

临床论著

肋骨畸形对中度先天性脊柱侧凸患者肺功能的影响

李文博, 张银昌, 朱卫国, 蒋登旭, 姜恩泽, 邱 勇, 朱泽章

(南京大学医学院附属鼓楼医院脊柱外科 210008 南京市)

【摘要】目的:探讨不同程度肋骨畸形对中度先天性脊柱侧凸(CS)患者肺功能的影响。**方法:**回顾性分析我院 2008 年 1 月~2016 年 12 月收治的 108 例中度 CS(胸弯 Cobb 角 40° ~ 70°)患者的临床资料,其中男性 49 例,女性 59 例,年龄 10~18 岁,平均 13.5 ± 2.1 岁。根据患者肋骨畸形的形态特征及范围将患者分为三组。无畸形组,无肋骨畸形;简单畸形组,有 1~2 根肋骨数目改变或 2~3 根肋骨局部融合或分叉;复杂畸形组,3 根以上肋骨融合或分叉,或出现胸壁缺损。测量三组患者的影像学及肺功能参数。影像学参数包括:侧凸 Cobb 角、胸椎后凸角、胸弯累及椎体数、胸廓高度、胸廓横径;肺功能参数包括:肺活量(VC)、用力肺活量(FVC)、第 1 秒用力呼气容积(FEV1)、最大通气量(MVV)实测值以及实测值占预计值的百分比(实/预)和 FEV1/FVC 值。对各组影像学参数和肺功能参数的差异进行分析。同时采用卡方检验对各组患者肺功能损害程度和损害模式分布进行分析。**结果:**三组患者影像学参数(胸弯 Cobb 角、胸椎后凸角、胸弯累及椎体节段数、胸廓高度、胸廓横径等)均无统计学差异($P>0.05$)。三组患者中简单畸形组和无畸形组相比,肺功能无显著差异[VC: $(81.88\pm 11.11)\%$ vs $(78.22\pm 8.49)\%$; FVC: $(81.66\pm 9.72)\%$ vs $(78.35\pm 6.74)\%$; FEV1: $(79.50\pm 10.18)\%$ vs $(75.73\pm 8.44)\%$; MVV: $(79.10\pm 12.48)\%$ vs $(75.04\pm 7.21)\%$, $P>0.05$]。而复杂畸形组患者肺功能明显比无畸形组较差 [VC: $(64.68\pm 10.00)\%$ vs $(78.22\pm 8.49)\%$, $P=0.012$; FVC: $(64.61\pm 10.57)\%$ vs $(78.35\pm 6.74)\%$, $P<0.001$; FEV1: $(59.57\pm 10.16)\%$ vs $(75.73\pm 8.44)\%$, $P<0.001$; MVV: $(62.82\pm 12.02)\%$ vs $(75.04\pm 7.21)\%$, $P=0.014$]。无畸形组和简单畸形组患者肺功能损害程度无统计学差异,均以轻度及中度肺功能障碍患者为主($\chi^2=1.314$, $P=0.532$);而在复杂畸形组中,则以中度及重度肺功能障碍患者居多($\chi^2=40.1$, $P<0.001$)。三组 CS 患者肺功能损害类型均以混合性通气功能障碍为主($\chi^2=6.4$, $P=0.202$)。**结论:**对于中度 CS 患者,简单肋骨畸形对肺功能的影响与无畸形组相比无显著差异,而复杂肋骨畸形与其他两组相比对于肺功能的影响较大,其肺功能损害程度以中重度肺功能障碍为主,肺功能损害类型方以混合性通气功能障碍为主。

【关键词】先天性脊柱侧凸;肋骨畸形;肺功能

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.05.02

中图分类号: R682.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2019)-05-0394-06

The effect of the rib deformity on the pulmonary dysfunction in moderate congenital scoliosis/LI Wenbo, ZHANG Yinchang, ZHU Weiguo, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2019, 29 (5): 394-399

