

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2019.04.0362

· 专题报道 ·

青少年特发性脊柱侧凸矫形手术与双下肢不等长的关系分析

陈 锴, 杨依林, 赵 检, 杨明园, 杨长伟*, 李 明*

海军军医大学(第二军医大学)长海医院骨科脊柱外科, 上海 200433

[摘要] **目的** 探讨青少年特发性脊柱侧凸患者双下肢不等长(LLD)与脊柱侧凸的关系, 并分析矫形手术后LLD的改善情况及影响LLD改善的危险因素。**方法** 回顾性分析2010年1月至2013年1月在海军军医大学(第二军医大学)长海医院骨科脊柱外科就诊的85例青少年特发性脊柱侧凸患者的病例资料。根据患者术前及术后2年的影像学资料测量分析站立位X线片双侧股骨头高度差(HD-bFH)及矫形术后该参数的变化。根据患者术前HD-bFH, 将患者分为非LLD组($HD-bFH < 5\text{ mm}$)和LLD组($HD-bFH \geq 5\text{ mm}$), 比较两组患者的一般特征和影像学参数的差异, 并分析HD-bFH变化与其他参数的相关性。**结果** 85例患者术前HD-bFH为(0.80 ± 5.57) mm, 术后2年患者HD-bFH为(-0.49 ± 4.93) mm, 术后与术前相比差异有统计学意义($P=0.022$)。主胸弯型(Lenke I、II、III型, $n=50$)和胸腰弯/腰弯型(Lenke V和VI型, $n=33$)患者术前HD-bFH差异无统计学意义[(0.52 ± 5.86) mm vs (1.53 ± 5.12) mm, $P=0.427$]。85例患者中, 31例(36.5%)发生LLD。非LLD($n=54$)与LLD($n=31$)患者的一般特征和影像学参数差异无统计学意义($P>0.05$)。术后HD-bFH的变化与Risser征($r_s=-0.512$, $P=0.020$)及腰弯矫形程度($r=-0.605$, $P=0.018$)相关。**结论** 本研究中青少年特发性脊柱侧凸患者LLD的发生率为36.5%。双下肢长度差异的改变与矫形手术密切相关, 腰弯矫形程度和Risser征是其危险因素。

[关键词] 青少年; 特发性脊柱侧凸; 双下肢不等长; 危险因素; Risser征; 矫形外科手术**[中图分类号]** R 682.13**[文献标志码]** A**[文章编号]** 0258-879X(2019)04-0362-05

Relationship between orthopedic surgery for adolescent idiopathic scoliosis and leg length discrepancy

CHEN Kai, YANG Yi-lin, ZHAO Jian, YANG Ming-yuan, YANG Chang-wei*, LI Ming*

Department of Spine Surgery, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To explore the relationship between leg length discrepancy (LLD) and scoliosis in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) patients, and to analyze the improvement of LLD after orthopaedic surgery and the risk factors. **Methods** The clinical data were collected from 85 AIS patients admitted to Department of Spine Surgery of Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University) from Jan. 2010 to Jan. 2013. The height difference of bilateral femoral head (HD-bFH) on standing X-ray images and the changes of HD-bFH after orthopaedic surgery were measured using the imaging data before operation and 2 years after operation. According to preoperative HD-bFH, the patients were divided into non-LLD group ($HD-bFH < 5\text{ mm}$) and LLD group ($HD-bFH \geq 5\text{ mm}$). The general characteristics and imaging parameters were compared between the two groups, and the correlation between HD-bFH changes and other parameters was analyzed. **Results** The HD-bFH of the 85 AIS patients was (0.80 ± 5.57) mm before operation and (-0.49 ± 4.93) mm 2 years after operation, and the difference was significant ($P=0.022$). There was no significant difference in HD-bFH between the patients with main thoracic curves (Lenke type I, II and III; $n=50$) and thoracolumbar/lumbar curves (Lenke type V and VI, $n=33$; [0.52 ± 5.86] mm vs [1.53 ± 5.12] mm, $P=0.427$). Among the 85 patients, 31 (36.5%) had LLD. There were no significant differences in general features and imaging parameters between the non-LLD group ($n=54$) and the LLD group ($n=31$, $P>0.05$). Postoperative change of HD-bFH was correlated with Risser sign ($r_s=-0.512$, $P=0.020$) and the orthopedic degree of lumbar curvature ($r=-0.605$, $P=0.018$). **Conclusion** The prevalence of LLD is 36.5% in AIS patients. Changes of leg length in AIS patients are closely related to orthopedic surgery, and the orthopedic degree of lumbar curvature and Risser sign are the risk factors.

