of LA and LV decreases with the increasing of Cobb angle. Furthermore, the Cobb angle also influence pulmonary function, the larger Cobb angle, the worse pulmonary function.

**Key words:** congenital scoliosis, pulmonary function, echocardiography, cardiac structure

先天性脊柱侧凸 (congenital scoliosis, CS) 不仅表现为脊柱复杂畸形<sup>[1]</sup>, 还可导致胸廓发育异常, 使胸廓容积减小, 从而影响肺功能及心脏结构、功能<sup>[2-4]</sup>。既往研究证实 Cobb 角可对肺功能及心脏结

构产生影响<sup>[5-7]</sup>, 但研究并未除外肋骨畸形等因素的影响, 且 Cobb 角是否是心脏收缩及舒张功能的独立影响因素目前尚无定论。本研究通过回顾性分析 CS 患者的肺功能及心脏结构、功能特点, 在排除肋骨畸

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.15.04

作者简介: 谭焜月, 硕士, 住院医师, 研究方向: 医学影像、心血管异常, (电话)19182174609, (电子信箱)490365561@qq.com

\* 通信作者: 熊峰, (电话)18981967666, (电子信箱)xiong.feng05@163.com

形、性别的影响后探讨 Cobb 角对肺功能及心脏结构、功能的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 确诊 CS 的女性患者；(2) 以胸弯为主，且 Cobb 角 $\geq 40^\circ$ ；(3) 临床资料及各项辅助检查资料完整。

排除标准：(1) 存在原发性肋骨畸形；(2) 患有先天性心脏病；(3) 有心胸手术史；(4) 有脊柱外伤或脊柱手术史；(5) 患有支气管哮喘、支气管扩张等肺部疾病，或近 3 个月内有呼吸道感染。

### 1.2 一般资料

回顾性分析成都市第三人民医院 2020 年 10 月—2021 年 10 月收治的 CS 患者，共 50 例患者符合上述标准，纳入本研究。根据胸弯 Cobb 角不同，分为重度组 (Cobb 角 $\geq 90^\circ$ ) 30 例，中度组 ( $40^\circ \leq$  Cobb 角 $< 90^\circ$ ) 20 例。本研究通过本医院医学伦理委员会批准，所有受试者均知情同意。

### 1.3 研究方法

收集患者的年龄、身高、体重、臂长等一般资料。所有患者均于站立位完成全脊柱 X 线检查，由放射科医师测量并记录 Cobb 角。

使用 Philip 7C 超声仪测量心脏结构及功能参数：(1) 心脏结构参数：左房内径 (left atrial diameter, LAD)、舒张末期左室内径 (left ventricular diameter in end diastole, LVDD)、收缩末期左室内径 (left ventricular diameter in end systole, LVSD)、右房内径 (right atrial diameter, RAD)、右室内径 (right ventricular diameter, RVD)、主动脉内径 (aortic diameter, AO)、主肺动脉内径 (main pulmonary artery diameter, MPA)、室间隔厚度 (interventricular septum thickness, IVS)、左室后壁厚度 (left ventricular posterior wall thickness, LVPW)；(2) 左室收缩功能参数：射血分数 (ejection fraction, EF)、缩短分数 (fraction short, FS)；(3) 左室舒张功能参数：舒张早期最大峰值速度 (E 峰) 与舒张晚期最大峰值速度 (A 峰) 比值 (E/A 比值)、二尖瓣间隔瓣环舒张早期速度 ( $e'$ ) 与舒张晚期速度 ( $a'$ ) 比值 ( $e'/a'$  比值)、舒张早期最大峰值速度 (E 峰) 与二尖瓣间隔瓣环舒张早期速度 ( $e'$ ) 比值 (E/ $e'$ )。

