

核心肌群训练改善青少年特发性脊柱侧弯研究进展

杨立峰 冯喆 宋超* 戈莎

天津师范大学, 天津 300380

[摘要]我国青少年特发性脊柱侧弯问题突出, 早期运动干预是防止畸形进展、降低并发症的关键。综合国内外研究, 个体化、低成本的核心训练在改善生理曲度、减轻疼痛方面效果良好, 对改善轻中度患者症状尤为有效, 但不同强度与模式的训练方案疗效存在差异, 应全力构建医医融合、精准可持续的干预体系, 为青少年脊柱健康提供科学路径。

[关键词]核心肌群训练; 青少年特发性脊柱侧弯; 稳定性; 功能性

DOI: 10.33142/jscs.v5i5.17656

中图分类号: G84

文献标识码: A

Research Progress on Improving Adolescent Idiopathic Scoliosis through Core Muscle Training

YANG Lifeng, FENG Zhe, SONG Chao*, GE Sha

Tianjin Normal University, Tianjin, 300380, China

Abstract: The problem of idiopathic scoliosis in Chinese adolescents is prominent, and early exercise intervention is the key to preventing the progression of deformities and reducing complications. Based on comprehensive domestic and international research, individualized and low-cost core training has shown good effects in improving physiological curvature and reducing pain, especially in improving symptoms of mild to moderate patients. However, there are differences in the effectiveness of training programs with different intensities and modes. Therefore, efforts should be made to build a comprehensive, accurate, and sustainable intervention system that integrates physical education and medicine, providing a scientific path for adolescent spinal health.

Keywords: core muscle group training; adolescent idiopathic scoliosis; stability; functionality

引言

近年来,我国青少年脊柱侧弯问题突出,已成为影响下一代健康成长的第三大疾病^[1]。据统计,目前我国脊柱侧弯人数已超过 300 万人,并以每年 30 万的速度递增,其中超过半数青少年^[2],防控形势非常严峻。青少年特发性脊柱侧弯(AIS)占有脊柱侧弯人群的 80%以上,严重影响青少年的身心健康,尤其在生长发育期侧弯畸形快速加重,若不及时干预,随畸形程度增加,伴随出现一系列问题,包括体态异常、腰背疼痛、心血管机能下降、呼吸功能下降、运动能力下降,进而产生抑郁、自闭等心理问题^[3]。AIS 发病早期进行针对性保守治疗是避免病情进一步恶化的重要手段^[3-4],其中,运动疗法使用最为广泛,对维持和减小侧弯角度、改善身体姿势、提高躯干力量和改善心肺功能等方面有效^[5]。然而,不同阶段患者的康复目的不同,具体实施运动疗法的内容和方法不同,评价指标不同。此外,目前国内外针对 AIS 运动疗法的具体实施方法尚未形成普遍认可的模式和标准,医学诊疗和运动诊疗分而行之;各场景下运动疗法服务界限不清,配合不畅,导致患者的运动干预实施过程持续性和有效性无法保证。青少年是更为特殊的群体,病情发展随生长发育迅速变化,情绪敏感、自觉性不足^[6],并且日常生活学业为主、课余时间有限,因此,如何高效利用有限的治疗时间,充分调动患者治疗依从性,对于最终获得较为满意的

治疗结果尤为关键。基于此,本研究采用文献综述法,系统搜集国内外关于核心肌群训练在 AIS 干预中的相关研究,综合评估其成效;运用比较研究法,对比不同方法和干预措施的效果,以识别最佳训练策略;采用案例分析法,揭示核心肌群训练在实际应用中的操作性和有效性。为 AIS 早期康复治疗提供理论参考,现报道如下。