【Abstract】Objectives: To investigate the effects of different types of rib deformity associated with moderate congenital scoliosis on the pulmonary dysfunction. **Methods:** A total of 108 adolescent patients (49 males and 59 females, mean age 13.5 ± 2.1 years) with moderate thoracic CS (thoracic cobb angle 40° ~ 70°) in our hospital from January 2008 to December 2016 was included in the present study. They were divided into three groups according to the type and range of rib deformity. CS patients without any rib deformity were classified into the control group. The simple deformity group consisted of patients with localized fusion, bifurcation of 2-3 ribs or increased or decreased 1 or 2 ribs. The complex deformity group was defined as patients with extensive fusion, bifurcation of ribs or combined with the chest wall defect. The radiographic parameters before surgery were recorded, including cobb angle, thoracic kyphosis, the number of vertebrae involved, the thoracic

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:81772304)

第一作者简介:男(1994-),硕士研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话:(025)83105121 E-mail:liwenb1@126.com

通讯作者:朱泽章 E-mail:zhuzezhang@126.com

height (the vertical height between the center of T1 and T12), the thoracic transverse diameter (the horizontal distance between bilateral costal margins at the apex level). All of these patients were also evaluated by a standard test of pulmonary function, including vital capacity (VC), forced expiratory volume in the first second (FEV1), maximum ventilation volume (MVV), the percentage of these values to the predicted value and FEV1/FVC value. The difference of radiographic parameters and pulmonary function data in each group were analyzed. Mean while, the degree and pattern of pulmonary dysfunction were analyzed by using the chi-square test. **Results:** There was no difference of radiographic parameters among the three groups ($P>0.05$). The control group and simple deformity group had similar pulmonary function on the basis of different pulmonary parameters [VC: (81.88±11.11)% vs (78.22±8.49)%, $P>0.05$; FVC: (81.66±9.72)% vs (78.35±6.74)%, $P>0.05$; FEV1: (79.50±10.18)% vs (75.73±8.44)%, $P>0.05$; MVV: (79.10±12.48)% vs (75.04±7.21)%, $P>0.05$]. The complex deformity group was proved to have worse pulmonary function compared with the control group [VC: (64.68±10.00)% vs (78.22±8.49)%, $P=0.012$; FVC: (64.61±10.57)% vs (78.35±6.74)%, $P<0.001$; FEV1: (59.57±10.16)% vs (75.73±8.44)%, $P<0.001$; MVV: (62.82±12.02)% vs (75.04±7.21)%, $P=0.014$]. The degree of pulmonary dysfunction in the control group and the simple deformity group was similar, mainly consisting of mild and moderate pulmonary dysfunction patients ($\chi^2=1.314$, $P=0.532$). In the complex deformity group, moderate and severe pulmonary dysfunction was the most common ($\chi^2=40.1$, $P<0.001$). The main type of pulmonary dysfunction in the three groups of CS patients was mixed pulmonary dysfunction ($\chi^2=6.4$, $P=0.202$). **Conclusions:** In patients with moderate thoracic CS, the simple rib deformation has little effect on the pulmonary function. Compared to the control group, CS patients with complex rib deformity are more likely to compromise pulmonary dysfunction, a great majority of whom suffer from moderate or severe pulmonary dysfunction. And the pattern of pulmonary dysfunction is similar among the three groups.

[Key words] Congenital scoliosis; Rib deformity; Pulmonary function

[Author's address] Department of Spine Surgery, the Affiliated Drum Tower Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing, 210008, China

先天性脊柱侧凸 (congenital scoliosis, CS) 是一类复杂的脊柱畸形,它不仅会影响患者的外观,还会对患者的胸腔造成压迫,影响肺部的发育,导致患者肺功能受损^[1]。目前对于 CS 患者肺功能受损的研究较多,但 CS 患者不仅有椎体发育或分节不良等问题,还常常伴有椎管内畸形、肋骨畸形等病变^[2-4]。在 CS 患者中,除了脊柱畸形直接压迫胸廓和肺组织外,肋骨畸形也会影响胸廓外形及肺功能。目前关于 CS 患者肺功能的研究多着重于肺功能损害的特点或矫形术后肺功能恢复情况,缺乏关于不同程度肋骨畸形对患者肺功能影响的研究^[5-7]。本研究以青少年中度 CS 患者为研究对象,通过对比伴有不同程度肋骨畸形患者肺功能的差异,分析不同程度肋骨畸形对 CS 患者肺功能的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2008 年 1 月~2016 年 12 月于我院脊柱外科行脊柱矫形手术的 CS 患者,并对其临床资