使用全自动肺功能检测仪测量肺功能参数：(1) 限制性通气功能参数：用力肺活量 (forced vital ca-

capacity, FVC) 实测值、FVC 实测值/预计值、最大肺活量 (maximum vital capacity, VCmax) 实测值、VCmax 实测值/预计值、肺总量 (total lung capacity, TLC) 实测值、TLC 实测值/预计值；(2) 阻塞性通气功能参数：第 1 秒用力呼气量/用力肺活量 (FEV1/FVC) 实测值、FEV1/FVC 实测值/预计值；(3) 通气功能严重程度参数：第 1 秒用力呼气量 (forced expiratory volume in the first second, FEV1) 实测值、FEV1 实测值/预计值；(4) 小气道功能参数：MMEF75/25 实测值、MMEF75/25 实测值/预计值、MEF75 实测值、MEF75 实测值/预计值、MEF50 实测值、MEF50 实测值/预计值、MEF25 实测值、MEF25 实测值/预计值；(5) 换气功能参数：一氧化碳弥散量 (diffusing capacity of carbon monoxide, DLCO) 实测值、DLCO 实测值/预计值。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，组间比较采用独立样本  $t$  检验；资料呈非正态分布时，采用 Mann-Whitney  $U$  检验。畸形 Cobb 角和年龄分别与心肺功能检测指标行相关分析，资料呈正态分布时采用 Pearson 相关分析，资料呈非正态分布时，采用 Spearman 秩相关分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

两组患者一般资料见表 1。重度组身高、体重及体重指数 (body mass index, BMI) 均显著低于中度组 ( $P < 0.05$ )，而 Cobb 角显著大于中度组 ( $P < 0.05$ )。两组患者平均年龄及臂长的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 1 两组患者一般资料 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	重度组 (n=30)	中度组 (n=20)	P 值
年龄 (岁)	24.70 $\pm$ 7.34	26.95 $\pm$ 8.42	0.322
身高 (cm)	140.28 $\pm$ 11.93	147.73 $\pm$ 9.10	0.020
体重 (kg)	38.68 $\pm$ 7.38	49.88 $\pm$ 8.54	<0.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	16.26 $\pm$ 2.59	22.80 $\pm$ 3.17	<0.001
臂长 (cm)	154.03 $\pm$ 8.48	154.95 $\pm$ 10.09	0.730
Cobb 角 ( $^\circ$ )	129.93 $\pm$ 27.22	62.50 $\pm$ 18.55	<0.001

### 2.2 两组心脏结构与功能参数比较

两组患者心脏结构测量结果见表 2。所有患者心脏结构及功能测值均在正常范围内。重度组房室腔内径 (LA、LVD、LVS、RA、RV) 均显著小于中度组

( $P<0.05$ )，重度组左室舒张功能参数  $E/A$ 、 $e'/a'$ 均显著小于中度组 ( $P<0.05$ )，而  $E/e'$ 显著大于中度组 ( $P<0.05$ )。两组大血管内径 ( $AO$ 、 $MPA$ )、室壁厚度 ( $IVS$ 、 $LVPW$ )及收缩功能参数 ( $EF$ 、 $FS$ )的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表2 两组心脏结构及功能参数 ( $\bar{x}\pm s$ ) 与比较

指标	重度组 (n=30)	中度组 (n=20)	P 值
LA (mm)	29.23±3.80	32.15±3.00	0.006
LVD (mm)	38.13±3.66	41.90±2.02	<0.001
LVS (mm)	25.17±2.45	27.60±1.50	<0.001
RA (mm)	31.40±3.44	33.95±4.30	0.024
RV (mm)	17.93±2.75	19.60±1.82	0.021
AO (mm)	22.70±3.08	23.30±2.45	0.469
MPA (mm)	19.77±2.06	20.42±1.92	0.273
IVS (mm)	8.27±1.11	8.30±1.08	0.917
LVPW (mm)	8.17±1.02	8.20±0.95	0.907
EF (%)	63.23±3.27	63.45±3.12	0.816
FS (%)	33.70±3.27	34.20±2.33	0.558
E/A	1.38±0.33	1.63±0.41	0.024
e'/a'	1.17±0.29	1.52±0.66	0.015
E/e'	10.65±3.04	9.03±2.08	0.043