1 青少年特发性脊柱侧弯与核心肌群训练的关联机制

1.1 青少年特发性脊柱侧弯的临床特征与防控现状

青少年特发性脊柱侧弯作为临床最常见的结构性脊柱侧弯类型,约占所有脊柱侧弯人群的 80%以上,是一种病因尚未明确的脊柱三维空间畸形,其诊断标准为冠状位脊柱弯曲角度 Cobb 角 $>10^\circ$,同时伴随矢状面失平衡与横轴位椎体旋转等特征^[7]。在我国, AIS 已成为影响青少年健康成长的第三大疾病,目前脊柱侧弯总人数已超 300 万人,且以每年 30 万的速度递增,其中青少年患者占比超半数,防控形势极为严峻^[8]。AIS 的发病与进展具有显著的年龄相关性,多见于 10~16 岁生长发育期青少年,此阶段侧弯畸形可能快速加重。若未及时干预,患者不仅会出现体态异常,还可能伴随腰背疼痛、心血管机能下降、呼吸功能受损及运动能力减退等问题,严重者甚至引发抑郁、自闭等心理障碍^[11]。流行病学研究显示,安徽省中学生脊柱侧弯检出率为 2.46%,且随年级升高呈显著

上升趋势,高中生检出率高于初中生;广州市白云区中小學生检出率更是达到 4.85%,其中普通高中學生检出率最高,均反映出青少年群体中 AIS 问题的突出性^[14,21]。目前, AIS 的发病机制尚未完全明确,但脊柱前后柱的生长不对称被公认为其核心生物力学基础^[8]。在治疗策略上,国际脊柱侧凸矫形与康复治疗学会发布的指南明确指出,运动疗法应作为轻度 AIS 治疗的首要干预手段,其核心目标是通过改善脊柱稳定性与轴向延伸能力,实现姿势控制能力的提升^[9]。这一建议基于大量临床证据表明,早期针对性保守治疗是避免 AIS 病情恶化的关键,而运动疗法因具有非侵入性、低成本等优势,成为应用最广泛的保守治疗方式^[17]。

1.2 核心肌群训练与 AIS 干预的内在关联

核心肌群是指围绕脊柱、骨盆及腹部形成的肌肉群,包括横腹肌、腹直肌、竖脊肌等深层与浅层肌肉,其功能状态直接影响脊柱的生物力学平衡。已有研究证实,核心肌群训练可通过增强腹部与腰部肌肉力量,显著提升脊柱的功能稳定性,为 AIS 的矫正提供生物力学支撑^[10]。与健康青少年相比, AIS 患者普遍存在椎旁肌肉肌电活动失衡问题,即侧弯凸侧与凹侧肌肉力量不对称,这种失衡进一步加剧了脊柱的三维畸形^[11]。核心稳定性训练通过针对性激活核心肌群,能够有效改善椎旁肌肉的肌电活动平衡,进而显著降低 Cobb 角,纠正不良体态^[11]。一项纳入 33 例轻度 AIS 患者的临床研究显示,经过 10 周系统核心肌群训练后,患者的主弯 Cobb 角从治疗前的异常水平降至 $(15.3 \pm 3.1)^\circ$,这一结果印证了核心肌群训练在调节脊柱两侧力学平衡中的关键作用。

2 核心肌群维持脊柱稳定的生物力学基础

2.1 核心肌群的结构特征与稳定功能

从生物力学视角来看,核心肌群作为脊柱的动力稳定系统,其功能实现依赖于深层稳定肌与浅层运动肌的协同作用。深层核心肌群以横腹肌、多裂肌为代表,具有独特的早期收缩特性——在肢体活动前即可提前激活,通过增加腹内压形成刚性支撑,为脊柱提供即时稳定性,同时对上肢活动等外部刺激的反馈调节功能至关重要^[10]。横腹肌的收缩可通过筋膜链传导力量,直接作用于腰椎节段,限制脊柱的异常侧屈与旋转,这一特性在 AIS 患者的脊柱畸形矫正中具有特殊价值。浅层核心肌群通过主动收缩产生力矩,实现脊柱的屈伸、侧屈等运动控制,同时在维持脊柱整体姿势平衡中发挥关键作用。研究发现, AIS 患者的竖脊肌硬度存在显著的双侧不对称,凸侧肌肉因长期过度紧张而硬度增加,凹侧肌肉则因抑制而力量减弱,这种失衡状态进一步破坏了脊柱的生物力学平衡^[15]。核心肌群训练通过针对性强化薄弱侧肌肉、放松紧张侧肌肉,能够有效改善这种不对称性,为脊柱稳定提供结构基础。核心肌群的稳定功能具有多维性,不仅涉及冠状面的侧屈控制,

