

analog scales can assess the severity of rhinitis graded according to ARIA guidelines[J]. Allergy, 2007, 62(4):367-372.

[6] CHIAROTTO A,BOERS M,DEYO R A,et al. Core outcome measurement instruments for clinical trials in nonspecific low back pain[J]. Pain, 2018, 159(3):481-495.

[7] SI L,WINZENBERG T M,JIANG Q,et al. Projection of osteoporosis-related fractures and costs in China;2010-2050[J]. Osteoporos Int, 2015, 26(7):1929-1937.

[8] NIEUWENHUIJSE M J,BOLLEN L,VAN ERKEL A R,et al. Optimal intravertebral cement volume in percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(20):1747-1755.

[9] MUIJS S P,VAN ERKEL A R,DIJKSTRA P D. Treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures;a brief review of the evidence for percutaneous vertebroplasty[J]. J Bone Joint Surg Br, 2011, 93(9):1149-1153.

[10] YANG J. Correlation between the distribution of bone cement and clinical efficacy in the treatment of osteoporotic spinal fractures with percutaneous vertebroplasty[J]. China J Orthop Traumatol, 2019, 32(12):1128-1133.

[11] XU Z W,HAO D J,HE L M,et al. An assessment system for evaluating the severity of thoracolumbar osteoporotic fracture and its clinical application;a retrospective study of 381 cases[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015, 139:70-75.

[12] 中国医师协会骨科学分会脊柱创伤专业委员会. 急性症状性骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体强化术临床指南[J]. 中华创伤杂志, 2019, 35(6):481-489.

SPINAL TRAUMA COMMITTEE OF ORTHOPEDICS BRANCH OF CHINESE MEDICAL DOCTOR ASSOCIATION. Clinical

guideline for vertebral augmentation for acute symptomatic thoracolumbar osteoporotic compression fractures[J]. Chin J Trauma, 2019, 35(6):481-489. Chinese.

[13] DOHM M,BLACK C M,DACRE A,et al. A randomized trial comparing balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures due to osteoporosis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35(12):2227-2236.

[14] 王和鸣. 中医骨伤科学[M]. 2 版. 北京:中国中医药出版社, 2007:5-6.

WANG H M. Traditional Chinese orthopedics and traumatology [M]. 2nd ed. Beijing:China Press of Traditional Chinese Medicine, 2007:5-6. Chinese.

[15] LIEBSCHNER M A,ROSENBERG W S,KEAVENY T M. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(14):1547-1554.

[16] ALHASHASH M,SHOUSA M,BARAKAT A,et al. Effects of polymethylmethacrylate cement viscosity and bone porosity on cement leakage and new vertebral fractures after percutaneous vertebroplasty:a prospective study[J]. Glob Spine J, 2019, 9:754-760.

[17] ZHANG T Y,ZHANG P X,XUE F,et al. Risk factors for cement leakage and nomogram for predicting the intradiscal cement leakage after the vertebra augmented surgery[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1):792.

[18] KIM J M,SHIN D A,BYUN D H,et al. Effect of bone cement volume and stiffness on occurrences of adjacent vertebral fractures after vertebroplasty[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2012, 52(5):435-440.

(收稿日期:2022-09-11 本文编辑:朱嘉)

青少年特发性脊柱侧弯胸腰椎生理曲度的影像学研究

张浩阳¹,陈妮桑¹,石国庆¹,叶鑫²,李帅林²,李晓明²,范炳华²,潘英森¹,应晓明²

(1. 浙江中医药大学第三临床医学院, 浙江 杭州 310053;2. 浙江中医药大学附属第三医院推拿科, 浙江 杭州 310004)

【摘要】 目的:探讨青少年特发性脊柱侧弯(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)胸腰椎生理曲度变化情况以及不同类型侧弯之间胸腰椎生理曲度的差异。**方法:**自 2017 年 1 月至 2021 年 12 月回顾性分析 305 例脊柱全长正侧位 X 线片的青少年患者,根据有无侧弯分为正常组和侧弯组。正常组 179 例,男 79 例,女 100 例;年龄 10~18(12.84±2.10)岁。侧弯组 126 例,男 33 例,女 93 例;年龄 10~18(13.92±2.20)岁。观察并比较两组 Risser 征、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)与腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL),并分析比较不同性别、不同程度侧弯与不同节段侧弯 TK 值与 LL 值。**结果:**侧弯组在女性比率($P=0.001$)、年龄($P<0.001$)方面均明显高于正常组;Risser 征方面,正常组低级别骨化程度比率明显高于侧弯组($P=0.038$)。侧弯组 TK 值明显小于正常组($P<0.001$),而两组 LL 值比较,差异无统计学意义($P=0.147$)。男性与女性之间比较,TK 值与 LL 值差异无统计学意义。轻度侧弯 TK 值明显大于中度侧弯($P<0.05$),但 LL 值

基金项目:2021 年浙江省中青年名中医项目(编号:sjqzn202106);范炳华国医名师传承工作室(编号:GZS2021009)

Fund program:Project of Famous Young and Middle-aged TCM Doctors in Zhejiang Province in 2021(No. sjqzn202106)

