

· 专题 · 儿童胸壁畸形的诊治 ·

漏斗胸合并脊柱侧凸的影像学特点及危险因素分析



全文二维码

侯昊¹ 张学军¹ 曹隽¹ 白云松¹ 高荣轩¹ 张瀚文¹ 于洁² 曾骥²¹ 国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院骨科, 北京 100045; ² 国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院胸外科, 北京 100045

通信作者: 曹隽, Email: caojunhere@yeah.net

【摘要】 目的 探讨漏斗胸(pectus excavatum, PE)患儿中脊柱侧凸的发病情况及影像学特点, 分析 PE 患儿合并脊柱侧凸的危险因素。 **方法** 回顾性分析 2017 年 12 月至 2022 年 2 月于首都医科大学附属北京儿童医院就诊的 575 例 PE 患儿一般情况和影像学资料, 统计 PE 患儿中脊柱侧凸的发病率及侧凸类型, 采用两样本 *t* 检验和秩和检验比较存在脊柱侧凸的 PE 患儿与无脊柱侧凸 PE 患儿的一般情况及胸廓参数, 采用 Logistic 回归分析 PE 患儿发生脊柱侧凸的危险因素。 **结果** 575 例 PE 患儿中, 发生脊柱侧凸 147 例(147/575, 25.6%), 发生脊柱侧凸的 PE 患儿 Cobb 角为(14.50 ± 4.01)°。70 例(70/147, 47.6%)存在单一胸弯, 年龄较大($OR = 1.894, P = 0.003$)和胸骨偏移中线程度较高($OR = 1.728, P = 0.034$; $OR = 2.035, P = 0.015$)的患儿合并脊柱侧凸的风险更大。 **结论** PE 患儿脊柱侧凸的发病率较高, 年龄及胸骨偏移程度较大的 PE 患儿易合并脊柱侧凸。临床工作中需要关注 PE 患儿的脊柱发育情况, 必要时进行早期干预。

【关键词】 漏斗胸; 脊柱侧凸; 放射摄影术; 危险因素

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202211052-003

Imaging characteristics and risk factors of pectus excavatum children with scoliosis

Hou Hao¹, Zhang Xuejun¹, Cao Jun¹, Bai Yunsong¹, Gao Rongxuan¹, Zhang Hanwen¹, Yu Jie², Zeng Qi²¹ Department of Orthopedics, Affiliated Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China; ² Department of Thoracic Surgery, Affiliated Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China

Corresponding author: Cao Jun, Email: caojunhere@yeah.net

【Abstract】 Objective To explore the situation and imaging features of scoliosis in patients with pectus excavatum (PE) and examine the risk factors for combined scoliosis. **Methods** General profiles and imaging data were retrospectively reviewed for 575 PE children admitted from December 2017 to February 2022. The incidence and types of scoliosis were statistically examined. Two independent sample T and rank-sum tests were utilized for comparing general profiles and thoracic parameters of PE children with and without scoliosis. Binary logistic regression was utilized for examining the risk factors for combined scoliosis. **Results** A total of 147 patients with scoliosis were detected with an incidence of 25.6%. The mean Cobb angle was (14.50 ± 4.01)°. There were 70 cases (47.6%) with a single thoracic curve and scoliosis was more likely to occur in individuals with advanced age and greater distribution of offset coefficient. The incidence of scoliosis in PE children is higher than that in normal population, especially in elder children($OR = 1.894, P = 0.003$) and those with greater distribution of offset coefficient($OR = 1.728, P = 0.034$; $OR = 2.035, P = 0.015$). **Conclusion** The incidence of scoliosis in PE children is higher than that in normal children, especially in elder children and those with greater distribution of offset coefficient. Clinicians should pay greater attention to spinal development and early interventions implemented if necessary.