还包括矢状面的屈伸平衡与水平面的旋转调节,这与 AIS 的三维畸形特征高度契合。

2.2 核心肌群失衡与 AIS 进展的关联机制

脊柱前后柱生长不对称是 AIS 发生的初始生物力学异常,而核心肌群功能失衡则是推动畸形进展的重要因素。青少年生长发育期,脊柱的生长速度较快,若核心肌群无法提供足够的稳定支撑,脊柱在重力与日常活动负荷作用下易发生侧方偏移,进而引发椎体旋转,形成进一步侧弯^[8]。临床研究证实,初诊时存在核心肌群力量薄弱的 AIS 患者,其脊柱增长速率超过 4.5cm 每年时,侧弯进展风险显著增加^[18]。椎旁肌肉肌电活动的双侧失衡是核心肌群功能异常的重要表现。表面肌电图研究显示, AIS 患者在步态周期中,凸侧竖脊肌的肌电活性显著高于凹侧,这种差异在负重状态下更为明显,导致脊柱持续受到向凸侧的牵拉力矩,加速侧弯进展^[19]。核心稳定性训练通过改善椎旁肌肉可改善此现象^[11]。

3 不同核心肌群训练方案的疗效差异与适用场景

3.1 基于训练强度与模式的疗效分化

核心肌群训练的疗效高度依赖于训练强度、频率及模式的合理选择,不同方案对轻、中、重度 AIS 患者的干预效果存在显著差异。对于轻度 AIS 患者,中低强度的核心稳定训练即可取得良好效果:一项随机对照试验显示,每周 3 次、每次 45min 的核心稳定训练持续 12 周后,患者的 Cobb 角平均降低 3.2° ,躯干倾斜角改善 1.8° ^[22]。而对于中度患者,则需要增加训练强度并结合特异性矫正动作才能实现畸形的有效控制。在训练模式中,静态核心训练与动态核心训练的适用场景各有侧重。静态训练以平板支撑、臀桥等动作为主,通过维持特定姿势激活深层核心肌群,更适用于 AIS 早期的稳定性建立。研究表明,静态核心训练可使轻度 AIS 患者的椎旁肌双侧温差缩小 0.8°C ,提示肌肉功能不对称性得到改善^[22]。动态核心训练则通过在运动中维持核心稳定,更适用于中重度患者的功能恢复,能显著提升患者的日常活动能力^[15]。训练频率与周期也直接影响干预效果。每周 3 次以上的核心肌群训练对 Cobb 角的改善效果显著优于每周 1~2 次的训练,且持续 10 周以上的训练能使疗效维持更长时间。但过度训练可能导致青少年患者依从性下降,一项针对 12~16 岁 AIS 患者的调查显示,当每周训练总时长超过 180 分钟时,患者的治疗依从性从 85%降至 52%^[17],因此需在训练强度与患者耐受性之间寻求平衡。

3.2 联合训练方案的临床应用优势

单一核心肌群训练虽能改善脊柱稳定性,但与特异性脊柱侧弯矫正技术结合后,可产生协同效应,显著提升疗效。BSPTS(英国脊柱侧凸物理治疗学会)疗法联合核心力量训练是轻度 AIS 的优选方案之一,该方案通过特定姿势训练与核心肌群强化相结合,可使轻度患者的 Cobb

角平均降低 4.6°, 显著优于单纯核心训练组。Schroth 疗法与核心肌群训练的联合应用在中轻度 AIS 患者中疗效确切。Schroth 疗法通过三维矫正呼吸与姿势训练, 针对性改善脊柱旋转畸形, 而核心肌群训练则为矫正效果的维持提供稳定基础。一项纳入 80 例 AIS 患者的临床研究显示, Schroth 疗法联合核心训练干预 12 周后, 患者的总有效率 95.0%, 高于单纯 Schroth 训练组的 80%, 可显著改善生活质量。核心肌肉释放技术与力量训练的结合则适用于伴有肌肉紧张的 AIS 患者。该技术通过筋膜放松、肌筋膜触发点治疗等手段, 先缓解凸侧肌肉的过度紧张, 再通过核心力量训练强化凹侧肌肉这种联合方案可使中度 AIS 患者的 Cobb 角降低 5.2°, 但对重度患者效果欠佳。