### 2.3 两组肺功能参数比较

两组肺功能参数见表3。两组肺功能均有不同程度的受损。重度组限制性通气功能参数 ( $FVC$  实测值、 $FVC$  实测值/预计值、 $VC_{max}$  实测值、 $VC_{max}$  实测值/预计值、 $TLC$  实测值、 $TLC$  实测值/预计值)显著低于中度组 ( $P<0.05$ )，重度组  $FEV_1$  实测值、 $FEV_1$  实测值/预计值明显低于中度组 ( $P<0.05$ )。重度组小气道功能参数 ( $MMEF_{75/25}$  实测值、 $MMEF_{75/25}$  实测值/预计值、 $MEF_{75}$  实测值、 $MEF_{75}$  实测值/预计值、 $MEF_{50}$  实测值、 $MEF_{50}$  实测值/预计值、 $MEF_{25}$  实测值、 $MEF_{25}$  实测值/预计值)、换气功能指标 ( $DLCO$  实测值、 $DLCO$  实测值/预计值)均显著低于中度组 ( $P<0.05$ )。两组阻塞性通气功能参数 ( $FEV_1/FVC$  实测值、 $FEV_1/FVC$  实测值/预计值)的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

### 2.4 Cobb角、年龄与心脏结构及功能的相关性

Cobb角、年龄与心脏结构及功能参数的相关分析结果见表4。CS患者Cobb角与左房室腔大小 ( $LA$ 、 $LVD$ 、 $LVS$ )及舒张功能参数 ( $E/A$ 、 $e/a$ )呈显著负相关 ( $P<0.05$ )。Cobb角与其他心脏结构及功能参数无相关性 ( $P>0.05$ )。年龄与  $RA$ 、 $AO$ 及  $E/e$ 呈显著正相关 ( $P<0.05$ )，与其他参数无相关性 ( $P>0.05$ )。

表3 两组肺功能参数 ( $\bar{x}\pm s$ ) 与比较

指标	重度组 (n=30)	中度组 (n=20)	P 值
FVC 实测值 (L)	1.32±0.67	2.25±0.75	<0.001
FVC 实测值/预计值 (%)	38.15±15.63	72.85±25.39	<0.001
VC <sub>max</sub> 实测值 (L)	1.37±0.67	2.37±0.76	<0.001
VC <sub>max</sub> 实测值/预计值 (%)	39.30±15.29	75.71±25.89	<0.001
TLC 实测值 (L)	2.49±0.91	3.79±0.82	<0.001
TLC 实测值/预计值 (%)	56.76±16.28	91.44±17.20	<0.001
FEV <sub>1</sub> 实测值 (L)	1.13±0.57	1.94±0.61	<0.001
FEV <sub>1</sub> 实测值/预计值 (%)	38.13±16.38	73.02±25.46	<0.001
FEV <sub>1</sub> /FVC 实测值 (%)	85.57±8.13	82.79±21.29	0.519
FEV <sub>1</sub> /FVC 实测值/预计值 (%)	82.02±41.94	87.39±38.97	0.659
MMEF <sub>75/25</sub> 实测值 (L/s)	1.29±0.84	2.21±1.05	<0.001
MMEF <sub>75/25</sub> 实测值/预计值 (%)	32.86±21.05	60.12±28.85	<0.001
MEF <sub>75</sub> 实测值 (L/s)	3.01±1.37	4.49±1.69	<0.001
MEF <sub>75</sub> 实测值/预计值 (%)	50.83±22.37	78.72±28.33	<0.001
MEF <sub>50</sub> 实测值 (L/s)	1.70±1.18	2.65±1.22	0.008
MEF <sub>50</sub> 实测值/预计值 (%)	38.46±22.52	65.58±29.38	<0.001
MEF <sub>25</sub> 实测值 (L/s)	0.53±0.42	0.90±0.47	0.005
MEF <sub>25</sub> 实测值/预计值 (%)	25.97±19.83	47.51±25.69	0.002
DLCO 实测值 (L/s)	14.95±7.13	21.64±6.27	0.002
DLCO 实测值/预计值 (%)	58.27±25.82	88.81±24.31	<0.001