【Key words】 Funnel Chest; Scoliosis; Radiography; Risk Factors

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202211052-003

漏斗胸(pectus excavatum, PE)是常见的前胸壁畸形,发病率为 1/400 ~ 1/40,男女发病比例约为 4 : 1,临床表现为胸骨、肋软骨及部分肋骨呈漏斗状向脊柱凹陷^[1]。多数 PE 患儿起病隐匿,无特殊症状,但前胸壁凹陷程度较重时可引起胸闷、气短、呼吸困难等心肺相关并发症^[2-3]。重度 PE 常需接受手术矫正,1998 年 Nuss 医师发明了一种胸腔镜下置入弧形金属支架矫正胸骨凹陷的手术方法,效果良好^[4-7]。脊柱侧凸是指脊柱前后位 X 线片上有超过 10° 的侧向弯曲,同时伴有不同程度生理曲度丧失和椎体水平旋转,可导致双肩不等高及背部不对称等外观异常,严重时导致椎体和胸廓发生结构性改变。脊柱侧凸的治疗原则是在保留脊柱生长潜能的前提下控制畸形进展,矫正畸形^[8]。PE 患儿常发生脊柱侧凸,既往研究报道 PE 患儿发生脊柱侧凸的概率较高,达 21.10% ~ 22.58%^[9-11]。相关研究多认为凹陷前胸会对脊柱施加压力,如脊柱两侧受力不对称,则造成脊柱侧凸。Kubota 等^[12]研究发现,利用约束器于前后约束鼠的胸腔发育可造成鼠的脊柱侧凸,而经过双侧肋骨截断术的鼠不会发生脊柱侧凸,验证了既往研究观点。但既往研究并未发现 PE 合并脊柱侧凸患儿前胸的凹陷及不对称程度与脊柱侧凸曲度存在相关性。同时,既往的小样本临床试验多使用胸部 X 线片评估脊柱情况,无法对患儿全脊柱情况进行统计分析^[9,13-14]。本研究旨在进一步探讨 PE 患儿中脊柱侧凸的发病情况、影像学特点及两种疾病之间的关系。

资料与方法

一、临床资料

回顾性分析 2017 年 12 月至 2022 年 2 月于首都医科大学附属北京儿童医院就诊的 575 例 PE 患儿临床资料,其中男 428 例、女 147 例;年龄为(11.45 ± 3.47)岁,身高(150.91 ± 21.40)cm,体重(39.42 ± 13.14)kg。病例纳入标准:①年龄 3 ~ 18 岁;②主要诊断为 PE;③术前行胸部 CT 检查及标准站

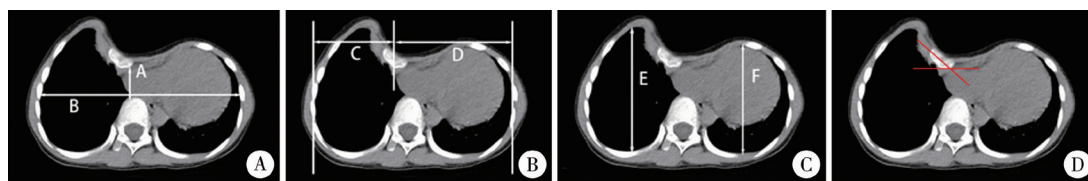
立位全脊柱正侧位 X 线检查,影像资料齐全;④于本院接受 Nuss 手术。排除标准:①合并其他可能导致脊柱侧凸的内外科疾病,如先天性脊柱侧凸、马凡综合征、神经纤维瘤病、脊髓纵裂或脊髓栓系综合征;②合并其他胸壁畸形,如鸡胸、Poland 综合征等;③合并先天性肋骨畸形,如叉状肋、先天性肋骨融合畸形等;④既往有脊柱、胸廓矫形手术史。本研究获得首都医科大学附属北京儿童医院医学伦理委员会审核批准[(2023)-E-001-R],患儿家属知情同意并签署知情同意书。

二、数据测量及分组方法

使用 Surgimap Spine 2.2.15 (Nemaris 公司)软件,由 2 名小儿胸外科医师和 2 名小儿骨科医师分别测量患儿胸廓和脊柱相关影像参数并计算平均值。①Cobb 角:侧凸头侧和尾侧倾斜度最大的椎体分别为上、下端椎,沿上端椎的上终板和下端椎的下终板画延长线,其夹角即 Cobb 角。②Haller 指数 (Haller index, HI):是指胸骨凹陷最低点的胸廓横径/凹陷最低点至椎体前的距离($HI = B/A$,图 1A)。③胸骨偏移度:是指胸骨相对于胸廓的横向偏移程度,为胸骨两侧缘与同侧胸廓距离较小者/胸骨两侧缘与同侧胸廓距离较大者 × 100%,即胸骨偏移度 = $C/D \times 100\%$,见图 1B)。④胸廓对称度:胸廓对称度是指两侧胸廓纵径较小者/双侧纵径较大者 × 100% (胸廓对称度 = $F/E \times 100\%$,图 1C)。⑤胸骨旋转角度:胸骨旋转角度即轴位 CT 上胸骨后缘切线与水平线之间的夹角(图 1D)。⑥弯型分类方法:本研究根据是否存在超过 10° 的侧凸将患儿分为非侧凸组和侧凸组。侧凸组患儿中,仅存在 1 个超过 10° 的侧凸为单弯型,存在 2 个或 3 个超过 10° 的侧凸则分别为双弯型和三弯型。本研究根据主弯 Cobb 角大小,分为 Cobb 角 ≤ 20° 组和 Cobb 角 > 20° 组。