通讯作者:应晓明 E-mail:28588509@qq.com

Corresponding author:YING Xiao-ming E-mail:28588509@qq.com

比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。不同节段侧弯之间 TK 值与 LL 值比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。结论:胸椎与腰椎生理曲度均与性别无关;AIS 患者胸椎生理曲度变小,但是腰椎生理曲度基本不变。轻度 AIS 患者的胸椎生理曲度大于中度 AIS 患者,但是腰椎生理曲度在轻中度患者之间几乎无差异,且与正常青少年相似。AIS 患者胸腰椎生理曲度变化可能与脊柱前柱相对生长过快有关,其具体机制有待进一步研究。

【关键词】 青少年特发性脊柱侧弯; 胸椎后凸角; 腰椎前凸角; 生理曲度
中图分类号:R682.3

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.20220493 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Imaging study on thoracic and lumbar physiological curvature in adolescent idiopathic scoliosis

ZHANG Hao-yang¹, CHEN Ni-sang¹, SHI Guo-qing¹, YE Xin², LI Shuai-lin², LI Xiao-ming², FAN Bing-hua², PAN Ying-sen¹, YING Xiao-ming² (1. The Third Clinical Medical College of Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou 310004, Zhejiang, China; 2. Department of Massage, the Third Affiliated Hospital of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310004, Zhejiang, China)

ABSTRACT Objective To observe the alteration of thoracic and lumbar physiological curvature in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) and the difference of physiological curvature between different types of scoliosis. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 305 adolescent patients taken full spine X-ray in our hospital from January 2017 to December 2021. The patients were divided into normal group and scoliosis group. The normal group was composed of 179 patients, 79 males and 100 females, aged 10 to 18 years old with an average of (12.84±2.10) years old, with Cobb angle less than 10 degrees. The scoliosis group was composed of 126 patients, 33 males and 93 females, aged 10 to 18 years old with an average of (13.92±2.20) years old. The gender, age, Risser sign, thoracic kyphosis (TK) and lumbar lordosis (LL) in 2 groups were compared, and the TK and LL were also compared between different genders, different degrees of scoliosis and different segments of scoliosis. **Results** The female ratio ($P=0.001$) and age ($P<0.001$) in scoliosis group were higher than them in normal group; the ratio of low-grade ossification was higher in normal group than in scoliosis group ($P=0.038$). TK was significantly smaller in scoliosis group than in normal group ($P<0.001$), but there was no significant difference in LL between the 2 groups ($P=0.147$). There were no significant difference in TK and LL between male and female. The TK was significantly bigger in mild AIS patients than in moderate AIS patients ($P<0.05$), but there was no significant difference in LL between mild and moderate patients ($P>0.05$). The TK and LL in different segments scoliosis were not found significant difference. **Conclusion** The physiological curvature of thoracic and lumbar spine is independent of gender. The thoracic physiological curvature becomes smaller in AIS patients, but lumbar curvature remains unchanged. The thoracic physiological curvature in mild AIS patients is greater than that in moderate AIS patients, but the lumbar curvature is almost unchanged between mild and moderate scoliosis and is similar with that in normal adolescent. The alteration of thoracic and lumbar physiological curvature in AIS patients may be related to relative anterior spinal overgrowth, and the specific detailed mechanism needs to be further studied.

KEYWORDS Adolescent idiopathic scoliosis; Thoracic kyphosis; Lumbar lordosis; Physiological curvature

特发性脊柱侧弯(idiopathic scoliosis, IS)指一类找不到明确病因的脊柱侧弯, 约占所有脊柱侧弯的 85%以上, 且好发于 2%~3%的青少年人群^[1-2]。尽管目前青少年特发性脊柱侧弯(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)的病因尚不明确, 但是脊柱侧弯做为“一种脊柱和躯干的三维旋转畸形的状态”^[3], 其中矢状面脊柱生理曲度在脊柱功能以及脊柱侧弯发生中的作用得到了越来越多的重视^[4-6]。到目前为止, 一些脊柱矢状面影像学参数, 例如胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)和腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)都已经被很好地定义与应用^[7-9]。研究已经证实 AIS 侧弯弧线的形成与胸椎后凸变小存在明显相关性^[10]。尽管脊柱侧弯患者在脊柱矢状面最常见的变化是胸椎曲度变浅^[11], 但也有研究^[12]显示 AIS 患者 TK 值大于无侧弯者。甚至一些研究人员发现脊柱侧弯人群与无侧弯人群之间的胸椎后凸程度并没有明

显差异, 基于脊柱的 3D 重建研究分析的报道显示脊柱侧弯患者 TK 值并不都是变小^[13]。本研究回顾性分析 2017 年 1 月至 2021 年 12 月行脊柱全长正侧位 X 线片检查的青少年患者的临床资料, 对比分析侧弯患者与无侧弯患者胸腰椎生理曲度情况, 并对不同性别、不同程度侧弯与不同节段侧弯生理曲度的改变进行分析比较, 以明确胸腰椎矢状面曲度变化情况, 报道如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)符合《国际脊柱侧弯矫形与康复治疗学会(SOSORT)2016 年生长期特发性脊柱侧弯矫形与康复指南》^[1]的诊断标准。(2)年龄 10~18 岁。(3)摄脊柱全长正侧位 X 线片。排除标准:(1)先天性或任何其它明确病因引起的脊柱继发性侧弯。(2)既往有脊柱手术史。(3)脊柱肿瘤、结核病等病史。