表4 Cobb角、年龄与心脏结构及功能的相关性

指标	Cobb角		年龄	
	r 值	P 值	r 值	P 值
LA	-0.355	0.012	0.006	0.967
LVD	-0.592	<0.001	0.010	0.946
LVS	-0.544	<0.001	0.045	0.760
RA	-0.230	0.112	0.301	0.030
RV	-0.146	0.316	0.202	0.165
AO	-0.030	0.838	0.338	0.018
MPA	-0.123	0.404	0.248	0.089
IVS	0.102	0.486	0.064	0.661
LVPW	0.070	0.632	0.071	0.628
EF	-0.093	0.525	-0.159	0.275
FS	-0.158	0.278	-0.072	0.625
E/A	-0.281	0.049	-0.269	0.061
e/a	-0.284	0.048	-0.220	0.129
E/e	0.235	0.104	0.296	0.039

### 2.5 Cobb角、年龄与肺功能的相关性

Cobb角、年龄与肺功能参数的相关分析结果见表5。CS患者Cobb角与限制性通气功能参数 ( $FVC$  实测值、 $FVC$  实测值/预计值、 $VC_{max}$  实测值、 $VC_{max}$  实测值/预计值、 $TLC$  实测值、 $TLC$  实测值/预计值)均显著低于中度组 ( $P<0.05$ )。两组阻塞性通气功能参数 ( $FEV_1/FVC$  实测值、 $FEV_1/FVC$  实测值/预计值)的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

max 实测值/预计值、TLC 实测值、TLC 实测值/预计值)、通气功能严重程度参数 (FEV1 实测值、FEV1 实测值/预计值)、小气道功能参数 (MMEF75/25 实测值、MMEF75/25 实测值/预计值、MEF75 实测值、MEF75 实测值/预计值、MEF50 实测值、MEF50 实测值/预计值、MEF25 实测值、MEF25 实测值/预计值)、换气功能指标 (DLCO 实测值、DLCO 实测值/预计值) 呈显著负相关 ( $P < 0.05$ )。Cobb 角与阻塞性通气功能参数 (FEV1/FVC 实测值、FEV1/FVC 实测值/预计值) 无相关性 ( $P > 0.05$ )。年龄与肺功能参数无相关性 ( $P > 0.05$ )，详见表 5。

表 5 肺功能与 Cobb 角及年龄相关性比较

指标	Cobb 角		年龄	
	r 值	P 值	r 值	P 值
FVC 实测值	-0.680	<0.001	-0.048	0.742
FVC 实测值/预计值	-0.736	<0.001	-0.159	0.277
VCmax 实测值	-0.693	<0.001	-0.011	0.938
VCmax 实测值/预计值	-0.737	<0.001	-0.106	0.469
TLC 实测值	-0.667	<0.001	0.220	0.132
TLC 实测值/预计值	-0.769	<0.001	-0.103	0.484
FEV1/FVC 实测值	-0.002	0.987	-0.076	0.605
FEV1/FVC 实测值/预计	-0.107	0.483	-0.174	0.253
FEV1 实测值	-0.694	<0.001	0.004	0.981
FEV1 实测值/预计值	-0.731	<0.001	-0.117	0.423
MMEF75/25 实测值	-0.545	<0.001	0.060	0.068
MMEF75/25 实测/预计	-0.586	<0.001	-0.066	0.653
MEF75 实测值	-0.514	<0.001	0.099	0.497
MEF75 实测值/预计值	-0.569	<0.001	-0.034	0.815
MEF50 实测值	-0.494	<0.001	0.105	0.473
MEF50 实测值/预计值	-0.555	<0.001	-0.003	0.983
MEF25 实测值	-0.549	<0.001	-0.012	0.935
MEF25 实测值/预计值	-0.580	<0.001	-0.058	0.935
DLCO 实测值	-0.568	<0.001	-0.035	0.816
DLCO 实测值/预计值	-0.624	<0.001	-0.207	0.168