三、统计学处理

使用 SPSS 20.0 进行统计学分析。应用 Shapiro-Wilk 法对计量资料进行正态性检验。服从正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较应用独立样本 t 检验;对不服从正态分布的计量资料用



注 A: Haller 指数 = B/A ; B: 胸骨偏移度 = $C/D \times 100\%$; C: 胸廓对称度 = $F/E \times 100\%$; D: 胸骨旋转度如图中红色线夹角所示

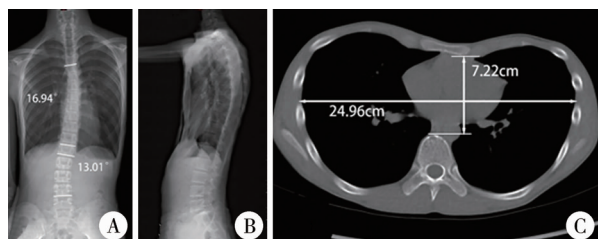
图 1 漏斗胸患儿胸廓参数测量方法示例图

Fig. 1 Diagrams of measuring thoracic parameters in PE children

$M(Q_1, Q_3)$ 表示, 组间比较应用独立样本秩和检验; 计数资料用率和构成比表示, 组间比较采用 χ^2 检验; 结局为二分类变量时采用二分类 Logistic 回归进行影响因素分析。双侧检验, 取 $\alpha = 0.05$ 。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

575 例 PE 患儿中, 147 例 (147/575, 25.6%) 合并脊柱侧凸, Cobb 角为 $(14.50 \pm 4.01)^\circ$ 。其中 118 例 (118/147, 80.3%) 为单弯型, 单胸弯、单一胸腰弯、单腰弯分别占 47.6% (70/147)、19.7% (29/147)、12.9% (19/147); 28 例 (28/147, 19.0%) 为双弯型, 双胸弯、胸弯/胸腰弯、胸弯/腰弯分别占 5.4% (8/147)、7.5% (11/147)、6.1% (9/147); 仅 1 例为三弯型 (1/147, 0.7%)。仅 9 例 (9/147, 6.1%) 主弯 Cobb 角超过 20° , 1 例 (1/147, 0.7%) 超过 45° ; 9 例患儿弯型及胸廓数据见表 1。图 2 为 1 例双弯型患儿, 其主弯 Cobb 角为 16.94° 。



注 A: 患儿男性, 13 岁 10 个月, 冠状位脊柱全长 X 线片示胸段和腰段脊柱侧凸, 为双弯型, 主弯 Cobb 角为 16.94° ; B: 矢状位脊柱全长 X 线片未发现平背畸形及生理曲度丧失; C: 胸部 CT 示胸廓前后径减小, Haller 为 3.46

图 2 漏斗胸合并脊柱侧凸患儿脊柱及胸廓影像学参数示例

Fig.2 Example of spinal and thoracic imaging parameters in PE children with scoliosis

非侧凸组患儿年龄、身高及体重均小于侧凸组 ($P < 0.05$)。非侧凸组患儿胸骨偏移度中位数为

95.04 (90.51, 97.86), 侧凸组患儿胸骨偏移度中位数为 93.23 (89.47, 96.65), 差异有统计学意义 ($P = 0.002$)。其余参数在非侧凸组和侧凸组患儿之间比较无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。根据 Cobb 角度大小分组比较显示, HI、胸骨倾斜角度、胸骨偏移度、胸廓对称度在 Cobb 角 $\leq 20^\circ$ 和 $> 20^\circ$ 的患儿中差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 3。