料和影像学资料进行回顾性分析。纳入标准:(1) CS 患者;(2) 侧凸类型为主胸弯, Cobb 角 40°~70°;(3) 年龄 10~18 岁,具有配合完成肺功能检查的能力;(4) 具有完整的影像学 and 肺功能检查资料。排除标准:(1) 伴有先天性心脏疾病;(2) 入院前 3 个月内有肺部感染;(3) 伴有神经系统发育异常;(4) 既往肋骨创伤或手术史。

最终共 108 例患者入选,男 49 例,女 59 例,平均年龄 13.5±2.1 (10~18) 岁。

根据患者肋骨畸形类型及范围将患者分为三组^[8]: 无畸形组 (33 例), 肋骨无畸形 (图 1); 简单畸形组 (39 例), 伴有 1~2 根肋骨数目改变或 2~3 根肋骨局部融合或分叉 (图 2); 复杂畸形组 (36 例), 3 根以上肋骨融合或分叉, 或出现胸壁缺损 (图 3)。

无畸形组患者男 18 例, 女 15 例, 平均年龄 14.1±2.1 岁。简单型畸形组患者男 18 例, 女 21 例, 平均年龄 13.3±2.0 岁, 其中 7 例为局部肋骨分叉, 5 例为肋骨局部融合, 37 例伴有肋骨数目改变。复杂型畸形组患者男 13 例, 女 23 例, 平均年

龄 13.3 ± 2.0 岁, 所有患者均伴有肋骨数目改变, 其中 33 例伴有 3 根以上肋骨融合, 10 例伴有胸壁缺损 (其中 3 例为连续肋骨缺失引起, 7 例为肋

