

· 临床研究 ·

## 核心肌群训练纠正轻度青少年特发性脊柱侧弯<sup>△</sup>

王开乐, 周佳华, 李佳佳, 周纪平, 孙秀琛, 刘永强, 张洪翠\*

(山东省文登整骨医院, 山东威海 264400)

**摘要:** [目的] 探讨核心肌群训练对轻度青少年特发性脊柱侧弯患者平衡的短期疗效。[方法] 收集并分析 2021 年 12 月—2023 年 6 月在本院住院治疗的 33 例符合青少年特发性脊柱侧弯患者的临床资料, 依据医患沟通结果, 18 例采用系统核心肌群训练 (核心肌组), 15 例采用脊柱侧弯传统训练 (传统组), 比较两组临床及影像资料。[结果] 两组所有患者均顺利完成训练, 无严重不良反应。两组治疗顺应性 VAS 评分的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。与治疗前相比, 治疗 10 周后, 两组患者坐高和身高均增加 ( $P<0.05$ ), 侧弯 Cobb 角度、C<sub>7</sub>-CSVL 和 SVA、红外热成像椎旁肌、腹直肌区域两侧温差, 第 2~5 跖骨及足跟内侧区域足底压力受力转移均显著改善 ( $P<0.05$ )。治疗 10 周后, 核心肌组的身高 [(156.5±4.6) cm vs (155.8±4.3) cm,  $P<0.001$ ], 坐高 [(84.4±4.6) cm vs (82.6±4.4) cm,  $P<0.001$ ], 主弯 Cobb 角 [(15.3±3.1)° vs (17.1±3.9)°,  $P<0.001$ ], C<sub>7</sub>PL-CSVL [(23.3±3.1) mm vs (25.3±3.2) mm,  $P<0.001$ ] 和 SVA [(31.5±3.9) mm vs (33.8±3.9) mm,  $P<0.001$ ] 优于传统组。[结论] 核心肌群训练可加强脊柱两侧核心力量, 改善脊柱空间平衡, 对预防脊柱畸形意义重大。

**关键词:** 青少年特发性脊柱侧弯, 核心肌群训练, 红外热成像, 足底压力

**中图分类号:** R682.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 17-1613-05

**Core muscle training to correct mild adolescent idiopathic scoliosis // WANG Kai-le, ZHOU Jia-hua, LI Jia-jia, ZHOU Ji-ping, SUN Xiu-chen, LIU Yong-qiang, ZHANG Hong-cui. Shandong Wendeng Orthopaedic Hospital, Weihai, Shandong 264400, China**

**Abstract:** [Objective] To investigate the short-term outcomes of core muscle training for mild adolescent idiopathic scoliosis. [Methods] A retrospective study was conducted on 33 patients who were hospitalized for adolescent idiopathic scoliosis in our hospital from December 2021 to June 2023. According to the results of doctor-patient communication, 18 patients received systematic core muscle training (CM group), while other 15 patients received traditional physical training (TP group). The clinical and imaging data of the two groups were compared. [Results] All patients in both groups successfully completed the training without serious adverse reactions. There was no significant difference in treatment compliance VAS scores between the two groups ( $P>0.05$ ). After 10 weeks of treatment, the standing height and sitting height were increased ( $P<0.05$ ), the main curve Cobb angle, C<sub>7</sub>-CSVL and SVA, the temperature difference between the paravertebral muscle and rectus abdominis in infrared thermal imaging, and the plantar pressure transfer in the 2~5 metatarsal bone and the medial heel region were significantly improved in both groups ( $P<0.05$ ). At 10 weeks after of treatment, CM group proved significantly superior to the TP group in terms of standing height [(156.5±4.6) cm vs (155.8±4.3) cm,  $P<0.001$ ], sitting height [(84.4±4.6) cm vs (82.6±4.4) cm,  $P<0.001$ ], Main curve Cobb angle [(15.3±3.1)° vs (17.1±3.9)°,  $P<0.001$ ], C<sub>7</sub>PL-CSVL [(23.3±3.1) mm vs (25.3±3.2) mm,  $P<0.001$ ], and SVA [(31.5±3.9) mm vs (33.8±3.9) mm,  $P<0.001$ ]. [Conclusion] The core muscle training does strengthen the core muscles on both sides of the spine and improve the spinal spatial balance, which is of great significance for the prevention of spinal deformity.