1.2 侧弯分型

1.2.1 侧弯位置分型 根据主弯位置进行分型:胸椎侧弯,顶椎位于 T_{1,2} 椎间盘与 T_{11,12} 椎间盘之间;胸腰椎侧弯,顶椎位于 T₁₂ 与 L₁ 之间;腰椎侧弯,顶椎位于 L_{1,2} 椎间盘以下。

1.2.2 侧弯程度分型 轻度侧弯:10°≤Cobb 角<25°;中度侧弯:25°≤Cobb 角<45°;重度侧弯:45°≤Cobb 角。

1.3 一般资料

行脊柱全长正侧位 X 线检查的青少年 305 例。分为正常组与侧弯组。正常组 179 例为无侧弯者(Cobb 角<10°);其中男 79 例,女 100 例;年龄最 10~18(12.84±2.10)岁。侧弯组 126 例,男 33 例,女 93 例;年龄 10~18(13.92±2.20)岁。两组性别、年龄与 Risser 征比较,差异有统计学意义(P<0.05)。性别上,侧弯组女性高于正常组女性,侧弯组年龄高于正常组(P<0.05);正常组低级别骨化程度比率高于侧弯组(P<0.05)。见表 1。

1.4 观察项目与方法

所有纳入对象均摄站立位脊柱全长正侧位 X 线片,所有数据运用 Surgimap 软件测量。正位:嘱患儿自然状态站立于脊柱全长摄影专用平台上,背部紧邻摄影支架,双手自然下垂手心向前,听鼻线(外耳孔与同侧鼻翼下缘间的连线)与水平面平行。侧位:患儿右侧站立位,身体右肩部及臀部靠近摄影架,两手臂抱头,身体正中矢状面与摄影支架平行,下颌支与地面平行,两肘关节在不影响体位的情况下尽量靠近,避免双上肢和胸椎的重叠。正位 X 线片上测量得到脊柱侧弯 Cobb 角,Cobb 角≥10°为脊柱侧弯;同时根据髂嵴骨骺出现情况得到 Risser 征分级^[14]。Risser 征分级是在骨盆正位 X 线片上,将髂前上棘到髂后上棘的距离均分为 4 段。(1)0 级,整个髂嵴上没有骨骺出现。(2)Ⅰ级,前 1/4 有骨骺出现。(3)Ⅱ级,前 1/2 有骨骺出现。(4)Ⅲ级,前 3/4 有骨骺出现。(5)Ⅳ级,前 4/4 有骨骺出现,但未与髂骨融合。(6)Ⅴ级,骨骺完全与髂骨融合。在侧位 X 线片上分别通过测量得到胸椎生理曲度与腰椎生理曲

度,测量方法如下:(1)胸椎生理曲度,测量 TK,即 T⁵ 椎体上缘平行线与 T₁₂ 椎体下缘平行线之间的夹角;<20°为变小,20°~40°为正常,>40°为变大。(2)腰椎生理曲度,测量 LL,即 L₁ 椎体上缘平行线与 L₅ 椎体下缘平行线之间夹角。<30°为变小,30°~50°为正常,>50°为变大。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 18.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的定量资料(年龄、TK 值与 LL 值)以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验,组内比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD 检验;定性资料(性别与 Risser 征)采用 χ^2 检验。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 侧弯特征

侧弯组主弯侧弯位置:胸段侧弯 57 例,胸腰段侧弯 36 例,腰段侧弯 33 例。主弯方向:向右侧弯 57 例,向左侧弯 69 例。侧弯弧数:单弧侧弯 103 例,双弧或多弧 23 例。侧弯程度:轻度 101 例,中度 23 例,重度 2 例。

2.2 两组胸腰椎生理曲度比较

正常组 TK 大于侧弯组(P<0.05);两组 LL 比较,差异无统计学意义(P>0.05)。见表 2。正常组内,男性与女性 TK 值、LL 值比较,差异无统计学意义(P>0.05)。见表 3。侧弯组与正常组一样,男性与女性之间的 TK 值与 LL 值差异均无统计学意义。

2.3 不同程度侧弯胸腰椎生理曲度比较

轻度侧弯患者 101 例 TK 值(20.32±9.57)°,与 23 例中度侧弯患者 TK 值(13.72±11.13)°比较,差异有统计学意义(P<0.05)。轻度侧弯患者 LL 值(41.46±11.29)°,与中度侧弯患者 LL 值(36.57±11.65)°比较,差异无统计学意义(P>0.05)。重度侧弯患者只有 2 例,未进行统计分析。

2.4 不同节段侧弯胸腰椎生理曲度比较

胸段侧弯 57 例、胸腰段侧弯 36 例与腰段侧弯 33 例患者,其 TK 值分别为(18.21±10.57)°、(18.46±10.05)°与 (21.17±9.48)°,差异无统计学意义(P>