纳入患儿性别、年龄、HI、胸骨倾斜度、胸骨偏移度及胸廓对称度构建多因素 Logistic 回归方程。将 HI、胸骨倾斜度、胸骨偏移度及胸廓对称度转为分类资料: ① HI 指数 < 3.2 为轻度, $3.2 \sim 3.5$ 为中度, > 3.5 为重度; ② 根据既往研究中分类方法, 胸骨倾斜度 $> 25^\circ$ 定义为重度胸骨倾斜, $< 25^\circ$ 定义为轻度胸骨倾斜^[13]; ③ 575 例患儿总体胸骨偏移度中位数为 94.50% (90.25%, 97.53%)。将胸骨偏移度 $< 90.25\%$ 定义为重度胸骨偏移, 胸骨偏移度介于 90.25%~97.53% 定义为轻度胸骨偏移, $> 97.53\%$ 定义为非胸骨偏移; ④ 两侧最长胸廓纵径相差超过 10 mm 或胸廓不对称程度超过 10% 时, 判定为胸廓不对称; 否则为胸廓对称。影响因素分析结果显示: 大于 10 岁患儿有更高的脊柱侧凸风险, $OR = 1.894, P = 0.003$; 相较非胸骨偏移患儿, 轻度及重度胸骨偏移患儿有更高脊柱侧凸风险, 差异有统计学意义 ($OR = 1.728, P = 0.034$; $OR = 2.035, P = 0.015$), 见表 4。

讨 论

PE 是儿童最常见胸廓畸形, 约占胸廓畸形的 90%, 其病因尚不明确, 目前认为肋骨的过度生长可能是其主要原因^[1]。PE 患儿因前方胸骨及部分肋软骨凹陷, 造成胸廓前后径缩短, 进而影响患儿心

表 1 Cobb 角超过 20° 的 PE 合并脊柱侧凸患儿弯型与胸廓数据

Table 1 Curve types and thoracic parameters of children with Cobb angle greater than 20°

病例序号	年龄	弯型	主弯类型	主弯 Cobb 角 ($^\circ$)	HI 指数	胸骨倾斜角度 ($^\circ$)	胸廓偏移程度 (%)	胸廓不对称度 (%)
1	14 岁 1 个月	单弯型	腰弯	27.36	2.93	5.81	98.76	99.25
2	13 岁 8 个月	三弯型	胸弯	45.08	5.70	8.87	83.21	89.60
3	15 岁 3 个月	单弯型	胸弯	20.78	3.48	0.89	83.94	96.99
4	13 岁 2 个月	单弯型	胸弯	20.38	4.28	6.55	87.54	96.99
5	14 岁 8 个月	双弯型	胸弯	30.12	2.80	8.41	90.27	98.21
6	14 岁 2 个月	单弯型	胸腰弯	20.98	3.28	3.85	100	95.07
7	13 岁 4 个月	单弯型	胸腰弯	20.07	2.86	9.09	92.86	92.33
8	12 岁 9 个月	双弯型	胸腰弯	22.75	2.50	19.41	86.69	94.22
9	14 岁 5 个月	单弯型	胸弯	26.20	3.20	13.18	97.20	95.32

表 2 非侧凸组与侧凸组漏斗胸患儿一般资料比较

Table 2 Comparing general data of PE children with and without combined scoliosis

分组	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	男:女 (例)	HI [$M(Q_1, Q_3)$]	胸骨倾斜角度 [$M(Q_1, Q_3), ^\circ$]	胸骨偏移度 [$M(Q_1, Q_3), \%$]	胸廓对称度 [$M(Q_1, Q_3), \%$]
非侧凸组($n=428$)	10.46 \pm 4.07	341 : 87	3.34(2.99, 3.69)	6.47(2.94, 11.67)	95.04(90.51, 97.86)	95.80(92.16, 98.27)
侧凸组($n=147$)	11.90 \pm 3.91	116 : 31	3.43(2.98, 4.13)	6.60(2.54, 12.43)	93.23(89.47, 96.65)	95.87(91.23, 97.69)
$t/Z/\chi^2$ 值	$t = -3.806$	$\chi^2 = 0.006$	$Z = -1.786$	$Z = -0.034$	$Z = -3.136$	$Z = -1.530$
P 值	$P < 0.001$	$P = 0.937$	$P = 0.074$	$P = 0.973$	$P = 0.002$	$P = 0.126$

注 HI: Haller 指数(Haller Index)

表 3 根据 Cobb 角分组的漏斗胸合并脊柱侧凸患儿胸廓数据比较[$M(Q_1, Q_3)$]Table 3 Comparing thoracic data according to Cobb's angle grouping in PE children with scoliosis[$M(Q_1, Q_3)$]