**Key words:** adolescent idiopathic scoliosis, core muscle training, infrared thermal imaging, plantar pressure

青少年特发性脊柱侧弯 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 是临床常见的脊柱三维空间畸形, 以冠状位脊柱弯曲 $>10^\circ$ 为临床诊断标准<sup>[1]</sup>, 目前认为脊柱前后柱的生长不对称是 AIS 的生物力学基础<sup>[2]</sup>, 国际脊柱侧凸矫形与康复治疗学会 (The Society on Sco-

liosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment, SOS-ORT) 发布的指南指出运动疗法可作为治疗轻度 AIS 的第一步<sup>[3]</sup>, 其目的是改善脊柱的稳定和轴向延伸, 最终达到姿势控制的效果。核心肌群训练被证实可通过加强腹部和腰部肌肉力量来维持脊柱的功能稳定

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110123

△基金项目: 山东省威海市中医药科技项目 (编号: 2022N-25)

作者简介: 王开乐, 主治医师, 研究方向: 骨科康复、肌骨疼痛, (电话) 0631-8484213, (电子信箱) 364505354@qq.com

\* 通信作者: 张洪翠, (电话) 0631-8484213, (电子信箱) zhanghongcui95@163.com

性<sup>[4]</sup>。另有研究发现核心稳定性训练可通过改善 AIS 患者椎旁肌肉肌电活动（凸凹侧）的平衡显著降低 AIS 的 Cobb 角，纠正脊柱侧凸患者的不良体态<sup>[5]</sup>。然而运动时脊柱两侧的力学调整策略仍有待进一步研究。基于此，本研究拟采用红外热成像和足底压力检测仪观察轻度 AIS 患者核心肌群热力学特征及脊柱两侧椎旁肌动态平衡特征，探讨短期内核心肌群训练对轻度 AIS 患者脊柱不对称性的影响，为 AIS 早期康复治疗提供理论参考，现报道如下。

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

2021 年 12 月—2023 年 6 月，对 33 例于本院门诊就诊的轻度青少年特发性脊柱侧弯患者进行干预治疗，均符合国际《特发性脊柱侧凸生长发育期的骨科和康复治疗指南》中青少年特发性脊柱侧弯的诊断标准<sup>[6]</sup>。依据医患沟通结果，18 例采用系统核心肌群训练（核心肌组），15 例采用脊柱侧弯传统训练（传统组）。两组患者年龄、性别、体重指数（body mass index, BMI）、侧弯分型等基本资料差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ），见表 1。本次研究已获得山东省文登整骨医院医学伦理委员会批准（审批编号 2022-35），参与本次研究的患者均签署知情同意书。

### 1.2 治疗方法

核心肌组：核心训练方法包括<sup>[7]</sup>：（1）双桥运动，患者取仰卧位，双手平放身体两侧，双小腿置于瑞士球上，抬起臀部使小腿-骨盆-双肩置于同一水平线上持续 10~15 s；（2）单桥运动，在双桥运动基础上抬高一侧下肢，维持 10~15 s，放下后另一侧下肢再重复相同动作；（3）双膝屈曲下的双桥运动，在双桥基础之上，用双足控制瑞士球使其拉向臀下，使膝部-臀部-肩部在同一水平线上，维持 10~15 s；（4）反桥运动，患者仰卧于瑞士球上，双足平放于地面，两侧与肩同宽，膝关节屈曲 90°维持 1 min；（5）单腿伸直下的反桥运动，在反桥运动基础上伸直一侧膝关节，持续 10~15 s 后换另一侧下肢；（6）髌膝关节屈曲下的反桥运动，屈曲一侧髌关节达 90°，持续 10~15 s 后换另一侧下肢。上述训练均 10 次为 1 组，训练强度以患者次日不感到疲劳为度，每次训练 50 min，每周训练 3 次，连续 10 周。

传统组：接受脊柱侧弯传统训练<sup>[8]</sup>，由治疗师给予动作指导及评估，方案包括：（1）姿势练习；（2）脊柱活动练习；（3）肩胛间肌肉强化伸展练习；（4）