骨融合引起)。

1.2 影像学检查

患者入院后均行全脊柱正侧位 X 线片, 全脊

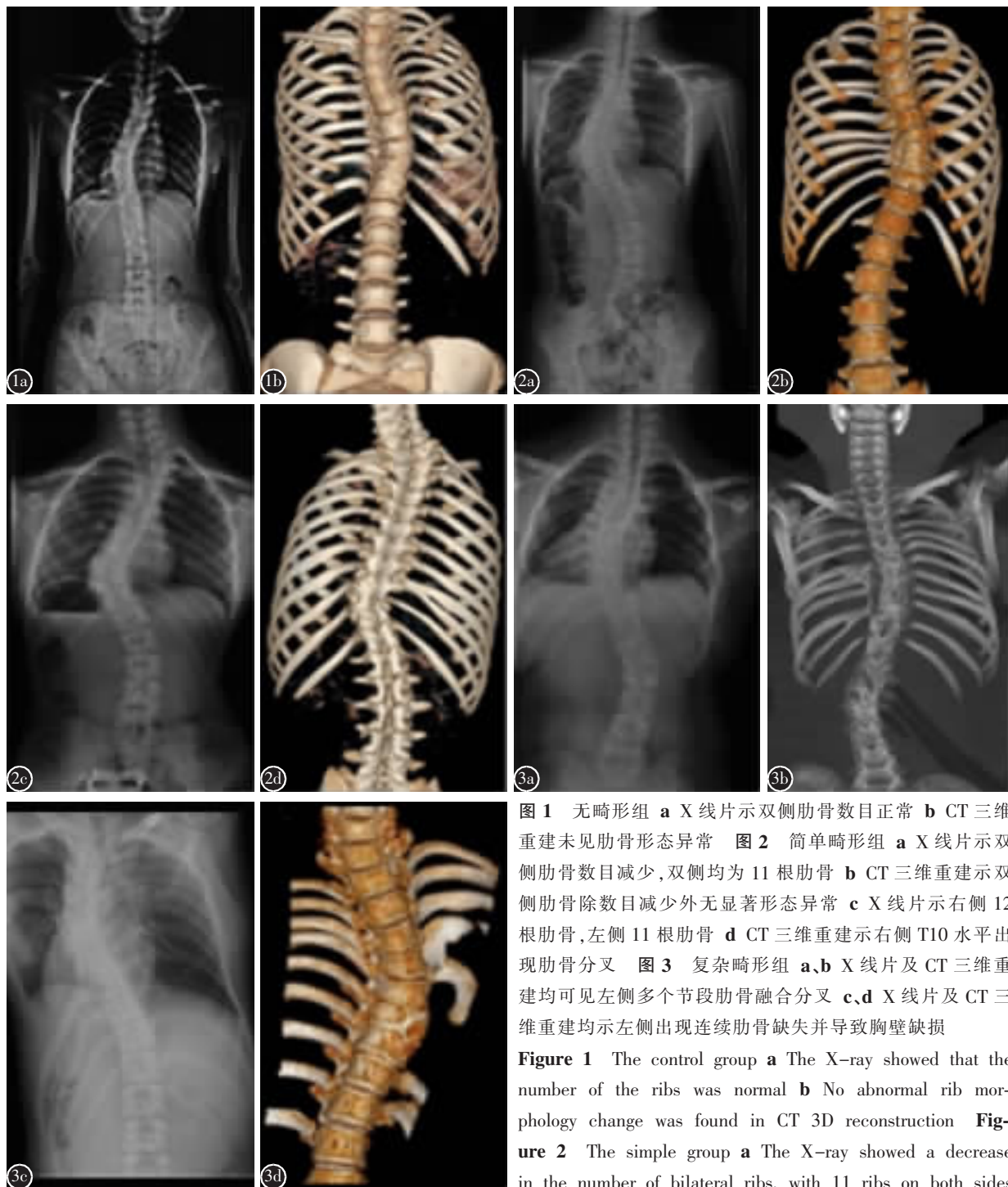


图 1 无畸形组 a X 线片示双侧肋骨数目正常 b CT 三维重建未见肋骨形态异常 图 2 简单畸形组 a X 线片示双侧肋骨数目减少, 双侧均为 11 根肋骨 b CT 三维重建示双侧肋骨除数目减少外无显著形态异常 c X 线片示右侧 12 根肋骨, 左侧 11 根肋骨 d CT 三维重建示右侧 T10 水平出现肋骨分叉 图 3 复杂畸形组 a、b X 线片及 CT 三维重建均可见左侧多个节段肋骨融合分叉 c、d X 线片及 CT 三维重建均示左侧出现连续肋骨缺失并导致胸壁缺损

Figure 1 The control group **a** The X-ray showed that the number of the ribs was normal **b** No abnormal rib morphology change was found in CT 3D reconstruction **Figure 2** The simple group **a** The X-ray showed a decrease in the number of bilateral ribs, with 11 ribs on both sides

b No abnormal rib morphology change was found in CT 3D reconstruction **c** The X-ray showed there were only 11 ribs on the left side while 12 ribs on the right side **d** CT 3D reconstruction showed the bifurcation of the rib on the right side of T10 **Figure 3** The complex group **a, b** The X-ray and CT 3D construction showed several segments of fusion and bifurcation on the left side **c, d** The X-ray and CT 3D construction showed deficiency of chest wall due to the continuous lack of ribs on the left side

柱 CT 检查,并行三维重建。根据全脊柱正侧位片测量其侧凸 Cobb 角、胸椎后凸角、累及椎体节段数、胸廓高度与胸廓横径(图 4)。

1.3 肺功能检测

所有患者均采用德国 Jaeger 公司肺功能测定仪于术前进行肺功能评估,所有检测均由同一技师完成。测定指标包括:肺活量(vital capacity, VC)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第 1 秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV1)、最大自主通气量(maximal voluntary ventilation, MVV),以及这些值实测值占预测值百分比(实/预),FEV1/FVC 实测值。

肺功能结果根据肺功能不全分级标准^[9]分为以下 4 组:正常肺功能组(VC 或 MVV>80%, FEV1/FVC>70%)、轻度肺功能障碍组(70%<VC 或 MVV≤80%, 60%<FEV1/FVC≤70%)、中度肺功能障碍组(50%<VC 或 MVV≤70%, 40%<FEV1/FVC≤60%)及重度肺功能障碍组(VC 或 MVV≤50%, FEV1/FVC≤40%)。将患者肺功能损害模式分为限制性通气功能障碍、阻塞性通气功