分组	HI	胸骨倾斜角度($^\circ$)	胸骨偏移度($\%$)	胸廓对称度($\%$)
Cobb 角度 $\leq 20^\circ$ ($n=138$)	3.45(3.02, 4.15)	6.56(2.30, 12.59)	93.40(89.74, 96.64)	94.79(91.18, 97.69)
Cobb 角度 $> 20^\circ$ ($n=9$)	3.20(2.83, 3.88)	8.41(4.83, 11.14)	90.27(85.32, 97.98)	95.33(93.28, 97.61)
Z 值	-1.039	-0.357	-0.654	-0.614
P 值	0.306	0.728	0.521	0.548

注 HI: Haller 指数(Haller Index)

表 4 漏斗胸患儿合并脊柱侧凸的危险因素 Logistic 回归分析

Table 4 Logistic regression analysis of risk factors for combined scoliosis in PE children

变量	回归系数	Wald χ^2 值	OR(95% CI) 值	P 值
性别(女)	1.207	0.597	0.748 ~ 1.946	0.441
年龄(> 10 岁)	1.894	8.550	1.238 ~ 2.896	0.003
HI 分级				
轻度	1.000			
中度	0.621	3.014	0.363 ~ 1.062	0.082
重度	1.179	0.613	0.768 ~ 1.809	0.451
胸骨倾斜度(重度胸骨倾斜)	0.928	0.033	0.416 ~ 2.069	0.855
胸骨偏移度				
非胸骨偏移	1.000			
轻度胸骨偏移	1.728	4.453	1.042 ~ 2.867	0.034
重度胸骨偏移	2.035	5.884	1.146 ~ 3.614	0.015
胸廓不对称	1.009	0.016	0.636 ~ 1.600	0.970

注 HI: Haller 指数(Haller Index)

肺功能^[2-3]。脊柱侧凸可造成双肩不等高、背部不对称等外观异常,且弯曲的脊柱也可造成肺部的压迫,加重 PE 对心肺功能的影响^[8,15]。既往研究中 PE 患儿脊柱侧凸的发生率为 21.10%~22.58%,但既往研究样本量较小,其真实发生率尚待进一步确认^[9-11]。

研究显示,胸廓与脊柱存在力学上的统一性,胸廓对于维持脊柱的正常结构起到重要作用^[16-17]。理论上,胸廓是 PE 与脊柱侧凸相关联的解剖学基础,任何胸骨和肋骨之间的发育不平衡都可能导致胸廓发育紊乱,进而导致发育不良相关脊柱侧凸。Campbell 等^[15]研究发现脊柱侧凸患儿因顶椎的旋转可造成矢状面的肋骨隆起,严重时会影响胸廓正常发育,导致单侧胸廓发育不良,整个胸廓如同被

来自一侧的风吹向对侧,形成胸廓“吹风样改变”。此类胸廓畸形与以前胸壁中心凹陷为主的 PE 不同。但 PE 的非对称性凹陷不仅造成前方胸廓的凹陷,还会使躯干发生扭转^[1]。本研究认为脊柱侧凸可能是 PE 的继发畸形。特发性脊柱侧凸被定义为原因不明的脊柱侧凸,诊断上需要排除神经肌肉原因和其他综合征才能确定^[18]。既往有学者猜测前胸凹陷是 PE 患儿发生脊柱侧凸的原因,但仍认为合并脊柱侧凸的类型为特发性^[9,14]。

本研究中 PE 合并脊柱侧凸的总体发生率为 25.6%,高于既往研究结果,可能与既往仅根据胸片判断患儿有无脊柱侧凸有关^[7-11]。本研究采用脊柱全长 X 线片测量患儿 Cobb 角,在不遗漏下方脊柱侧凸的同时还可关注脊柱-骨盆整体平衡。既

往研究中 PE 合并脊柱侧凸患儿的平均 Cobb 角为 $(15.47 \sim 16.87)^\circ$ ^[9-10]。本研究中合并脊柱侧凸患儿 Cobb 角为 $(14.50 \pm 4.01)^\circ$, 与既往研究相似; 47.6% 的合并脊柱侧凸患儿存在单一的胸弯, 另有 19.72% 的合并脊柱侧凸患儿为双弯型或三弯型, 均存在超过 10° 的胸段侧凸, 与既往结果显示合并侧凸患儿以胸弯为主相符^[7-11]。但本研究中 48 例 (32.7%) 患儿存在单一的胸腰弯或腰弯。Tomaszewski 等^[19]发现 PE 患儿前胸凹陷的程度与椎体旋转角度呈正相关, 认为前胸凹陷会造成椎体的旋转, 而椎体旋转造成的侧凸可能出现在胸腰段或腰段。王运仓等^[20]认为, PE 患儿往往保持含胸或侧倾位站立的姿势来掩饰其胸部畸形, 因此可能造成姿势性脊柱侧凸。因此本研究认为胸腰段/腰段脊柱侧凸可能是由 PE 患儿的椎体旋转或侧倾姿势造成。