表 1 正常组与特发性脊柱侧弯组性别、年龄、Risser 征比较
Tab.1 Comparison of gender, age and Risser sign between normal group and idiopathic scoliosis gruop

组别	例数	性别/例		年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	Risser 征/例					
		男	女		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
正常组	179	79	100	12.84±2.10	22	7	32	35	48	35
侧弯组	126	33	93	13.92±2.20	8	1	21	25	40	31
检验值		$\chi^2=-3.196$		$t=4.326$	$\chi^2=-2.075$					
P 值		0.001		<0.001	0.038					

表 2 正常组与特发性脊柱侧弯组 TK 值与 LL 值比较
($\bar{x}\pm s$)
Tab.2 Comparison of TK and LL between normal group
and idiopathic scoliosis gruop($\bar{x}\pm s$)
单位:°

组别	例数	TK	LL
正常组	179	23.14±9.66	39.01±9.79
侧弯组	126	19.06±10.15	40.79±11.55
t 值		-3.561	1.453
P 值		<0.001	0.147

注:TK 为胸椎后凸角;LL 为腰椎前凸角。下同

0.05); 其 LL 值分别为 (41.28±12.53)°、(39.21±10.89)°与 (41.65±10.59)°, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 AIS 与性别、年龄及 Risser 征的关系

AIS 是影响青少年健康的常见疾病之一, 其发病率的报道不尽相同, 在青少年中的患病率从 0.35%~5.20%, 较多报道认为其发生率约为 2%~3%^[14-16]。AIS 发病率除了与种族、地域有关外, 以往研究也显示在不同年龄其发病率也存在差异, 黄振华等^[17]发现 AIS 在小学 1~3 年级检出率为 0.17%, 小学 4~6 年级检出率为 0.82%, 初中生检出率为 2.64%, 高中生检出率为 4.00%。国内另外一个关于年龄与 AIS 发生率的研究也显示 15~16 岁年龄段阳性率最高^[18]。一项德国的研究则发现 11~13 岁青少年侧弯发生率为 6.5%, 而 14~17 岁期间发病率达到 11.1%^[19]。这些研究均表明对于 AIS 来说, 年龄较高者有较高的侧弯发病率, 从本研究结果中也可以发现侧弯组患者年龄明显高于正常组但有可能由于样本量不足, 进而对试验组结果产生影响。在侧弯组中, 14 岁发生率中最高, 占 18.3%, 其次为 13 岁与 15 岁, 各占 15.9%, 占 10% 以上还有 12 岁与 11 岁, 分别占 11.9% 与 11.1%; 从中可见 13~15 岁儿童侧弯发生率最高。

在 AIS 性别研究中^[20-21], 大多数报道均表明女性发病率高于男性, 且发病率性别差异与侧弯程度

相关。当 Cobb 角位于 10°~20°, 女性与男性发病率相似, 约为 1.3:1; 当 Cobb 角发展至 20°~30° 时, 两者比例增加到 5.4:1; 而当 Cobb 角为 >30° 的时候, 则两者比例高达 7:1。本研究结果发现侧弯组女性比率 (73.8%) 明显高于正常组 (55.9%), 侧弯组男女比例约为 1:3, 女性发病率高于男性, 这和上述的研究结论是一致的, 但本研究样本量偏少, 可能对最终结果产生影响。在 AIS 的研究中, Risser 征经常用于评价儿童骨骺的发育情况, 并且 Risser 征与侧弯加重风险直接相关^[22]。侧弯进展主要发生于青少年骨骼快速生长期, 在女性一般是 11~13 岁, 而在男性一般是 13~15 岁; 以往研究显示, 在此期间 Risser 征经常还是 0 级, 因为女性约 13.5 岁, 男性约 15.5 岁的时候 Risser 征才出现 1 级^[23]。但是本研究中正常组低级别骨化程度明显高于侧弯组, 与之前报道 Risser 征 0 级的时候容易出现侧弯不一致, 可能是由于中国人与西方骨骺发育时间上存在差异有关, 具体有待于以后进一步研究。

3.2 AIS 胸腰椎生理曲度的变化

脊柱侧弯是指脊柱的 1 个或数个节段在冠状面上偏离身体中线向侧方弯曲, 形成一个带有弧度的脊柱畸形, 通常还伴有脊柱的旋转和矢状面上脊柱生理曲度的增加或减少, 同时还有肋骨左右高低不等平、骨盆的旋转倾斜畸形和椎旁的韧带和肌肉的异常。近几年来 AIS 脊柱矢状面研究较多, 其中 TK 与 LL 被广泛应用于胸椎生理曲度与腰椎生理曲度的测量。关于 TK 正常值的研究, 有报道显示正常儿童的胸椎后凸会在青春期早期显著减少, 并在 12 岁时达到最低水平^[24]。之后随着脊柱生长发育, 胸椎后凸会有所增加。与生长高峰期之后比较, 青少年在生长高峰期以及高峰期之前, 健康儿童的胸椎后凸较小同时伴单个椎体有更大的后倾角^[25]。多数研究报道均认为在青少年期间正常胸椎后凸为 20°~40°^[26-27]。本研究结果显示无侧弯青少年其 TK 值为 (23.14±9.66)°, 与之前多数报道基本一致。而侧弯患者其 TK 值为, 明显小于无侧弯患者; 这也与之前多数研究的结果相一致, 即 AIS 侧弯者 TK 值小于正