能障碍以及混合性通气功能障碍^[10]。其中 FVC 实/预<80% 诊断为限制性通气功能障碍, FEV1/FVC<92% 诊断为阻塞性通气障碍,两者均符合则诊断为混合性通气功能障碍。

1.4 统计学分析

年龄、侧凸 Cobb 角和胸椎后凸角等影像学参数、各组呼吸功能参数的实测值及实/预等计量资料均以均数±标准差形式表示,采用 SPSS 22.0 (IBM, USA) 统计软件进行统计学分析。所有计量参数比较采用独立样本 *t* 检验分析。各组间性别、肺功能损害程度及类型分布等计数资料采用 χ^2 检验分析。检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 影像学参数比较

三组患者侧凸 Cobb 角、胸椎后凸角、累及椎体数、胸廓高度、胸廓横径等影像学参数均无显著差异($P>0.05$, 表 1)。

2.2 肺功能参数比较

肺功能参数比较中,简单畸形组与无畸形组相比无显著性差异($P>0.05$),而复杂畸形组与无畸形组及简单畸形组相比,VC 实/预, FVC 实/预, FEV1 实/预, MVV 实/预等均显著下降($P<0.05$)。FEV1/FVC 在三组之间未发现显著差异($P>0.05$, 表 1)。

2.3 肺功能损害程度比较

按照肺功能不全分级标准将三组 CS 患者分类,结果见表 2。在无畸形组和简单畸形组中,以正常及轻度肺功能障碍患者比例较高,而中重度肺功能障碍患者比例较低,两组分布类似($\chi^2=1.314, P=0.532$);而在复杂畸形组中则以中度及重度肺功能障碍患者居多($\chi^2=40.1, P<0.001$)。

2.4 肺功能损害模式分布

根据患者肺功能损害模式将三组患者分为限制性通气功能障碍,阻塞性通气功能障碍及混合性通气功能障碍,结果见表 3。三组患者均以混合性通气功能障碍为主($\chi^2=6.4, P=0.202$)。

3 讨论

呼吸是由肋间肌、膈肌相互协调,带动胸廓运动改变胸廓容积完成的。脊柱侧凸往往会引起凹凸两侧胸廓发生不对称改变,导致胸廓容积减小,使得肺部呼吸容积及顺应性受到影响。此外,凹凸



图 4 胸廓高度与胸廓横径测量方法,胸廓高度为 T1 至 T12 椎体中心点的垂直距离,胸廓横径为顶椎水平双侧肋缘的水平距离

Figure 4 Schematic diagram of thoracic height and thoracic transverse diameter: the thoracic height was the vertical height from the center of T1 to T12, and the thoracic transverse diameter was the horizontal distance between the bilateral costal margin at the level of the apex vertebra

两侧肋间隙的不对称也会影响肋间肌的发育和呼吸运动的协调性。目前国内外关于脊柱侧凸患者的影像学指标对于肺功能的影响的相关研究较多,刘臻等^[1]在一项回顾性分析研究中指出,侧凸发病年龄、侧凸畸形 Cobb 角、侧凸发生的部位及侧凸累及节段均对患者术前肺功能有着显著的影响。在 CS 患者中,除脊柱本身畸形外,往往合并有各种肋骨畸形,常见的肋骨畸形包括肋骨数目增加或减少、肋骨融合、肋骨分叉等等。这些肋骨畸形会使得胸廓活动受限,顺应性进一步降低,从而使患者肺功能受损。肋骨畸形还会影响肋间肌的发育及形态,从而损害患者肺功能。然而目前关