### 3 讨论

CS 是由于椎节的先天发育异常产生的脊柱三维畸形<sup>[8]</sup>，可在生长发育过程中持续加重。CS 发病早、畸形明显<sup>[9]</sup>，对肺功能的影响往往大于特发性脊柱侧弯。除脊柱本身畸形外，CS 患者往往合并其他系统的畸形<sup>[10]</sup>，包括肋骨畸形，常见的肋骨畸形包括肋骨数目的异常 (增多或减少)、肋骨分叉、肋骨融合等<sup>[11]</sup>。肋骨畸形可造成胸廓形态及肋间肌发育

异常，从而影响肺功能及心脏结构、功能<sup>[12]</sup>。既往研究证实 Cobb 角大小可对患者肺功能产生影响，但大多局限于对特发性脊柱侧凸的研究，少数关于 CS 的研究也未排除肋骨畸形等因素的影响。为除外肋骨畸形、性别、年龄的影响，本研究均选择不合并肋骨畸形的女性 CS 患者作为研究对象。本研究证实在 CS 患者中 Cobb 角越大肺功能越差，限制性通气功能受损与 Cobb 角显著相关 (相关系数为 -0.769~-0.667)，这与既往多个研究结果一致<sup>[13, 14]</sup>。同时本研究证实 Cobb 角不仅与通气功能有受损相关，同时还是小气道功能及弥散功能的影响因素。

不同于肺功能的研究，Cobb 角对心脏结构、功能的研究相对较少且结果不完全一致<sup>[15-17]</sup>，胸椎段 Cobb 角是否是 CS 患者心脏结构、功能的独立影响因素尚无定论，故本研究在控制肋骨畸形、性别等影响因素后进一步研究 Cobb 角对心脏结构、功能的影响。CS 患者常可合并先天性心脏病，为除外先天性心脏病对心脏结构及功能的影响，本研究排除了合并先天性心脏病的患者。本研究中所有患者心脏结构参数均在正常范围内，但重度组房室腔内径均小于中度组，差异有统计学意义，同时相关分析提示 Cobb 角与左房室腔内径 (LA、LVD、LVS) 呈显著负相关，相关系数分别为 -0.355、-0.592、-0.544，证实 CS 患者 Cobb 角大小可对心脏结构产生中等程度的影响，与王杨<sup>[15]</sup>及 Liang 等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。胸椎段 Cobb 角越大代表脊柱侧凸程度越重，对胸廓容积的影响就越大，明显的胸廓容积减小会影响纵膈内心脏的生长发育，从而导致心脏生长受限。

本研究中所有患者左室收缩功能参数 (EF 值、FS 值) 均正常，相关性分析提示 Cobb 角与 EF 值、FS 值无明显相关性，说明左室收缩功能不受侧凸程度影响。但是重度组 E/A、e'/a' 比值小于中度组，E/e' 高于中度组，差异有统计学意义，同时相关分析提示 Cobb 角与 E/A 及 e'/a' 呈显著负相关，相关系数分别为 -0.281、-0.284，证实 Cobb 角可对患者左室舒张功能产生一定的影响，与 Li<sup>[18]</sup>与 Huh 等<sup>[6]</sup>的研究结果一致。既往研究显示脊柱侧凸患者肺动脉压增高发生率较高，同时 Cobb 角与肺动脉压之间存在中等相关性<sup>[19]</sup>。同时李淑娟等<sup>[20]</sup>的研究提示脊柱侧凸患者右心功能的降低可能与胸廓长期直接压迫相关，而非一定是继发于肺功能降低。综上，脊柱侧凸对心功能的影响一方面是由于肺功能受损导致的长期低氧血症所继发的肺动脉压增高，另一方面是由于胸廓畸形对心脏产生的直接压迫，两者协同作用，最终导致

重度脊柱侧凸患者舒张功能受损。

综上所述,在除外肋骨畸形、性别的影响后,胸椎段 Cobb 角仍是 CS 患者肺功能的影响因素, Cobb 角越大,患者限制性通气功能、小气道功能及弥散功能就越差。同时,胸椎段 Cobb 角也可对患者心脏结构产生影响, Cobb 角越大,左房室腔内径越小;尽管 Cobb 角对患者心脏收缩功能无明显影响,但会对左室舒张功能产生影响。