表 3 正常组与特发性脊柱侧弯组不同性别 TK 与 LL 比较($\bar{x}\pm s$)
Tab.3 Comparison of TK and LL between male and female in normal group and idiopathic scoliosis gruop($\bar{x}\pm s$)
单位:°

性别	正常组 (例数=179)			侧弯组 (例数=129)		
	例数	TK	LL	例数	TK	LL
男性	79	24.19±9.32	38.16±10.14	33	18.90±9.79	39.00±9.78
女性	100	22.31±9.89	39.68±9.49	93	19.11±10.32	41.43± 12.09
t 值		1.294	-1.033		-0.102	-1.036
P 值		0.198	0.303		0.919	0.302

常青少年^[11,28]。

本研究通过分析不同节段侧弯 TK 值的变化,发现胸段侧弯者 TK 值最小,但是与胸腰段侧弯和腰段侧弯相比,其 TK 值并未见差异。既往研究认为与无侧弯组或腰椎段侧弯组相比,胸椎段 AIS 患者的胸后凸较小^[29-30]。在 AIS 影像学观察中,发现如果考虑胸椎整体后凸情况,大概有一半主弯位于胸椎段 AIS 患者会有正常 TK 值;通过进一步研究发现,侧弯顶椎局部后凸减小与侧弯进展具有更强的相关性^[31]。有研究对比了 160 例冠状面不同侧弯形态的 AIS 患者脊柱与骨盆矢状位影像,结果发现与腰椎侧弯相比,胸椎侧弯患者 TK 值更小;与此相反,LL 值则是腰椎侧弯患者更大^[32]。从本研究不同侧弯程度 TK 值的变化中,笔者发现轻度侧弯患者 TK 值明显大于中度侧弯患者,而由于本研究重度侧弯患者只有 2 例,故不具有可比性。也就是说对于轻中度 AIS 患者,Cobb 角度数越大其 TK 值越小,反之则越大。有文献^[33]报道 253 例 AIS 患者脊柱冠状面 Cobb 角与矢状面 TK 呈显著正相关;其中 96 例重度 AIS 患者 Cobb 角($\geq 40^\circ$)与 TK 呈显著正相关,即 Cobb 角越大,TK 越大;但是对于 157 例轻度 AIS 患者 Cobb 角($< 40^\circ$)与 TK 却无显著相关性。而本研究结果与此相反,发现 Cobb 角与 TK 呈显著负相关,即 Cobb 角越大,TK 越小。这可能与研究对象绝大部分为轻中度 AIS 患者有关。不管从本研究还是从其他研究均表明 AIS 患病率女性明显高于男性,但是对比男性与女性之间 TK 值的情况,结果发现无论是无侧弯青少年还是 AIS 患者,两性之间 TK 值均没有明显差异,表明性别与胸椎生理曲度相关性不大,青少年男性与女性之间胸椎后凸情况基本一致。

腰椎生理曲度主要以腰椎前凸角表示,合适的 LL 不仅可缓冲腰椎震荡,提高腰椎弹性,分散重力和剧烈活动时对身体的冲击,而且对于人体运动和保持脊柱稳定性具有重要作用,也是腰椎稳定系统自身良好代偿能力的表现^[34]。与 TK 相比,LL 受脊柱形态影响并不大。根据不同的研究结果显示,与其他位置侧弯相比,胸椎侧弯患者其 LL 值或者偏小或者相似^[35];对于腰椎侧弯患者来说,其 LL 值被发现与正常人群相似,在一些研究中均已经表明各种类型侧弯的 LL 值均相似,且位于其正常范围^[32,36]。本研究也显示正常组 LL 与侧弯组 LL 比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。但 ZHANG 等^[12]研究结果显示 AIS 侧弯患者 LL 值明显高于正常无侧弯者,这可能 AIS 的侧弯类型有关。有文献^[32]关于不同类型侧弯患者 LL 值变化的研究中表明,腰椎段侧弯患者其 LL 值普遍高于胸椎段侧弯者,尽管统计学分析不一定有