呼吸练习等方面，每周训练不低于 3 次，连续 10 周。

### 1.3 评价指标

采用视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）评价患者治疗顺应性疼痛情况。嘱患者躯干直立，分别测量治疗前后坐立位和站立位的高度。行 X 线检查，测量冠状位主侧弯 Cobb 角、C<sub>7</sub>垂线-骶中线偏移[C<sub>7</sub> vertebra plumb line (C<sub>7</sub>PL)- central sacral vertical line (CSVL), C<sub>7</sub>PL- CS-VL]、矢状面垂线偏移(sagittal vertical axis, SVA)<sup>[9]</sup>。红外热成像指标：应用医用红外热像仪（型号 TMT-9000）采集患者主弯区凹凸两侧核心肌群区域（椎旁肌、腹直肌）体表温度数据<sup>[10]</sup>。测量凹凸两侧平均温差（ $T_{\Delta}=T_{凹}-T_{凸}$ ）。足底压力指标：应用足底平衡压力分析检测仪（型号 EL1Mfootscan system）采集足底单位面积峰值压力（peak pressure, PP）<sup>[11]</sup>。计算 3 次测量的足底各区域受力情况的差异幅度（ $PP_{\Delta}=PP_{凹}-PP_{凸}$ ）。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本  $t$  检验，组内两时间点比较采用配对  $T$  检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床结果

两组所有患者均顺利完成训练，无严重不良反应。具体临床资料见表 1，两组治疗顺应性 VAS 评分的差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。至训练后 10 周，两组患者坐高及身高较治疗前均有所提高，且核心肌组优于传统组（ $P<0.05$ ）。

### 2.2 辅助检查

影像评估：两组影像学资料见表 1，治疗前两组间影像评分的差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。与治疗前相比，治疗 10 周后两组冠状面主弯 Cobb 角、C<sub>7</sub>PL-CSVL、矢状位 SVA 均明显减少（ $P<0.05$ ），且核心肌组评分优于传统组（ $P<0.05$ ），核心肌组典型病例影像见图 1。

红外热成像结果比较：两组红外热成像结果见表 1，治疗前，两组间  $T_{\Delta}$  比较差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ），治疗后 10 周，两组  $T_{\Delta}$  较治疗前均有明显改善（ $P<0.05$ ），且核心肌组优于传统组（ $P<0.05$ ），核心肌组典型红外热成像见图 1。

足底应力结果比较：两组患者足底压力结果见表 1，治疗前，显示主弯凹侧受力较凸侧大，治疗后，两组第 2~5 跖骨及足跟内侧区域 PP<sub>Δ</sub> 发生显著转移 ( $P < 0.05$ )，组间比较核心肌群优于传统组 ( $P <$

0.05)，两组患者其他区域足底 PP<sub>Δ</sub> 治疗前后及组间比较均未发现统计学差异 ( $P > 0.05$ )，核心肌群典型足底应力图像见图 1。

表 1. 两组患者临床和辅助检查资料比较  
Table 1. Comparison of clinical and auxiliary examination data between the two groups

指标	时间点	核心肌群 (n=18)	传统组 (n=15)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )		12.1±1.8	11.9±2.2	0.618
性别 (例, 男/女)		4/14	3/12	0.876
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )		17.9±2.5	17.8±3.3	0.852
主弯部位 (例, 胸椎/胸腰段/腰椎)		3/7/5	4/5/9	0.507
治疗顺应性 VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )		4.2±0.4	4.3±0.5	0.622
身高 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	154.8±4.2	155.0±4.4	0.419
	治疗后 10 周	156.5±4.6	155.8±4.3	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
坐高 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	82.6±5.3	81.9±5.6	0.467
	治疗后 10 周	84.4±4.6	82.6±4.4	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
主侧弯 Cobb 角 ( $^\circ$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	19.1±3.9	18.9±4.2	0.169
	治疗后 10 周	15.3±3.1	17.1±3.9	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
C <sub>7</sub> PL-CSVL (mm, $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	29.2±9.4	29.6±9.3	0.816
	治疗后 10 周	23.3±3.1	25.3±3.2	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
SVA (mm, $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	37.4±4.3	36.3±4.9	0.122
	治疗后 10 周	31.5±3.9	33.8±3.9	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
椎旁肌 T <sub>Δ</sub> ( $^\circ\text{C}$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	1.2±0.2	1.2±0.3	0.228
	治疗后 10 周	0.4±0.1	0.8±0.3	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
腹直肌 T <sub>Δ</sub> ( $^\circ\text{C}$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	0.8±0.3	0.7±0.2	0.441
	治疗后 10 周	0.2±0.1	0.4±0.2	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
足跟外侧 PP ( $\text{N}/\text{cm}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	0.3±0.1	0.3±0.1	0.263
	治疗后 10 周	0.3±0.1	0.3±0.1	0.221
	P 值	0.360	0.272	
足跟内侧 PP ( $\text{N}/\text{cm}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	10.8±1.6	11.4±1.7	0.590
	治疗后 10 周	-3.3±1.2	5.8±2.3	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
足弓 PP ( $\text{N}/\text{cm}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	1.4±0.3	1.4±0.4	0.665
	治疗后 10 周	1.3±0.3	1.4±0.3	0.632
	P 值	0.582	0.641	
第 2~5 跖骨 ( $\text{N}/\text{cm}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	治疗前	9.0±1.9	9.4±2.0	0.409
	治疗后 10 周	2.3±0.9	6.0±2.1	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	