#### 参考文献

- [1] 孙立杰,张立军.先天性脊柱侧弯的三维分析[J].中国矫形外科杂志,2010,18(19):1592-1594.
- [2] Pahys JM, Guille JT. What's new in congenital scoliosis [J]. J Pediatr Orthop, 2018, 38(3): e172-e179.
- [3] Mackel CE, Jada A, Samdani AF, et al. A comprehensive review of the diagnosis and management of congenital scoliosis [J]. Childs Nerv Syst, 2018, 34(11): 2155-2171.
- [4] Batra S, Ahuja S. Congenital scoliosis: management and future directions [J]. Acta Orthop Belg, 2008, 74(2): 147-160.
- [5] Lin Y, Shen J, Chen L, et al. Cardiopulmonary function in patients with congenital scoliosis: an observational study [J]. J Bone Joint Surg Am, 2019, 101(12): 1109-1118.
- [6] Huh S, Eun LY, Kim NK, et al. Cardiopulmonary function and scoliosis severity in idiopathic scoliosis children [J]. Korean J Pediatr, 2015, 58(6): 218-223.
- [7] Wang Y, Yang F, Wang D, et al. Correlation analysis between the pulmonary function test and the radiological parameters of the main right thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1): 443.
- [8] 李庚午,邵杰,赵检,等.先天性脊柱侧凸的研究现状[J].中国矫形外科杂志,2016,24(23):2160-2164.
- [9] 杨涛,赵继荣,马同,等.先天性脊柱侧弯遗传及环境病因学研究进展[J].中国矫形外科杂志,2020,28(15):1399-1403.
- [10] Lin G, Chai X, Wang S, et al. Cross-sectional analysis and trend of vertebral and associated anomalies in Chinese congenital scoliosis population: a retrospective study of one thousand, two hundred and eighty nine surgical cases from 2010 to 2019 [J]. Int Orthop, 2021, 45(8): 2049-2059.
- [11] 李文博,张银昌,朱卫国,等.肋骨畸形对中度先天性脊柱侧凸患者肺功能的影响[J].中国脊柱脊髓杂志,2019,29(5):394-399.
- [12] 黄卫江,田慧中,吕霞.先天性脊柱侧弯合并重度胸廓畸形的手术治疗[J].中国矫形外科杂志,2006,14(21):1671-1672.
- [13] 徐涛,王欢,方煌.以胸弯为主的青少年特发性脊柱侧凸对肺功能的影响研究[J].骨科,2021,12(2):117-120.
- [14] Xue X, Shen J, Zhang J, et al. An analysis of thoracic cage deformities and pulmonary function tests in congenital scoliosis [J]. Eur Spine J, 2015, 24(7): 1415-1421.
- [15] 王杨,朱泽章,邱勇,等.青少年特发性脊柱侧凸患者胸弯对心脏结构和功能的影响[J].中国脊柱脊髓杂志,2016,26(8):723-728.
- [16] 梁锦前,沈建雄,邱贵兴,等.青少年特发性脊柱侧凸患者心脏结构和功能的研究[J].中国骨与关节外科,2008,1(3):195-201.
- [17] Liang JQ, Qiu GX, Shen JX, et al. A retrospective study of echocardiographic cardiac function and structure in adolescents with congenital scoliosis [J]. Chin Med J (Engl), 2009, 122(8): 906-910.
- [18] Li S, Yang J, Zhu L, et al. Left ventricular mechanics assessed by 2-dimensional speckle tracking echocardiography in children and adolescents with idiopathic scoliosis [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(4): E381-e389.
- [19] Li XY, Li Z, Feng F, et al. Correlation between severity of adolescent idiopathic scoliosis and pulmonary artery systolic pressure: a study of 338 patients [J]. Eur Spine J, 2016, 25(10): 3180-3185.
- [20] 李淑娟,杨军林,李运泉,等.二维超声斑点追踪成像技术对特发性脊柱侧凸患者右心室功能的评价[J].中国脊柱脊髓杂志,2012,22(3):218-223.

(收稿:2021-12-01 修回:2022-05-10)

(同行评议专家:李忠海)

(本文编辑:闫承杰)