明显差异性。本研究中尽管胸段侧弯、胸腰段侧弯与腰段侧弯之间 LL 值并没有明显差异,但是三者之间,腰段侧弯者其 LL 值还是最大。

3.3 AIS 胸腰椎生理曲度变化的发生机制及临床意义

关于 AIS 胸腰椎生理变化发生机制的研究较少。本研究结果与之前大部分研究均显示 AIS 患者 TK 普遍变小,并且胸段侧弯者胸椎生理曲度小于腰椎或胸腰椎侧弯者,笔者认为这可能是与脊柱前柱、后柱生长速度不匹配有关。目前 AIS 确切病因还不明确,普遍认为是多方面因素导致侧弯的发生,主要包括遗传因素、内分泌因素、神经骨骼生长不协调、脊柱生物力学异常等。而在这些病因导致侧弯发生的病理机制中,脊柱前柱生长相对过快被认为是其主要的病理因素之一。既往关于 AIS 解剖学研究及 MRI 影像学研究表明对于像 AIS 这种结构性脊柱侧弯来说,脊柱前柱经常长于其后柱^[37-38]。这种脊柱前柱相对过度生长普遍认为是由于在骨骼生长发育期间,脊柱前后软骨内成骨形成不匹配及脊柱后柱剪切力所引起^[39-40]。这种生长速度不匹配会导致脊柱矢状面生理曲度发生改变,尤其是胸椎后凸的减小。有研究^[40]已经证实 AIS 侧弯弧线的形成与胸椎生理曲度变小存在明显相关性。而这可能正是因为脊柱前柱生长快于后柱,从而导致了正常胸椎后凸生理曲度变小甚至消失。另一方面 MAC-THIONG 等^[41]认为 TK 的变化主要与胸椎椎体和椎间盘的形状及定向有关,由于 AIS 患者的这些参数均已经发生变异,结果就导致 TK 值与正常人群不一致,此差异在胸弯患者中表现得更加明显。

与变小的 TK 值不一样,本研究结果所示 AIS 患者 LL 值与正常儿童相近,其原因可能是因为 LL 与骨盆矢状位形态密切相关所致。骨盆参数作为反映骨盆形态及位置的指标,在脊柱-骨盆系统中显得十分重要^[42]。DUVAL-BEAUPÈRE 等^[43]将骨盆入射角 (pelvis inclination, PI) 描述为骨盆的基本参数,该参数对于每个人都是特定且恒定的,并确定了骨盆的方向和 LL。LEGAYE 等^[44]认为由于 PI 为解剖学参数,PI 被视为能真实反映骨盆解剖形态的参数,不受主观症状及体位变化的影响,因此可通过术前骨盆矢状面解剖形态预测矫形术中需达到的理想 LL 值。在正常青少年中,骨盆解剖形态控制着骶骨-骨盆的方位,继而决定了 LL^[41]。从以上研究可见 LL 受侧弯影响较小,而受骨盆形态影响较大,这可能是 AIS 患者 LL 值变化不大的主要原因。另一方面,腰段侧弯患者其 LL 值较大可能与胸段侧弯患者 TK 较大一样,均与脊柱前柱生长速度快于后柱有关,具

体机制有待于进一步研究。

胸腰椎的生理曲度在 AIS 的诊断与治疗中扮演着重要的角色。有研究^[45]指出,在进化过程中,骨盆和脊柱的矢状位变化导致了脊柱和骨盆形成了紧密的功能单元,因此脊柱矢状面平衡对于人体直立行走、各项运动都十分重要。伴随脊柱侧弯的矢状面失衡是引起患者脊柱功能障碍的主要原因,同时也直接影响侧弯治疗效果;因此纠正矢状面失衡是侧弯治疗中必不可少的。在 AIS 特定运动疗法治疗中,脊柱矢状面与冠状面、水平面一样,同为侧弯矫正的重点^[46]。支具治疗同样注重脊柱矢状面胸腰椎生理曲度变化情况,用以避免平背的加重。在脊柱侧弯手术治疗方面,术前矢状面形态分析与术后矢状面平衡重建都是目前手术治疗关注的重点。有学者^[47]认为在过去的 10 年中,脊柱畸形诊治受到所谓的“矢状面分析革命”的影响,进而促进了复杂截骨术的发展。由此可见,无论是保守治疗还是手术治疗,脊柱矢状面曲度在侧弯诊断与治疗上都具有重要的意义,是临床诊治中必不可少的。

3.4 本研究的局限性

本研究为回顾性研究,对于不同类型 AIS 患者纳入样本量不一致,导致部分类型侧弯不具有可比性;另一方面,由于性别、年龄、Risser 征均为青少年特发性脊柱侧弯的危险因素,所以导致正常组与侧弯组之间基线资料差异较大。后续研究将进一步开展基于不同年龄、不同 Risser 征等级的对照试验,以获得更高等级的循证医学证据。

综上所述,胸椎与腰椎生理曲度均与性别无关;AIS 患者胸椎生理曲度变小,但是腰椎生理曲度基本不变。轻度侧弯患者胸椎生理曲度高于中度侧弯,但是腰椎生理曲度在轻中度侧弯患者之间几乎无差异,且与正常人相似。胸段侧弯患者胸椎生理曲度较小,腰段侧弯腰椎生理曲度较大,两者可能均与脊柱前柱相对生长过快有关,值得以后进一步研究。

参考文献

- [1] NEGRINI S, DONZELLI S, AULISA A G, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth[J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13: 3.
- [2] ILLÉS T S, LAVASTE F, DUBOUSSET J F. The third dimension of scoliosis: the forgotten axial plane[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2019, 105(2): 351–359.
- [3] GRIVAS T B, BURWELL G R, VASILADIS E S, et al. A segmental radiological study of the spine and rib: cage in children with progressive infantile idiopathic scoliosis[J]. *Scoliosis*, 2006, 1: 17.
- [4] 张天一, 路博, 李立新, 等. 中国部分地区汉族儿童和青少年脊柱矢状位参数变化[J]. *脊柱外科杂志*, 2021, 19(5): 332–336.
- ZHANG T Y, LU B, LI L X, et al. Development trends of spinal sagittal parameters in children and adolescents of Han nationality in partial Chinese regions[J]. *J Spinal Surg*, 2021, 19(5): 332–336.