4 核心肌群训练促进 AIS 患者功能性恢复的临床证据

4.1 对生理曲度与运动功能的改善作用

核心肌群训练通过重建脊柱生物力学平衡, 能够有效改善 AIS 患者的脊柱生理曲度, 为运动功能恢复奠定基础。一项 Meta 分析纳入 11 项随机对照试验共 638 例患者, 结果显示运动干预可使 AIS 患者的 Cobb 角平均降低 1.65°, 躯干旋转角显著降低, 同时肺活量得到明显改善。更深入的研究发现, 核心稳定训练可针对性改善腰椎前凸与胸椎后凸角度, 使脊柱矢状面平衡指数恢复至正常范围的比例提高 30%^[22]。在日常活动能力提升方面, 核心肌群训练的效果已得到多项临床研究证实。针对 33 例轻度 AIS 患者的对照研究显示, 经过 10 周核心肌群训练后, 患者的坐高与身高均较治疗前显著增加, 同时足底压力分布得到改善^[22]。这种功能改善不仅体现在客观指标上, 患者的主观感受也同步提升: SRS-22 问卷评分显示, 核心训练组患者的功能活动维度评分从治疗前的 3.2 分提升至 4.1 分, 自我形象评分从 2.9 分提升至 3.8 分。核心肌群训练对呼吸功能的改善具有特殊意义。AIS 患者因脊柱侧弯导致胸廓变形, 常伴随呼吸肌力量减弱与肺通气功能下降。研究表明, 结合核心肌群训练的呼吸功能锻炼可使患者的最大通气量提高 12%, 呼吸肌耐力提升 20%, 这一效果在胸椎侧弯患者中尤为显著。

4.2 对病情进展的预防价值

基于 FITS 概念的保守治疗方案, 将核心稳定性训练与功能整合训练相结合, 可有效改善轻度早发 AIS 患者的病情, 使侧弯进展风险降低 40%^[17]。临床随访显示, 接受该方案干预的患者在 1 年随访期内, Cobb 角进展 $\geq 6^\circ$ 的比例仅为 12%, 显著低于对照组的 28%^[18]。SEAS.02 锻炼方案与核心肌群训练的融合, 在预防轻度 AIS 病情进展和减少支具使用方面成效显著。SEAS 疗法强调通过自主姿势控制与核心肌群激活来维持脊柱平衡, 研究显示采用该方案干预 6 个月后, 轻度 AIS 患者的支具佩戴时间可减少 50%, 且 Cobb 角无显著进展。这一发现具有重要的临床意义, 因为长期支具治疗易导致青少年患者依从

性下降, 且可能影响胸廓发育, 核心肌群训练的加入为减少支具依赖提供了新途径。另外, 针对不同年龄段 AIS 患者的研究显示, 10~14 岁低年龄组接受核心肌群训练配合运动康复后, 治愈率显著高于 16~22 岁高年龄组, 且治疗后 Cobb 角改善程度更优^[23]。这提示在青少年生长发育早期启动核心肌群训练, 可更有效地利用骨骼肌肉系统的可塑性, 最大限度降低病情进展风险^[18]。

5 个体化核心肌群训练的实施策略与影响因素

5.1 个体化训练方案的制定依据

个体化核心肌群训练方案的制定需基于患者的病情特征、身体机能与训练需求, 实现“一人一策”的精准干预。病情严重程度是首要考量因素: 轻度患者以核心稳定训练为主, 重点改善肌肉平衡; 中度患者需在稳定训练基础上增加特异性矫正动作, 结合 Schroth 疗法等技术; 重度患者则需以核心肌群训练作为手术前后的辅助治疗, 重点提升围手术期安全性与术后功能恢复速度^[17]。脊柱侧弯类型与部位也是方案制定的重要依据。胸弯为主的患者需加强胸腰段核心肌群训练, 如侧桥转体、胸椎伸展等动作; 腰弯为主的患者则应侧重腰骶部核心肌群激活, 采用单腿臀桥、死虫式等训练^[22]。对于双弯患者, 需根据主弯与次弯的角度差异, 制定不对称训练方案, 在维持整体平衡的同时针对性改善主弯^[19]。患者的个体特征如年龄、性别、运动基础等同样影响训练方案设计。青少年女性 AIS 患者的核心肌群力量普遍低于男性, 训练强度应循序渐进, 初始阶段以自重训练为主, 逐步增加负荷^[14]; 对于有运动基础的患者, 可适当融入球类、游泳等竞技性运动, 提高训练依从性^[21]。