[Key words] adolescent; idiopathic scoliosis; leg length discrepancy; risk factors; Risser sign; orthopedic procedures

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2019, 40(4): 362-366]

[收稿日期] 2018-12-24 **[接受日期]** 2019-03-21**[基金项目]** 国家自然科学基金(31870985), 上海市青年科技英才扬帆计划(19YF1447100). Supported by National Natural Science Foundation of China (31870985) and Yangfan Plan of Young Science and Technology Talent of Shanghai (19YF1447100).**[作者简介]** 陈 锴, 硕士生. E-mail: 515854039@qq.com

*通信作者(Corresponding authors). Tel: 021-81873387, E-mail: changwei_y@qq.com; Tel: 021-31161700, E-mail: limingch@21cn.com

特发性脊柱侧凸 (idiopathic scoliosis, IS) 是一种三维平面的畸形, 包括冠状位失衡、矢状位躯干偏斜和横断位椎体旋转, 发病率为 2%~3%^[1]。双下肢不等长 (leg length discrepancy, LLD) 可分为结构性与功能性两类, 其中功能性 LLD 较为普遍, 严重影响站立姿势、行走步态、外观形象, 甚至与脊柱侧凸、腰腿痛、髋关节炎和脊柱骨关节炎等相关, 目前常通过在站立位 X 线片上测量双侧股骨头高度差 (height difference of bilateral femoral head, HD-bFH) 对其进行评估^[2-4]。LLD 在人群中的发生率约为 40%~70%^[1,5], 尽管如此, 95% 的 LLD 原因尚未知晓^[6]。

目前, LLD 与脊柱侧凸的关系仍未阐明。有研究表明, 即使是极小的双下肢长度差异也会导致骨盆倾斜, 进而引起腰椎侧凸^[7]。Zabjek 等^[8]认为, 脊柱侧凸可能是 LLD 的代偿性改变 (2%), 常可通过调整双下肢长度差异 (使用鞋垫) 矫正脊柱畸形。另有学者持相反意见, 认为脊柱侧凸引起骨盆倾斜与 LLD, 在部分散发病例中已证实 LLD 继发于脊柱侧凸, 且可能与躯干负荷不对称相关^[9]。本研究旨在探讨 LLD 与脊柱侧凸及侧凸矫形手术的关系, 并分析矫形术后与 LLD 相关的危险因素。

1 资料和方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2010 年 1 月至 2013 年 1 月在海军军医大学 (第二军医大学) 长海医院骨科脊柱外科就诊并符合纳入标准的 IS 患者。纳入标准: (1) 手术时年龄为 10~18 岁, 一期行全椎弓根螺钉后路三维矫形手术^[10]; (2) 随访时间为 2 年以上; (3) 具有完整的站立后前位全脊柱 X 线片等影像学资料。排除标准: (1) 患有影响下肢长度的疾病, 如先天性髋关节或骨盆畸形; (2) 有肿瘤、感染或下肢损伤病史。本研究共纳入 85 例患者, 根据术前 HD-bFH 将入组患者分为 2 组: 双下肢等长组 (非 LLD 组, HD-bFH<5 mm) 和 LLD 组 (HD-bFH≥5 mm)。本研究通过我院伦理委员会审批。