- Chinese.
- [5] JIANG H, LIAO T T, TAN Y X, et al. Large lumbar lordosis and coronal deformity angular ratio are risk factors for adolescent idiopathic scoliosis in patients with lumbar spondylolysis[J]. *World Neurosurg*, 2022, 164: e150–e156.
- [6] VAZ G, ROUSSOULY P, BERTHONNAUD E, et al. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine[J]. *Eur Spine J*, 2002, 11(1): 80–87.
- [7] MACHIDA M, ROCOS B, ZABJEK K, et al. A comparison of the reliability and vulnerability of 3D sterEOS and 2D EOS when measuring the sagittal spinal alignment of patients with adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine Deform*, 2022, 10(5): 1029–1034.
- [8] 胡绍勇, 崔运能, 赵银霞, 等. DR 与 MR 全脊柱成像技术在退行性脊柱病诊断中的效果对比[J]. *南方医科大学学报*, 2017, 37(9): 1252–1255.
- HU S Y, CUI Y N, ZHAO Y X, et al. Magnetic resonance imaging versus DR for whole spine imaging in patients with degenerative spinal disease[J]. *J South Med Univ*, 2017, 37(9): 1252–1255. Chinese.
- [9] VIALLE R, LEVASSOR N, RILLARDON L, et al. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87(2): 260–267.
- [10] KURZEJA P, OGRODZKA-CIECHANOWICZ K, PRUSAK J, et al. Assessment of changes in the sagittal plane of the spine in girls with adolescent idiopathic scoliosis using the moire method[J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2022, 35(3): 667–676.
- [11] ABELIN-GENEVOIS K, SASSI D, VERDUN S, et al. Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications[J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(9): 2192–2202.
- [12] ZHANG C, WANG Y D, YU J H, et al. Analysis of sagittal curvature and its influencing factors in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Medicine*, 2021, 100(23): e26274.
- [13] STOKES I A, SANGOLE A P, AUBIN C E. Classification of scoliosis deformity three-dimensional spinal shape by cluster analysis[J]. *Spine*, 2009, 34(6): 584–590.
- [14] KONIECZNY M R, SENYURT H, KRAUSPE R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis[J]. *J Child Orthop*, 2013, 7(1): 3–9.
- [15] HRESKO M T, TALWALKAR V, SCHWEND R, et al. Early detection of idiopathic scoliosis in adolescents[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2016, 98(16): e67.
- [16] YILMAZ H, ZATERI C, KUSVURAN OZKAN A, et al. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in Turkey: an epidemiological study[J]. *Spine J*, 2020, 20(6): 947–955.
- [17] 黄振华, 陈丽蓉, 张莹, 等. 昆明市中小学校学生脊柱侧凸检出结果分析[J]. *海南医学*, 2016, 27(14): 2390–2391.
- HUANG Z H, CHEN L R, ZHANG Y, et al. Analysis on the detection results of scoliosis among primary and secondary school students in Kunming[J]. *Hainan Med J*, 2016, 27(14): 2390–2391. Chinese.
- [18] 王航平, 孙振武, 王廷华, 等. 昆明市青少年特发性脊柱侧凸患病率及相关因素分析[J]. *中国学校卫生*, 2018, 39(12): 1851–1854.
- WANG H P, SUN Z W, WANG T H, et al. Prevalence and risk factors of adolescent idiopathic scoliosis in Kunming[J]. *Chin J Sch*