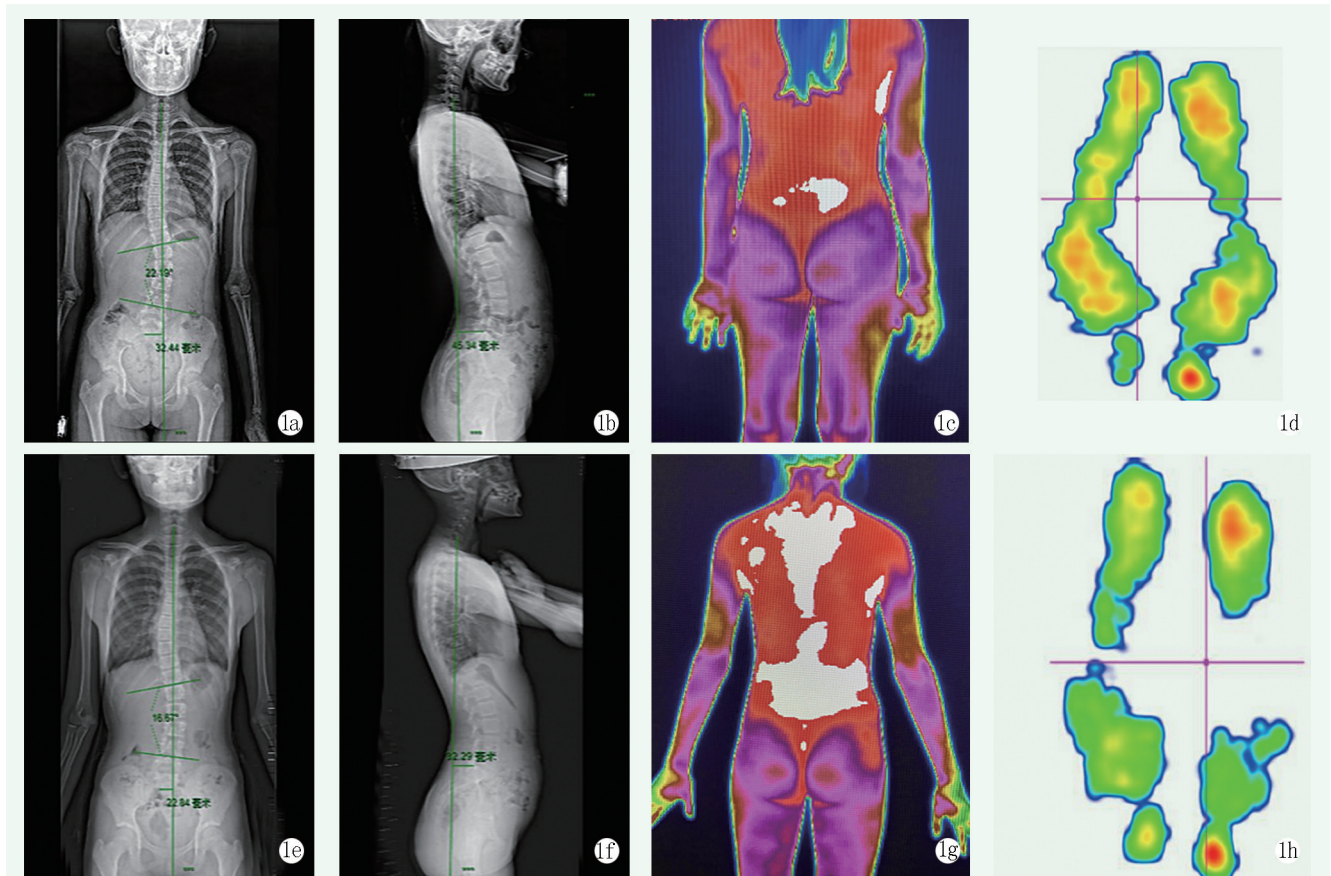


图 1. 患者女性, 12 岁。1a: 治疗前全脊柱 X 线片冠状位 Cobb 角 22.2°, C<sub>7</sub>PL-CSVL 为 32.4 mm; 1b: 治疗前全脊柱 X 线片矢状位, SVA 为 45.3 mm; 1c: 治疗前双侧椎旁肌皮温不对称, 右侧偏高; 1d: 治疗前足底压力重心偏向主弯凹侧; 1e: 治疗后全脊柱 X 线片冠状位, Cobb 角减少到 16.7°, C<sub>7</sub>PL-CSVL 减少到 22.8 mm; 1f: 治疗后全脊柱 X 线片矢状位, SVA 减少到 32.3 mm; 1g: 治疗后双侧椎旁肌皮温趋于对称; 1h: 治疗后足底压力重心向主弯凸侧转移。

Figure 1. A 12-year-old female. 1a: Coronal X-ray before treatment showed Cobb angle of 22.2° and C<sub>7</sub>PL-CSVL of 32.4 mm; 1b: Sagittal X-ray before treatment revealed SVA of 45.3 mm; 1c: The skin temperature of bilateral paravertebral muscle was asymmetrical, and the right side was high before treatment; 1d: Before treatment, the center of gravity of plantar pressure shifted to the main concave side; 1e: After treatment, the Cobb angle was reduced to 16.7° and the C<sub>7</sub>PL-CSVL was reduced to 22.8 mm; 1f: After treatment, the SVA was reduced to 32.3 mm in sagittal X-rays; 1g: Bilateral paravertebral muscle skin temperature tends to be symmetrical after treatment; 1h: After treatment, the center of gravity of plantar pressure shifted to the main convex side.