1.2 数据收集 记录患者的一般资料, 包括性别、年龄、Risser 征和 Lenke 分型。测量影像学

参数, 包括术前和术后 2 年近胸弯 Cobb 角、主胸弯 Cobb 角、胸腰弯/腰弯 Cobb 角、双肩影像学高度差 (radiographic shoulder height, RSH; 双肩分别经肩部软组织影和经肩锁关节垂线交点水平线的高度差)、冠状位平衡 (coronal balance, C₇ 椎体中点铅垂线与骶骨中心垂线的距离)、躯干偏移 (trunk shift, 胸弯顶椎到对应胸廓平面中点的距离)、HD-bFH (脊柱全长正位 X 线片上两侧股骨头上缘水平切线高度差, 右腿长于左腿记为负值)。所有数据均由两位脊柱外科医师分别测量, 取二者平均值作为最终测量结果。

1.3 统计学处理 使用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 Kolmogorov-Smirnov 检验分析入组人群矫形手术前后 HD-bFH 的分布情况, 采用独立样本 *t* 检验比较 LLD 组与非 LLD 组之间一般资料和影像学资料的差异, 采用配对样本 *t* 检验比较手术前后 HD-bFH 的差异, 并采用 Pearson 相关分析探讨术前 HD-bFH 与术后 HD-bFH、手术前后 HD-bFH 差异与其他计量参数的相关性。计数资料和等级资料以例数和百分数表示, 分别采用 χ^2 检验和 Wilcoxon 秩和检验比较组间差异, 并采用秩相关分析探讨手术前后 HD-bFH 差异与 Risser 征的相关性。检验水准 (α) 为 0.05。

2 结果

2.1 患者基本特征 共有 85 例 IS 患者纳入本研究, 患者的一般资料见表 1。Lenke I 型 38 例, Lenke II 型 9 例, Lenke III 型 3 例, Lenke IV 型 2 例, Lenke V 型 27 例, Lenke VI 型 6 例。根据主弯分布, 简易归为主胸弯型 (Lenke I、II、III 型) 和胸腰弯/腰弯型 (Lenke V 和 VI 型) 两类, 其中主胸弯型 50 例, 胸腰弯/腰弯型 33 例。Kolmogorov-Smirnov 检验表明 85 例 IS 患者术前与术后 2 年 HD-bFH 值均呈正态分布 ($Z=0.895$, $P=0.399$; $Z=0.844$, $P=0.475$)。根据术前 HD-bFH, 31 例 (36.5%) 患者发生 LLD (HD-bFH≥5 mm), 其中 15 例右腿长于左腿 (HD-bFH 为负值)、16 例左腿长于右腿 (HD-bFH 为正值), 比例接近。典型病例手术前后脊柱全长正位 X 线片见图 1。

表1 青少年特发性脊柱侧凸患者的一般特征

Tab 1 General information of patients with adolescent idiopathic scoliosis

N=85	
Variable	Data
Age (year), $\bar{x} \pm s$	12.99 $\pm$ 5.16
Gender <i>n</i> (%)	
Male	14 (16.5)
Female	71 (83.5)
Risser sign <i>n</i> (%)	
0	8 (9.4)
1	2 (2.4)
2	6 (7.1)
3	12 (14.1)
4	25 (29.4)
5	32 (37.6)
Lenke classification <i>n</i> (%)	
I - III	50 (58.8)
IV	2 (2.4)
V - VI	33 (38.8)
Preoperative HD-bFH (absolute) <i>n</i> (%)	
0-4 mm	54 (63.5)
5-9 mm	25 (29.4)
≥ 10 mm	6 (7.1)