本研究中侧凸组患儿平均年龄、身高、体重均高于非侧凸组。PE 在 1 岁左右多可发现, 但其进展多于 8 岁开始, 13 ~ 17 岁变化更为明显^[21]。同时, 脊柱侧凸多发生于青春期, 巨大的生长潜能促使脊柱畸形发生和进展^[22]。PE 可能在生长发育过程中对脊柱产生持续影响, 这可以解释本研究中年龄较大为 PE 合并脊柱侧凸的危险因素。

既往研究中对于 PE 患儿发生脊柱侧凸的原因的结论尚不一致。Zhong 等^[13]和 Wang 等^[23]研究发现 PE 合并脊柱侧凸患儿的侧凸多发生在胸段, 且方向向右, 推测脊柱侧凸是由凹陷的胸壁下压纵隔及心脏, 心脏向纵隔及脊柱提供向右的反作用力所造成。Kubota 等^[12]通过限制小鼠的胸腔前后发育制作了 PE 动物模型, 发现小鼠因此发生脊柱侧凸, 而限制胸腔发育并行双侧肋骨截断术的小鼠未发生脊柱侧凸, 认为脊柱侧凸是由凹陷胸壁通过肋骨向脊柱施加不对称力造成。王运仓等^[20]发现约 46.8% 的脊柱侧凸出现在第 7 至第 10 胸椎, 垂直高度与凹陷胸壁一致, 认为脊柱侧凸可能是由胸部凹陷造成纵隔器官移位、两侧受力不均造成对脊柱的侧拉效应造成。尽管 PE 患儿的脊柱易受凹陷胸壁所造成的生物力学影响, 但较多临床研究提示两种疾病的严重程度并不相关, HI、胸骨旋转度、胸骨偏移程度及胸廓的不对称程度均与 Cobb 角无关^[9,13-14]。本研究中侧凸组与非侧凸组在 HI、胸骨旋转角度、胸廓对称程度方面比较, 差异均无统计学意义, 与既往研究一致^[9,13]。与既往研究不同的是, 侧凸组患儿与非侧凸组患儿的胸骨偏移度差异具有统计学意义, 且胸骨偏移度高是 PE 患儿脊柱

侧凸的危险因素。其原因可能是胸骨偏移程度越高, 患儿双侧肋骨及肋软骨发育的不对称程度越高, 前胸壁凹陷对脊柱的作用力越不平衡, 从而在脊柱生长发育过程中更易发生侧凸。与既往研究相似, 本研究试图以前胸壁凹陷对脊柱施加作用力来解释脊柱侧凸的发生, 但代表胸壁凹陷程度的 HI 指数及双侧胸廓的不对称性并不增加脊柱侧凸的风险; 同时 Cobb 角 $>20^\circ$ 与 Cobb 角 $\leq 20^\circ$ 的患儿相比, 胸廓相关参数并无明显差异, 其原因有待进一步研究。

对于脊柱侧凸的治疗, 绝大多数患儿侧凸程度较轻, 随诊观察即可, 少数患儿需行支具保守治疗或手术治疗。根据本院经验, PE 合并脊柱侧凸两种疾病中任何一种达到治疗指征, 均可行相应治疗。但当 PE 达到手术指征时, 应优先行漏斗胸微创 Nuss 手术治疗 PE, 因部分合并轻度脊柱侧凸的 PE 经 Nuss 手术后侧凸可自行消失^[10]。本研究中仅 9 例 (9/147, 6.1%) Cobb 角 $>20^\circ$, 达到支具治疗指征; 仅 1 例 (1/147, 0.7%) Cobb 角超过 45° , 达到手术指征。需佩戴支具的患儿应先行 Nuss 手术后再佩戴支具, 以避免支具加剧漏斗胸的心肺压迫症状。当两种疾病都达到手术指征时, 应先行 Nuss 手术改善患儿心肺功能情况。Alexianu 等^[24]及 Bafus 等^[25]分别报道 1 例 PE 合并脊柱侧凸的患儿, 均先行俯卧位脊柱后路融合固定术, 术中因俯卧位加重心肺压迫而出现严重低血压致停止手术, 后经手术治疗 PE 后完成脊柱侧凸矫正术。Park 等^[26]研究发现, 晚期矫正 (>10 岁) 者, 术后 Cobb 角易进展; 而早期矫正 (<10 岁) 者, 术后 Cobb 角易改善。因本研究显示较大年龄为 PE 合并脊柱侧凸的危险因素, 故本院提倡对于 PE 合并脊柱侧凸患儿早期予 Nuss 手术治疗, 以给脊柱侧凸预留保守治疗的时间窗口。