### 3 讨论

AIS 是一种脊柱三维空间畸形, 严重影响青少年身体正常发育及日常功能, 因此对于 AIS 的早期治疗迫在眉睫。王洋等<sup>[12]</sup>研究发现椎旁肌肌梭结构的病理性改变是脊柱侧弯的继发性表现。因此增强椎旁肌力量及功能可能会是延缓脊柱侧弯进展的关键。本研究针对 AIS 椎旁肌失衡特点给予 10 周的脊柱侧弯核心训练, 发现两组患者主弯 Cobb 角, 冠状位 C<sub>7</sub>PL-CSVL 及矢状位 SVA 较治疗前均出现明显改善, 较传统组优势明显, 证实核心肌群训练可有效改善脊柱三维空间的失衡, 对预防脊柱畸形有很好的针对性, 与先前研究一致<sup>[13]</sup>。

红外热成像仪可精确测定体表温度, 将肌肉代

谢所产生的热量以热像图的形式表现出来<sup>[14]</sup>。本研究通过红外热成像观察核心肌群训练 10 周后其相应核心区域表面温度的变化, 以间接反应肌肉组织的做功情况, 发现训练后两组患者腹直肌、椎旁肌等核心肌群区域温差较治疗前及传统组显著改善, 证实核心训练可增加肌肉做功, 对椎体畸形和功能有预防作用。

行走时双足是地面反作用力的直接感受器, 足底所承受的区域压力变化可精确的反应躯干生物力学的控制情况<sup>[15]</sup>。本研究通过足底压力测试仪观察足底受力变化, 结果显示, 治疗前, 主弯凹侧足底受力较大, 重心偏向凹侧; 训练 10 周后, 两组患者均出现主弯凹侧第 2~5 跖骨及足跟内侧区域受力减低, 相应的凸侧区域受力增加, 且核心肌群较传统组更为明显。提示核心训练可通过调整双足不同区

域受力改善轻度 AIS 患者的动态平衡性, 与先前研究一致<sup>[15]</sup>, 因此早期开展核心肌群训练对轻度 AIS 患者行走平衡有重要意义。

本研究存在一定的局限性, 首先, 红外热成像及足底压力指标虽较敏感, 但易受外界环境及受试者身体状态影响, 且针对足底生物力线的调整策略有待进一步研究; 其次, 本研究样本量较小, 观察周期短, 可能限制了研究的价值, 因此大样本量、多中心、前瞻性的临床研究亟待实施。