HD-bFH: Height difference of bilateral femoral head

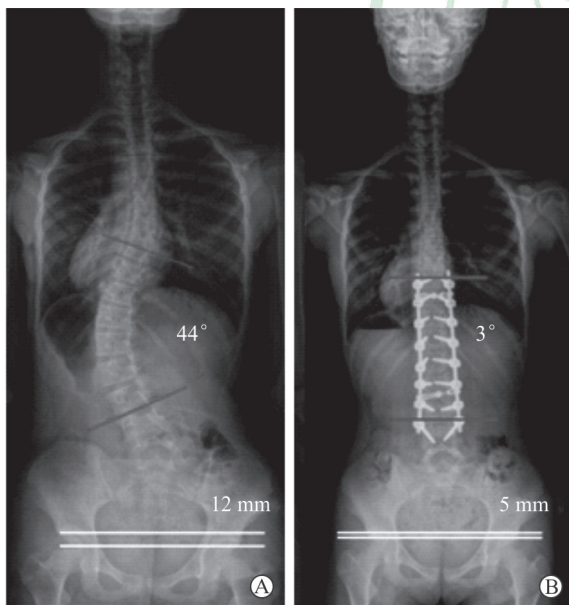


图1 1例13岁Lenke V型特发性脊柱侧凸患者术前(A)和术后(B)脊柱全长正位X线片

Fig 1 Posteroanterior X-ray of full-length spine of a 13 years old patient with Lenke type V idiopathic scoliosis before (A) and after (B) operation

2.2 HD-bFH 变化与脊柱侧凸类型及矫形手术的关系 主胸弯型(50例)和胸腰弯/腰弯型(33例)患者 HD-bFH 分别为(0.52 ± 5.86)和(1.53 ± 5.12) mm, 差异无统计学意义($t=$

0.625 , $P=0.427$)。85例患者术前 HD-bFH 为(0.80 ± 5.57) mm, 侧凸矫形手术后2年患者 HD-bFH 为(-0.49 ± 4.93) mm, 术后 HD-bFH 与术前相比差异有统计学意义($t=-2.883$, $P=0.022$)。Pearson 相关分析表明, 术前 HD-bFH 与术后2年 HD-bFH 呈正相关($r=0.725$, $P=0.004$)。

2.3 影响 LLD 及其变化的因素 由表2可见, LLD 组与非 LLD 组患者的一般资料(年龄、Risser 征)和影像学参数(冠状位 Cobb 角、冠状位平衡、躯干偏移、术前 RSH)差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。计算手术前后 HD-bFH 的差值, 将其与其他变量进行相关性分析, 结果(表3)显示, 矫形术后 HD-bFH 的变化与 Risser 征($r_s=-0.512$, $P=0.020$)及腰弯矫形程度($r=-0.605$, $P=0.018$)相关, 但与年龄、近胸弯矫形程度、主胸弯矫形程度、冠状位平衡、躯干偏移、术前 RSH 之间无明显相关性(P 均 >0.05)。

3 讨论

LLD 极大影响患者的姿势、步态、外观形象及自我认知, 且 LLD 程度越大, 表现更为明显, 严重者甚至引起脊柱应力分布异常导致腰腿痛^[1,5]。然而, LLD 的病难以探究, 可能与多种因素联合相关, 目前对其研究仍处于摸索阶段。脊柱侧凸与 LLD 的关系尚存争议, 有学者指出脊柱侧凸与 LLD 密切相关^[11], 也有学者认为脊柱侧凸与 LLD 并无因果关联, 可能由某种共同因素(诸如骨盆倾斜)引起^[12]。

本研究发现 85 例 IS 患者中有 31 例伴有 LLD, 发生率达 36.5%, 其中大多数(29 例)伴有 LLD 的 IS 患者 HD-bFH 绝对值为 5~9 mm。主胸弯型与胸腰弯/腰弯型 IS 患者 HD-bFH 差异无统计学意义, 表明主弯类型可能对 LLD 没有明显影响。该结果与 Sekiya 等^[13]报道的腰椎 Cobb 角与功能性 LLD 具有相关性存在出入, 可能与本研究选择的对象为结构性脊柱侧凸患者有关。此外, LLD 组与非 LLD 组患者的年龄、Risser 征、冠状位 Cobb 角、冠状位平衡、躯干偏移、术前 RSH 等差异均无统计学意义(P 均 >0.05), 说明与 IS 相关的危险因素对 LLD 无明显影响。