本研究仍存在一些不足之处: ①患儿均来自同一家医疗机构; ②本研究仅针对 PE 与脊柱侧凸之间的相关性进行了初步分析, 其具体作用机制还需通过相关实验研究进一步验证。

综上所述, PE 合并脊柱侧凸发生率较高, 其侧凸类型以单一胸弯为主, 但也可能合并胸腰段及腰段脊柱侧凸, 对胸骨下端椎体存在侧凸患儿行脊柱全长 X 线片检查是必要的。PE 合并脊柱侧凸的原因可能为胸壁凹陷对椎体双侧施加不对称力。临床工作中需要关注 PE 患儿的脊柱情况, 必要时根据患儿年龄及侧凸程度选择相应干预措施。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 侯昊负责研究的设计、实施和起草文章; 侯昊、张瀚

文负责病例数据收集及分析;张学军、曹隽、白云松、高荣轩、于洁、曾骐负责研究实施,并对文章知识性内容进行审阅

参 考 文 献

- [1] Park CH, Kim TH, Haam SJ, et al. Rib overgrowth may be a contributing factor for pectus excavatum: evaluation of prepubertal patients younger than 10 years old [J]. *J Pediatr Surg*, 2015, 50 (11): 1945-1948. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2015.07.010.
- [2] Gokhale J, Selbst SM. Chest pain and chest wall deformity [J]. *Pediatr Clin North Am*, 2009, 56 (1): 49-65. DOI: 10.1016/j.pcl.2008.10.001.
- [3] Fonkalsrud EW, De Ugarte D, Choi E. Repair of pectus excavatum and carinatum deformities in 116 adults [J]. *Ann Surg*, 2002, 236 (3): 304-314. DOI: 10.1097/0000658-200209000-00007.
- [4] Nuss D, Kelly RE Jr. Indications and technique of Nuss procedure for pectus excavatum [J]. *Thorac Surg Clin*, 2010, 20 (4): 583-597. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2010.07.002.
- [5] Hanna WC, Ko MA, Blitz M, et al. Thoracoscopic Nuss procedure for young adults with pectus excavatum: excellent midterm results and patient satisfaction [J]. *Ann Thorac Surg*, 2013, 96 (3): 1033-1038. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2013.04.093.
- [6] Kelly RE, Goretsky MJ, Obermeyer R, et al. Twenty-one years of experience with minimally invasive repair of pectus excavatum by the Nuss procedure in 1215 patients [J]. *Ann Surg*, 2010, 252 (6): 1072-1081. DOI: 10.1097/SLA.0b013e3181effdce.
- [7] Lo PC, Tzeng IS, Hsieh MS, et al. The Nuss procedure for pectus excavatum: an effective and safe approach using bilateral thoracoscopy and a selective approach to use multiple bars in 296 adolescent and adult patients [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (5): e0233547. DOI: 10.1371/journal.pone.0233547.
- [8] Tis JE, Karlin LI, Akbarnia BA, et al. Early onset scoliosis: modern treatment and results [J]. *J Pediatr Orthop*, 2012, 32 (7): 647-657. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3182694f18.
- [9] Hong JY, Suh SW, Park HJ, et al. Correlations of adolescent idiopathic scoliosis and pectus excavatum [J]. *J Pediatr Orthop*, 2011, 31 (8): 870-874. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31822da7d5.
- [10] 曹隽, 张学军, 曾骐, 等. Nuss 手术治疗漏斗胸患儿合并特发性脊柱侧弯的临床研究 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2019, 18 (1): 13-17. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.01.004. Cao J, Zhang XJ, Zeng Q, et al. Clinical study of correcting scoliosis plus pectus excavatum with Nuss procedure in children [J]. *J Clin Ped Sur*, 2019, 18 (1): 13-17. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.01.004.
- [11] Waters P, Welch K, Micheli LJ, et al. Scoliosis in children with pectus excavatum and pectus carinatum [J]. *J Pediatr Orthop*, 1989, 9 (5): 551-556. DOI: 10.1097/01241398-198909010-00009.
- [12] Kubota K, Doi T, Murata M, et al. Disturbance of rib cage development causes progressive thoracic scoliosis: the creation of a non-surgical structural scoliosis model in mice [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95 (18): e130. DOI: 10.2106/JBJS.L.01381.
- [13] Zhong WH, Ye JD, Feng JJ, et al. Effects of pectus excavatum on the spine of pectus excavatum patients with scoliosis [J]. *J Health Eng*, 2017, 2017: 5048625. DOI: 10.1155/2017/5048625.