于 CS 合并的肋骨畸形的研究较少,本研究通过对肋骨畸形进行分类来研究不同程度肋骨畸形对患者肺功能的影响。

在本研究中,肋骨畸形被分为两类,简单畸形和复杂畸形^[8]。结果显示,伴有简单肋骨畸形的 CS 患者与不伴肋骨畸形的 CS 无畸形组相比肺功能损害无显著差异,而伴有复杂肋骨畸形的 CS 患者与无畸形组相比,VC 实/预、FEV1 实/预、FVC 实/预、MVV 实/预等均明显下降($P<0.05$)。无畸形组患者与简单畸形组患者均以正常及轻度肺功能障碍为主,而复杂畸形组患者则以中重度肺功能障碍为主($\chi^2=40.1, P<0.001$)。我们分析后认为,上述结果是由于简单肋骨畸形与复杂肋骨畸形相比,肋骨畸形发生的范围较小,对呼吸肌及胸廓活动的影响较小,使得该影响处于患者呼吸肌代偿能力范围内,故而简单畸形组与无畸形组相比肺功能损害无显著差异。而当肋骨畸形超过呼吸肌代偿能力时,患者的肺功能便会受到显著的影响。此外,复杂肋骨畸形的患者可能会由于大范围的肋骨融合或连续的肋骨缺损,导致局部胸壁缺损,破坏了胸壁连续性,造成局部的胸壁软化。这不仅会使得局部呼吸肌失去附着点,严重者还可能导致反常呼吸,进一步损害肺功能。本研究表明,较大范围的肋骨畸形可以显著影响 CS 患者肺功能,这在临床工作中需要引起重视。对于伴有肋骨畸形的患者要认真评估其肺功能,如有必要要及

表 1 患者影像学及肺功能参数

Table 1 The difference of the pulmonary and radiographic parameters

	无畸形组 (n=33) Control group	简单畸形组 (n=39) Simple group	复杂畸形组 (n=36) Complex group
年龄(岁) Age(year)	14.1±2.1	13.3±2.0	13.3±2.0
性别(男/女) Sex(male/female)	18/15	18/21	13/23
侧凸 Cobb 角(°) Cobb angle	50.48±6.81	51.44±7.45	49.31±9.68
胸椎后凸角(°) Thoracic kyphosis	34.39±5.19	35.79±8.00	38.94±6.88
累及椎体数(个) Number of vertebrae involved	6.21±1.04	6.41±1.29	6.36±1.20
胸廓高度(cm) Thoracic height	19.92±2.70	19.55±2.80	19.45±3.02
胸廓横径(cm) Thoracic transverse diameter	21.20±2.82	20.72±3.12	20.94±3.14
VC 实/预(%) The percentage of predicted VC	78.22±8.49	81.88±11.11	64.68±10.00 ^{①②}
FVC 实/预(%) The percentage of predicted FVC	78.35±6.74	81.66±9.72	64.61±10.57 ^{①②}
FEV1 实/预(%) The percentage of predicted FEV1	75.73±8.44	79.50±10.18	59.57±10.16 ^{①②}
MVV 实/预(%) The percentage of predicted MVV	75.04±7.21	79.10±12.48	62.82±12.02 ^{①②}
FEV1/FVC(%)	87.85±6.55	88.90±6.32	86.08±6.21

注: ①与无畸形组比较 $P<0.05$; ②与简单畸形组比较 $P<0.05$; VC, 肺活量; FVC, 用力肺活量; FEV1, 第 1 秒用力呼气容积; MVV, 最大自主通气量

Note: ①Compared with the control group, $P<0.05$; ②Compared with the simple group, $P<0.05$; VC, vital capacity; FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume in the first second; MVV, maximum ventilation volume

表 2 肺功能损害程度

Table 2 The degree of pulmonary dysfunction

	无畸形组 Control group	简单畸形组 Simple group	复杂畸形组 Complex group
正常 Normal	12(36.4%)	19(48.7%)	2(5.6%)
轻度功能障碍 Mild dysfunction	16(48.5%)	14(35.9%)	8(22.2%)
中度功能障碍 Medium dysfunction	5(15.1%)	6(15.4%)	18(50.0%)
重度功能障碍 Severe dysfunction	0	0	8(22.2%)

表 3 肺功能损害类型

Table 3 The classification of pulmonary dysfunction

	无畸形组 Control group	简单畸形组 Simple group	复杂畸形组 Complex group
限制性 Restrictive	4(16.0%)	5(19.2%)	7(20.0%)
阻塞性 Obstructive	4(16.0%)	6(23.1%)	1(2.9%)
混合性 Mixed	17(68.0%)	15(57.7%)	27(77.2%)