表 2 各变量在非 LLD 组与 LLD 组之间的差异

Tab 2 Comparison of variables between non-LLD group and LLD group

Variable	Non-LLD group (HD-bFH<5 mm) N=54	LLD group (HD-bFH≥5 mm) N=31	P value
Age (year), $\bar{x} \pm s$	13.02±4.71	12.94±5.95	0.947
Risser sign n (%)			0.864
0	4 (7.4)	4 (12.9)	
1	1 (1.9)	1 (3.2)	
2	1 (1.9)	5 (16.1)	
3	10 (18.5)	2 (6.5)	
4	15 (27.8)	10 (32.3)	
5	23 (42.6)	9 (29.0)	
Coronal Cobb angle $\theta/(\circ)$, $\bar{x} \pm s$			
Proximal thoracic curve	19.15±13.51	20.26±11.05	0.699
Main thoracic curve	36.99±13.99	42.23±13.06	0.093
Thoracolumbar/lumbar curve	33.73±13.22	36.31±14.59	0.408
Coronal balance l/mm , $\bar{x} \pm s$	-6.22±18.16	-5.71±18.92	0.902
Trunk shift l/mm , $\bar{x} \pm s$	1.38±17.81	3.45±19.13	0.617
Preoperative RSH l/mm , $\bar{x} \pm s$	-4.35±13.03	-4.69±14.02	0.911

LLD: Leg length discrepancy; HD-bFH: Height difference of bilateral femoral heads; RSH: Radiographic shoulder height

表 3 矫形术后 HD-bFH 变化与各变量的相关性分析

Tab 3 Correlation analysis between change of HD-bFH after surgery and other variables

Variable	Data N=85	Correlation coefficient	P value
Age (year), $\bar{x} \pm s$	12.99±5.16	-0.040	0.717
Risser sign n (%)		-0.512	0.020
0	8 (9.4)		
1	2 (2.4)		
2	6 (7.1)		
3	12 (14.1)		
4	25 (29.4)		
5	32 (37.6)		
Correction magnitude $\theta/(\circ)$, $\bar{x} \pm s$			
Proximal thoracic curve	6.96±5.64	-0.080	0.464
Main thoracic curve	23.09±10.69	-0.010	0.929
Lumbar curve	22.31±10.73	-0.605	0.018
Coronal balance l/mm , $\bar{x} \pm s$	-6.12±18.53	-0.016	0.882
Trunk shift l/mm , $\bar{x} \pm s$	2.15±18.48	-0.084	0.445
Preoperative RSH l/mm , $\bar{x} \pm s$	-4.53±13.60	0.005	0.942

HD-bFH: Height difference of bilateral femoral head; RSH: Radiographic shoulder height

本研究通过分析脊柱侧凸矫形手术后 LLD 是否得到修正, 从反面探讨双下肢长度差异与脊柱侧凸的关系, 并分析矫形术后引起 LLD 变化的危险因素。结果显示矫形手术后 IS 患者的 HD-bFH 由 (0.80 ± 5.57) mm 改变为 (-0.49 ± 4.93) mm ($P=0.022$), 反面论证了脊柱侧凸可能是引起 LLD 的危险因素。本研究还发现, Risser 征在 IS 患者 HD-bFH 手术前后的改变中可能起重要作用 ($r_s=-0.512$, $P=0.020$), 提示矫形手术对于 LLD 的修正可能与骨骼生长潜力呈负相关, 随着

年龄的增长, 通过手术改善 LLD 的情况可能愈发艰难^[14]。影响 HD-bFH 改变的另一个重要因素是术中腰弯矫形程度 ($r=-0.605$, $P=0.018$)。既往研究表明, 部分脊柱侧凸患者的 LLD 可能是由下肢负荷不对称所致^[15]。因此, 脊柱侧凸矫正, 尤其是腰弯矫正, 可以减轻双下肢负荷差异, 改善下肢的不对称性。然而, 躯干偏移和冠状位平衡与 HD-bFH 的改变无关, 这与我们的经验相矛盾, 仍需进一步研究。