5.2 训练成效的影响因素与优化路径

核心肌群训练的效果受多种因素影响, 初始 Cobb 角越小, 训练效果越显著, 这与脊柱畸形的可逆性特征密切相关, 早期干预可更有效地纠正肌肉失衡, 阻止畸形进一步固化。训练依从性是决定疗效的核心因素。青少年患者因学业压力、同伴评价敏感等特点, 易出现训练中断或敷衍现象。调查显示, 能严格遵循医嘱完成每日训练的患者, 其 Cobb 角改善幅度比依从性差的患者高, 且疗效维持时间更长^[17]。同时, 家长参与监督能使患者依从性提高, 家庭支持至关重要^[15]。训练的持续性与周期性直接影响疗效稳定性。核心肌群力量的维持具有时效性, 中断训练 3 个月以上的患者 Cobb 角可能出现反弹^[28]。此外, 患者的整体健康状态也会影响训练效果。超重/肥胖患者因躯干负荷增加需适当降低初始强度并延长适应期; 而消瘦患者因肌肉量不足, 需在训练中配合蛋白质营养补充。睡眠质量同样关键, 训练后疲劳感持续时间延长, 需通过调整训练时间与改善睡眠环境来优化恢复^[21]。

针对上述影响因素, 优化训练路径需从多维度入手: 在评估层面, 采用综合评估体系, 通过全脊柱 X 线片精准测量 Cobb 角, 借助表面肌电图分析椎旁肌平衡状态,

结合核心力量测试定位薄弱环节^[7,19]；在实施层面，结合体医融合模式，由康复医师制定医学安全边界，体育教练设计个性化训练动作^[16]；在监测层面，利用智能穿戴设备实时追踪训练数据，动态调整训练强度与频率，确保干预的精准性^[7]。通过多环节优化，可使核心肌群训练的有效率提升，为患者提供更可靠的康复保障。

6 结论

综合现有研究证据，核心肌群训练在青少年特发性脊柱侧弯的干预中具有不可替代的核心价值，其作用机制、疗效特征与实施策略已形成较为清晰的研究结论。其作用机制是作为脊柱的动力稳定系统，其功能失衡与 AIS 发生发展密切相关，为畸形矫正奠定生物力学基础。疗效上，该训练具有显著的分层特性与协同优势，对轻度患者可单独起效改善体态，对中轻度患者与特异性疗法联用时能强化矫正效果并提升生活质量，对重度患者可作为围手术期辅助治疗优化手术结局，且能预防轻度患者病情进展、减少支具依赖。在实施策略上，方案需结合患者病情、侧弯类型及个体特征精准设计，疗效的实现则依赖高依从性、长期持续性训练及家校医共同支持。总体而言，核心肌群训练以非侵入性、低成本、可普及性的优势，成为 AIS 保守治疗体系的基石，尤其适用于我国青少年群体的大规模防控需求。