早采取呼吸锻炼等临床干预,以改善其肺功能,降低患者手术风险。

在本研究中,三组患者的肺功能损害模式主要为混合性通气功能障碍,这与既往研究基本相符^[5,12]。这种肺功能障碍模式表明,这些患者除了呼吸肌及胸廓的限制性改变以外还存在肺组织的发育障碍。一方面,Wynne-Davies^[13]认为这类患者在胚胎时期肺组织便存在发育障碍;另一方面,在CS患者发育阶段,胸廓的限制性改变在导致患者肺功能下降的同时还会限制肺部的发育,从而进一步损伤肺功能^[1]。

由于本研究为回顾性研究,具有一定的局限性,缺乏对患者胸廓活动度、胸廓凹陷度等数据的评估。而三组患者的影像学参数中,胸廓高度和胸廓横径均未发现显著差异,这是可能由于本研究纳入标准对于患者的胸弯进行了筛选,而胸廓大小受胸弯的影响较大,因而在本研究中难以判断肋骨畸形对于胸廓大小是否会产生影响。

综上所述,对于中度CS患者,简单畸形组与无畸形组相比,肺功能损害无显著差异,而合并复杂肋骨畸形患者与无畸形组相比VC实/预、FEV1实/预、FVC实/预、MVV实/预等指标显著下降。简单畸形组与无畸形组患者均以轻中度肺功能损害为主,复杂畸形组则以中重度肺功能损害为主。三组患者肺功能损害模式则均以混合性通气功能障碍为主。

4 参考文献

1. Campbell RM, Jr Smith MD, Mayes TC, et al. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(3): 399-408.
2. Rajasekaran S, Kamath V, Kiran R, et al. Intraspinal anomalies in scoliosis: an MRI analysis of 177 consecutive scoliosis patients[J]. Indian J Orthop, 2010, 44(1): 57-63.
3. Prahinski JR, Polly DW Jr, McHale KA, et al. Occult intraspinal anomalies in congenital scoliosis[J]. J Pediatr Orthop, 2000, 20(1): 59-63.
4. Tsirikos AI, McMaster MJ. Congenital anomalies of the ribs and chest wall associated with congenital deformities of the spine[J]. J Bone Joint Surg Am, 2005, 87(11): 2523-2536.
5. 黄爱兵, 邱勇, 钱邦平, 等. 特发性与先天性脊柱侧凸患者肺功能障碍的差异化比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 28(7): 512-516.
6. Vitale MG, Matsumoto H, Bye MR, et al. A retrospective cohort study of pulmonary function, radiographic measures, and quality of life in children with congenital scoliosis: an evaluation of patient outcomes after early spinal fusion [J]. Spine, 2008, 33(11): 1242-1249.
7. 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.
8. Ameri E, Fouladi DF, Safari MB, et al. The effect of concomitant rib deformity in congenital scoliosis on spinal curve correction after segmental pedicle screw instrumentation [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(4): E485-E490.
9. 三新. 功能诊断学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998: 138.
10. 张银昌, 沙士甫, 姜恩泽, 等. 青少年Chiari畸形伴脊柱侧弯与特发性脊柱侧弯患者肺功能损害的特征 [J]. 中华医学杂志, 2018, 98(6): 418-421.
11. 刘臻, 邱勇, 王斌, 等. 脊柱侧凸患者肺功能影响因素的分析及临床意义[J]. 中华医学杂志, 2008, 88(35): 2457-2460.
12. McPhail GL, Howells SA. Obstructive lung disease is common in children with syndromic and congenital scoliosis: a preliminary study[J]. J Pediatr Orthop, 2013, 33(8): 781-785.
13. Wynne-Davies R. Congenital vertebral anomalies: aetiology and relationship to spina bifida cystica [J]. J Med Genet, 1975, 12(3): 280-288.

(收稿日期:2018-09-11 末次修回日期:2019-03-21)

(英文编审 庄乾宇/贾丹彤)

(本文编辑 姜雅浩)