- [14] Tauchi R, Suzuki Y, Tsuji T, et al. Clinical characteristics and thoracic factors in patients with idiopathic and syndromic scoliosis associated with pectus excavatum [J]. *Spine Surg Relat Res*, 2018, 2 (1): 37-41. DOI: 10.22603/ssrr.2017-0027.
- [15] 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. DOI: 10.2106/00004623-200303000-00001.
- [16] Liebsch C, Graf N, Appelt K, et al. The rib cage stabilizes the human thoracic spine: an in vitro study using stepwise reduction of rib cage structures [J]. *PLoS One*, 2017, 12 (6): e0178733. DOI: 10.1371/journal.pone.0178733.
- [17] Watkins R 4th, Watkins R 3rd, Williams L, et al. Stability provided by the sternum and rib cage in the thoracic spine [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30 (11): 1283-1286. DOI: 10.1097/01.brs.0000164257.69354.bb.
- [18] Cheng JC, Castelein RM, Chu WC, et al. Adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2015, 1: 15030. DOI: 10.1038/nrdp.2015.30.
- [19] Tomaszewski R, Wiktor Ł, Machała L. Evaluation of thoracic vertebral rotation in patients with pectus excavatum [J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2017, 51 (4): 284-289. DOI: 10.1016/j.aott.2017.03.005.
- [20] 王运仓, 谢亮, 周海榆, 等. 漏斗胸伴发扁平胸和脊柱侧弯的临床及影像学分析 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2011, 22 (8): 549-551. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1062.2011.08.005. Wang YC, Xie L, Zhou HY, et al. Imaging analysis of funnel chest coexisting with flat chest and scoliosis [J]. *J Chin Clin Med Imaging*, 2011, 22 (8): 549-551. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1062.2011.08.005.
- [21] Chang PY, Zeng Q, Wong KS, et al. A cross-sectional study of chest wall development in patients with pectus excavatum [J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 63 (5): 433-436. DOI: 10.1055/s-0034-1396928.
- [22] Dimeglio A, Canavese F. Progression or not progression? How to deal with adolescent idiopathic scoliosis during puberty [J]. *J Child Orthop*, 2013, 7 (1): 43-49. DOI: 10.1007/s11832-012-0463-6.
- [23] Wang YC, Chen G, Xie L, et al. Mechanical factors play an important role in pectus excavatum with thoracic scoliosis [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2012, 7: 118. DOI: 10.1186/1749-8090-7-118.
- [24] Alexianu D, Skolnick ET, Pinto AC, et al. Severe hypotension in the prone position in a child with neurofibromatosis, scoliosis and pectus excavatum presenting for posterior spinal fusion [J]. *Anesth Analg*, 2004, 98 (2): 334-335. DOI: 10.1213/01.ANE.0000096187.58714.B6.
- [25] Bafus BT, Chiravuri D, van der Velde ME, et al. Severe hypotension associated with the prone position in a child with scoliosis and pectus excavatum undergoing posterior spinal fusion [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2008, 21 (6): 451-454. DOI: 10.1097/BSD.0b013e31815725f2.
- [26] Park HJ, Kim JJ, Park JK, et al. Effects of Nuss procedure on thoracic scoliosis in patients with pectus excavatum [J]. *J Thorac Dis*, 2017, 9 (10): 3810-3816. DOI: 10.21037/jtd.2017.08.128.

(收稿日期: 2022-11-27)

本文引用格式: 侯昊, 张学军, 曹隽, 等. 漏斗胸合并脊柱侧凸的影像学特点及危险因素分析 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2023, 22 (6): 511-516. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202211052-003.

Citing this article as: Hou H, Zhang XJ, Cao J, et al. Imaging characteristics and risk factors of pectus excavatum children with scoliosis [J]. *J Clin Ped Sur*, 2023, 22 (6): 511-516. DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202211052-003.