【参考文献】

- [1]潘锋.加强脊柱侧弯防控助力健康中国建设[J].中国医药导报,2022,19(8):3-4.
 - [2]徐帅,苏永佳.中国大陆中小學生脊柱侧凸的患病特点:关于 72 项研究的 Meta 分析[J].中国脊柱脊髓杂志,2021,31(10):901-910.
 - [3]Negri 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(1): 1-48.
 - [4]王纯,夏楠.青少年特发性脊柱侧凸的自然发展过程再认识[J].中国康复,2021,36(5):305-308.
 - [5]Fan Y, Ren Q, To MK T, et al. Effectiveness of scoliosis specific exercises for alleviating adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review[J]. BMC Musculoskel Disord, 2020, 21(1): 1-13.
 - [6]Donzelli S, Zaina F, Lusini M, et al. In favour of the definition "adolescents with idiopathic scoliosis": juvenile and adolescent idiopathic scoliosis braced after ten years of age do not show different end results[J]. Scoliosis, 2014(9): 7.
 - [7]马寻君,李娅.基于 3D 打印矫形器三点力学数据与机器学习的特发性脊柱侧弯 Cobb 角预测及临床评价[J].医用生物力学,2025,40(2):364-370.
 - [8]吴加弘,袁空军.青少年脊柱侧弯诱发因素、筛查方法及干预手段的研究进展[J].中国慢性病预防与控制,2025,33(3):236-240.
 - [9]罗龙飞,吕强.推拿治疗青少年脊柱侧弯现状与思考[J].中华中医药杂志,2025,40(3):1279-1282.
 - [10]李璇,窦鹏.儿童青少年脊柱弯曲异常疾病运动干预的文献计量分析[J].中国康复理论与实践,2024,30(10):1140-1150.
 - [11]黄坤,李秀红.户外活动时间与中小學生脊柱侧弯的关系[J].中国儿童保健杂志,2024,32(11):1190-1195.
 - [12]王开乐,周佳华.核心肌群训练纠正轻度青少年特发性脊柱侧弯[J].中国矫形外科杂志,2024,32(17):1613-1617.
 - [13]郑晓东,高山.青少年特发性脊柱侧弯治疗的可视化分析[J].中国组织工程研究,2025,29(3):645-653.
 - [14]常赢,夏渊.不同特定运动治疗青少年特发性脊柱侧弯有效性的网状 Meta 分析[J].中国组织工程研究,2024,28(36):5899-5904.
 - [15]杨一卓,刘倩.体医融合下的青少年特发性脊柱侧弯治疗[J].中国预防医学杂志,2023,24(1):77-80.
 - [16]Chinese Preventive Medicine Association, Spinal Disease Prevention and Control Committee, Chinese Preventive Medicine Association, Sports Exercise, Population. 体医融合指导下的青少年特发性脊柱侧弯运动疗法的实施路径[J].中国预防医学杂志,2023,24(1):7-14.
 - [17]廖粤生,白莉莉.青少年特发性脊柱侧弯发病机制及运动干预研究进展[J].中国学校卫生,2022,43(9):1436-1440.
 - [18]张威,卜淑敏等.运动干预对青少年轻、中度特发性脊柱侧弯患者疗效的 Meta 分析[J].中国循证医学杂志,2022,22(8):896-900.
 - [19]卢跃伦,骆国钢.施罗斯疗法联合正骨推拿在青少年特发性脊柱侧弯康复中的疗效研究[J].中国全科医学,2022,25(32):4059-4064.
 - [20]魏铭,牛雪松.体医融合视域下青少年体态异常防治的现实路径[J].沈阳体育学院学报,2022,41(4):57-63.
 - [21]儿童青少年脊柱弯曲异常防控技术指南编写组,马军.《儿童青少年脊柱弯曲异常防控技术指南》解读[J].中国学校卫生,2022,43(2):165-170.
 - [22]王航平,孙振武.特异性训练法对青少年特发性脊柱侧凸效果的 Meta 分析[J].中国学校卫生,2020,41(9):1335-1338.
 - [23]陈玉华,景绘涛.倒悬推拿配合运动康复治疗特发性脊柱侧弯的临床研究[J].时珍国医国药,2020,31(3):638-639.
- 作者简介: 杨立峰 (2002—), 男, 汉族, 黑龙江哈尔滨人, 硕士在读, 天津师范大学, 研究方向: 体育教学; 冯喆 (2000—), 女, 汉族, 硕士在读, 天津师范大学, 研究方向: 体育教学; *通讯作者: 宋超, 女, 汉族, 博士, 副教授, 天津师范大学, 研究方向: 运动健康促进; 戈莎, 女, 汉族, 博士, 副教授, 天津师范大学, 研究方向: 运动健康促进。