综上所述, 本研究发现矫形手术对于 IS 患者

LLD 具有一定的改善作用,腰弯矫形程度和 Risser 征是影响手术前后 HD-bFH 变化的两个重要因素。本研究仍存在一定局限性。首先,样本量仅为 85 例,相对较小,不足以检测其他潜在危险因素;其次,尽管术后 HD-bFH 与术前相比发生了明显变化,但并未评估患者术前、术后生活质量,缺少矫形手术对于患者生活质量影响的评价;此外,本研究是单中心研究,可能存在一定的选择偏倚。为了更全面地研究 LLD、结构性脊柱侧凸与矫形手术之间的关系,今后仍需开展大规模、多中心的研究。

[参考文献]

- [1] 徐锡明,魏显招,王传锋,李明. 青少年特发性脊柱侧凸学校筛查的进展及意义[J]. 脊柱外科杂志,2013,11: 360-364.
- [2] GURNEY B. Leg length discrepancy[J]. *Gait Posture*, 2002, 15: 195-206.
- [3] MAEDA N, SAKAGUCHI K, MEHTA N R, ABDALLAH E F, FORGIONE A G, YOKOYAMA A. Effects of experimental leg length discrepancies on body posture and dental occlusion[J]. *Cranio*, 2011, 29: 194-203.
- [4] ASSOGBA T F, BOULET S, DETREMBLEUR C, MAHAUDENS P. The effects of real and artificial leg length discrepancy on mechanical work and energy cost during the gait[J]. *Gait Posture*, 2018, 59: 147-151.
- [5] DAHL M T. Limb length discrepancy[J]. *Pediatr Clin North Am*, 1996, 43: 849-865.
- [6] RACZKOWSKI J W, DANISZEWSKA B, ZOLYNSKI K. Functional scoliosis caused by leg length discrepancy[J]. *Arch Med Sci*, 2010, 6: 393-398.
- [7] SUNDARAMURTHY S, MAO J J. Modulation of endochondral development of the distal femoral condyle by mechanical loading[J]. *J Orthop Res*, 2006, 24: 229-241.
- [8] ZABJEK K F, LEROUX M A, COILLARD C, MARTINEZ X, GRIFFET J, SIMARD G, et al. Acute postural adaptations induced by a shoe lift in idiopathic scoliosis patients[J]. *Eur Spine J*, 2001, 10: 107-113.
- [9] PASHA S, AUBIN C E, SANGOLE A P, LABELLE H, PARENT S, MAC-THIONG J M. Three-dimensional spinopelvic relative alignment in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39: 564-570.
- [10] 李彦明,李明,张国友,陈自强,赵颖川,倪海键,等. 3D 打印在脊柱侧凸矫形中的应用初探[J]. 第二军医大学学报, 2016,37:231-235.
- [11] LI Y M, LI M, ZHANG G Y, CHEN Z Q, ZHAO Y C, NI H J, et al. Application of 3D printing in orthopedics of scoliosis[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2016, 37: 231-235.
- [12] PAPAIOANNOU T, STOKES I, KENWRIGHT J. Scoliosis associated with limb-length inequality[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1982, 64: 59-62.
- [13] JONES K B, SPONSELLER P D, HOBBS W, PYERITZ R E. Leg-length discrepancy and scoliosis in Marfan syndrome[J]. *J Pediatr Orthop*, 2002, 22: 807-812.
- [14] SEKIYA T, AOTA Y, YAMADA K, KANEKO K, IDE M, SAITO T. Evaluation of functional and structural leg length discrepancy in patients with adolescent idiopathic scoliosis using the EOS imaging system: a prospective comparative study[J/OL]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13: 7. doi: 10.1186/s13013-018-0152-4.
- [15] PLOUMIS A, TRIVEDI V, SHIN J H, WOOD K B, GROTTKAU B E. Progression of idiopathic thoracic or thoracolumbar scoliosis and pelvic obliquity in adolescent patients with and without limb length discrepancy[J/OL]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13: 18. doi: 10.1186/s13013-018-0166-y.
- [16] YOUNG R S, ANDREW P D, CUMMINGS G S. Effect of simulating leg length inequality on pelvic torsion and trunk mobility[J]. *Gait Posture*, 2000, 11: 217-223.

[本文编辑] 孙 岩