综上所述, 核心肌群训练短期内可增强 AIS 患者躯干核心力量, 改善 AIS 三维空间失衡, 较传统训练有明显优势。

### 参考文献

- [1] Aulia TN, Djufri D, Gatam L, et al. Etiopathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): Role of genetic and environmental factors [J]. *Narra J*, 2023, 3 (3) : e217. DOI: 10.52225/narra.v3i3.217.
- [2] Peng Y, Wang SR, Qiu GX, et al. Research progress on the etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2020, 133 (4) : 483-493. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000652.
- [3] Addai D, Zarkos J, Bowey AJ. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Childs Nerv Syst*, 2020, 36 (6) : 1111-1119. DOI: 10.1007/s00381-020-04608-4.
- [4] Ko KJ, Kang SJ. Effects of 12-week core stabilization exercise on the Cobb angle and lumbar muscle strength of adolescents with idiopathic scoliosis [J]. *J Exerc Rehabil*, 2017, 13 (2) : 244-9. DOI: 10.12965/jer.1734952.476.
- [5] Weng H, Li Q. Effect of core stability training on correction and surface electronic signals of paravertebral in adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Biomed Res Int*, 2022, 2022: 1819606. DOI: 10.1155/2023/9841310.
- [6] Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT Guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth [J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13: 3. DOI: 10.1186/s13013-017-0145-8.
- [7] Qi K, Fu H, Yang Z, et al. Effects of core stabilization training on the cobb angle and pulmonary function in adolescent patients with idiopathic scoliosis [J]. *J Environ Public Health*, 2022, 2022: 4263393. DOI: 10.1155/2022/4263393.
- [8] Yildirim S, Ozyilmaz S, Elmadag NM, et al. Effects of core stabilization exercises on pulmonary function, respiratory muscle strength, peripheral muscle strength, functional capacity, and perceived appearance in children with adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2022, 101 (8) : 719-725. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001984.
- [9] 李雅南, 李殿国, 吴东进, 等. 机器人辅助手术矫正青少年重度特发性脊柱侧弯 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2024, 32 (7) : 596-601. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.07.04.  
Li YN, Li DG, Wu DJ, et al. Robot-assisted surgical correction of severe idiopathic scoliosis in adolescents [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2024, 32 (7) : 596-601. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.07.04.
- [10] Abreu DE Souza M, Alka Cordeiro DC, et al. 3D multi-modality medical imaging: combining anatomical and infrared thermal images for 3D reconstruction [J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23 (3) : 1610. DOI: 10.3390/s23031610.
- [11] He YJ, Zheng XL, Wang DF, et al. Static and dynamic plantar pressure distribution in 94 patients with different stages of unilateral knee osteoarthritis using the footscan<sup>®</sup> platform system: an observational study [J]. *Med Sci Monit*, 2023, 29: e938485. DOI: 10.12659/MSM.938485.
- [12] 王洋, 李明, 王建军. 青少年特发性脊柱侧弯椎旁肌中肌梭的病理学研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2001, 8 (9) : 841-843, 封 3.  
Wang Y, Li M, Wang JJ. Pathological study of muscle spindles in adolescent idiopathic scoliosis [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2001, 8 (9) : 841-843, inside back cover.
- [13] Gur G, Ayhan C, Yakut Y. The effectiveness of core stabilization exercise in adolescent idiopathic scoliosis: a randomized controlled trial [J]. *Prosthet Orthot Int*, 2017, 41 (3) : 303-310. DOI: 10.1177/0309364616664151.
- [14] Aydemir U, Sargoz T, Ertan T, et al. Role of digital infrared thermal imaging in diagnosis of acute appendicitis [J]. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 2021, 27 (6) : 647-653. DOI: 10.14744/tjtes.2020.80843.
- [15] 朱飞龙, 张明, 吴宇, 等. 青少年特发性脊柱侧弯患者足部姿势和步态特征的 3D 形态分析及生物力学评价 [J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25 (33) : 5294-5300. DOI: 10.12307/2021.316.  
Zhu FL, Zhang M, Wu Y, et al. Foot posture and gait in adolescent idiopathic scoliosis patients: three-dimensional morphological analysis and biomechanics evaluation [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2021, 25 (33) : 5294-5300. DOI: 10.12307/2021.316.

(收稿:2024-02-08 修回:2024-06-12)  
(同行评议专家: 李铁山, 顾非, 严振)  
(本文编辑: 郭秀婷)