- Heath, 2018, 39(12): 1851–1854. Chinese.
- [19] KAMTSIURIS P, ATZPODIEN K, ELLERT U, et al. Prevalence of somatic diseases in German children and adolescents. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS) [J]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 2007, 50(5/6): 686–700.
- [20] PARENT S, NEWTON P O, WENGER D R. Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history, and bracing [J]. Instr Course Lect, 2005, 54: 529–536.
- [21] LONSTEIN J E. Scoliosis: surgical versus nonsurgical treatment [J]. Clin Orthop Relat Res, 2006, 443: 248–259.
- [22] LONSTEIN J E, CARLSON J M. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth [J]. J Bone Joint Surg Am, 1984, 66(7): 1061–1071.
- [23] DIMEGLIO A. Growth in pediatric orthopaedics [J]. J Pediatr Orthop, 2001, 21(4): 549–555.
- [24] SCHLÖSSER T P, VINCKEN K L, ROGERS K, et al. Natural sagittal spino-pelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt [J]. Eur Spine J, 2015, 24(6): 1158–1167.
- [25] JANSSEN M M, DREVELLE X, HUMBERT L, et al. Differences in male and female spino-pelvic alignment in asymptomatic young adults: a three-dimensional analysis using upright low-dose digital biplanar X-rays [J]. Spine, 2009, 34(23): E826–E832.
- [26] DE JONGE T, DUBOUSSET J F, ILLÉS T. Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2002, 27(7): 754–760.
- [27] BRIDWELL K H, BETZ R, CAPELLI A M, et al. Sagittal plane analysis in idiopathic scoliosis patients treated with Cotrel – Dubousset instrumentation [J]. Spine, 1990, 15(9): 921–926.
- [28] NEWTON P O, OSBORN E J, BASTROM T P, et al. The 3D sagittal profile of thoracic versus lumbar major curves in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine Deform, 2019, 7(1): 60–65.
- [29] LONNER B S, LAZAR-ANTMAN M A, SPONSELLER P D, et al. Multivariate analysis of factors associated with kyphosis maintenance in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2012, 37(15): 1297–1302.
- [30] ROUSSOULY P, LABELLE H, ROUSSI J, et al. Pre-and post-operative sagittal balance in idiopathic scoliosis: a comparison over the ages of two cohorts of 132 adolescents and 52 adults [J]. Eur Spine J, 2013, 22(Suppl 2): S203–S215.
- [31] UPASANI V V, TIS J, BASTROM T, et al. Analysis of sagittal alignment in thoracic and thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis: how do these two curve types differ [J]. Spine, 2007, 32(12): 1355–1359.
- [32] MAC –THIONG J M, LABELLE H, CHARLEBOIS M, et al. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent idiopathic scoliosis according to the coronal curve type [J]. Spine, 2003, 28(13): 1404–1409.
- [33] 张伟, 何希, 王季, 等. 青少年特发性脊柱侧凸患者冠状面 Cobb 角与矢状面参数的相关性分析 [J]. 临床骨科杂志, 2021, 24(6): 782–786.
- ZHANG W, HE X, WANG J, et al. Correlation analysis of Cobb angle and sagittal parameters in adolescent idiopathic scoliosis patients [J]. J Clin Orthop, 2021, 24(6): 782–786. Chinese.
- [34] 陈啓鸣, 王力航, 陆廷盛, 等. 青少年腰椎间盘突出症病患的腰骶部形态学研究 [J]. 贵州医药, 2020, 44(2): 188–190.
- CHEN Q L, WANG L H, LU T S, et al. Research of lumbosacral morphological parameters in adolescents with lumbar disc herniation [J]. Guizhou Med J, 2020, 44(2): 188–190. Chinese.
- [35] WRIGHT J C, BELL D. Lumbosacral joint angles in children [J]. J Pediatr Orthop, 1991, 11(6): 748–751.
- [36] MAK T, CHEUNG P W H, ZHANG T, et al. Patterns of coronal and sagittal deformities in adolescent idiopathic scoliosis [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 44.
- [37] GUO X, CHAU W W, CHAN Y L, et al. Relative anterior spinal overgrowth in adolescent idiopathic scoliosis. Results of disproportionate endochondral-membranous bone growth [J]. J Bone Joint Surg Br, 2003, 85(7): 1026–1031.
- [38] GUO X, CHAU W W, CHAN Y L, et al. Relative anterior spinal overgrowth in adolescent idiopathic scoliosis: result of disproportionate endochondral-membranous bone growth? Summary of an electronic focus group debate of the IBSE [J]. Eur Spine J, 2005, 14(9): 862–873.
- [39] CASTELEIN R M, VAN DIE? N J H, SMIT T H. The role of dorsal shear forces in the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: a hypothesis [J]. Med Hypotheses, 2005, 65(3): 501–508.
- [40] KOUWENHOVEN J W, SMIT T H, VAN DER VEEN A J, et al. Effects of dorsal versus ventral shear loads on the rotational stability of the thoracic spine: a biomechanical porcine and human cadaveric study [J]. Spine, 2007, 32(23): 2545–2550.
- [41] MAC –THIONG J M, LABELLE H, BERTHONNAUD E, et al. Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents [J]. Eur Spine J, 2007, 16(2): 227–234.
- [42] 王智伟, 刘臻, 王渭君, 等. 正常汉族青少年骨盆矢状面形态的影像学研究 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22(10): 919–924.
- WANG Z W, LIU Z, WANG W J, et al. Sagittal pelvic morphology and balance in asymptomatic adolescents of Chinese Han nationality, a radiological study [J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2012, 22(10): 919–924. Chinese.
- [43] DUVAL-BEAUPÈRE G, SCHMIDT C, COSSON P. A Barycentre-metric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position [J]. Ann Biomed Eng, 1992, 20(4): 451–462.
- [44] LEGAYE J, DUVAL-BEAUPÈRE G, HECQUET J, et al. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves [J]. Eur Spine J, 1998, 7(2): 99–103.
- [45] TARDIEU C, HASEGAWA K, HAEUSLER M. How did the pelvis and vertebral column become a functional unit during the transition from occasional to permanent bipedalism [J]. Anat Rec, 2017, 300(5): 912–931.
- [46] RIGO M D, GRIVAS T B. "Rehabilitation schools for scoliosis" thematic series: describing the methods and results [J]. Scoliosis, 2010, 5: 27.
- [47] LAMARTINA C, BERJANO P. Osteotomies of the spine: "technique of the decade" [J]. Eur Spine J, 2015, 24(Suppl 1): S1–S2.

(收稿日期: 2022–12–26 本文编辑: 朱嘉)