

# 悬吊推拿运动技术在改善青少年特发性脊柱侧弯患者椎旁肌不对称性中的作用

刘 敏<sup>1</sup>, 马兆水<sup>2</sup>, 许强强<sup>2</sup>, 李 丽<sup>2\*</sup>

1 山东大学护理与康复学院, 山东 济南 250012;

2 山东中医药大学第二附属医院, 山东 济南 250001

\* 通信作者: 李丽, E-mail: lily.jinan@163.com

收稿日期: 2023-11-03; 接受日期: 2024-03-28

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2017GSF19114); 山东省中医药科技项目(2021M006); 山东省社科联人文社会科学

课题(2023JKZX02); 山东省中医药发展计划项目(Q-2023067); 山东省医药卫生科技项目(202316011069)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.03007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**摘要** **目的** 探讨悬吊推拿运动技术在改善青少年特发性脊柱侧弯(AIS)患者椎旁肌不对称性中的作用。**方法** 选取2021年10月—2023年8月于山东中医药大学第二附属医院康复科就诊并符合纳入标准的AIS患者88例作为研究对象,采用随机数字表法分为对照组和试验组,每组44例。对照组参照德国Schroth脊柱侧弯三维矫正疗法进行常规康复训练,包括手法放松侧弯凹侧椎旁肌肌肉,“臀桥”“小燕飞”力量练习,施罗特体操包括“肌肉圆柱”“旋转坐位运动”“伸展运动”配合成角呼吸。试验组运用悬吊推拿运动技术治疗,主要包括在悬吊设备辅助下调节脊柱位置恢复脊柱中立位,以弹拨、按推等推拿手法往返作用于督脉、膀胱经行整体治疗和凸凹侧椎旁辨证补泻治疗,仰卧位、俯卧位和侧卧位的中立位控制训练,躯干屈伸、旋转、侧屈闭链运动训练。在治疗前和治疗4周后运用肌电生物反馈仪测量患者站立负重时椎旁肌的表面肌电图(sEMG),通过自带软件进行分析,采集均方根(RMS),并计算椎旁肌肉对称指数( $PMSI = \frac{RMS_{凸}}{RMS_{凹}}$ );采用Cobb角评估患者脊柱侧弯的严重程度;采用躯干旋转角度(ATR)评估躯干的旋转程度、脊柱的功能和形态。**结果** 治疗前,2组PMSI值、Cobb角、ATR值比较,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。治疗4周后,试验组PMSI值为1.08(1.04, 1.14),Cobb角为5(2, 9)°,ATR值为2(1, 3)°;对照组PMSI值为1.12(1.09, 1.17),Cobb角为8.5(6, 10)°,ATR值为2(2, 3)°。组内比较,治疗后2组PMSI值均更接近1( $P < 0.05$ ),Cobb角、ATR值均下降( $P < 0.05$ )。组间比较,治疗后试验组PMSI值、Cobb角改善效果均优于对照组,试验组PMSI值更接近1( $P < 0.05$ ),Cobb角明显更低( $P < 0.05$ ),但治疗后2组ATR值差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 悬吊推拿运动技术可有效改善椎旁肌不对称性,达到降低患者的Cobb角的矫形目的,值得临床推广应用。

**关键词** 青少年特发性脊柱侧弯;悬吊推拿运动技术;椎旁肌;不对称性;表面肌电图

青少年特发性脊柱侧弯(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)是指在发育期间因不明原因导致脊柱的一个或多个节段向侧方向弯曲,且伴有椎体旋转的三维结构畸形,以Cobb角 $\geq 10^\circ$ 作为诊断金标准<sup>[1]</sup>。研究显示,AIS的患病率为2%~4.6%<sup>[2-3]</sup>,是

继肥胖、近视后危害中小学生学习健康的第三大常见问题<sup>[4]</sup>,发病率最高年龄段为12~15周岁<sup>[5-6]</sup>。目前AIS的发病机制尚不明确,但普遍认为椎旁肌不对称是AIS发生发展的重要因素<sup>[7]</sup>。研究显示,椎旁肌不对称可以改变脊柱姿势,影响运动控制,导致

引用格式:刘敏,马兆水,许强强,等.悬吊推拿运动技术在改善青少年特发性脊柱侧弯患者椎旁肌不对称性中的作用[J].康复学报,2024,34(3):262-269.

LIU M, MA Z S, XU Q Q, et al. Role of sling Tuina exercise technique in improving paraspinal muscle asymmetry in patients with adolescent idiopathic scoliosis [J].

Rehabil Med, 2024, 34(3):262-269.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2024.03007

©《康复学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND 4.0协议

© Rehabilitation Medicine, OA under the CC BY-NC-ND 4.0

青少年的活动能力下降,从而加剧肌肉的不平衡性和失调,进而形成恶性循环<sup>[8]</sup>。因此,早期开展针对椎旁肌不对称性的治疗对延缓 AIS 的进展具有重要意义。

目前,针对 AIS 轻度患者( $10^{\circ} \leq \text{Cobb角} \leq 20^{\circ}$ )的椎旁肌不对称性推荐采用功法或运动训练、中医手法等保守治疗措施<sup>[9]</sup>。功法或运动训练以患者主动训练为主,存在患者依从性差的问题,而中医手法存在量化不足的问题。悬吊推拿运动技术借助悬吊训练设备,精准评估“弱链接”肌肉和病变经络,根据功能评估结果量化治疗<sup>[10]</sup>。既往研究显示,悬吊推拿运动技术可缓解肌肉痉挛,增强肌肉力量,维持肌力平衡,加强中枢神经的传导并建立正确协调的运动反馈,有效改善运动不协调<sup>[11-12]</sup>。但目前尚无该技术治疗 AIS 的有效性及其作用机制的相关研究。因此,本研究拟探讨悬吊推拿运动技术在改善 AIS 患者椎旁肌不对称性中的作用,旨在为 AIS 的治疗提供新的方法。

## 1 临床资料

### 1.1 病例选择标准

**1.1.1 纳入标准** ①符合脊柱侧弯研究协会(Scoliosis Research Society, SRS)有关“C”型脊柱侧弯的诊断标准<sup>[13]</sup>;② $10^{\circ} \leq \text{Cobb角} \leq 20^{\circ}$ ;③年龄为 12~15 周岁;④既往未接受其他治疗;⑤患者及其家属知情同意并自愿参加本研究。

**1.1.2 排除标准** ①继发性脊柱侧弯者;②严重心、肺功能障碍者;③伴有严重精神类疾病者;④有任何诸如疼痛等会引起肌肉紧张的疾病者。

**1.1.3 终止和脱落标准** ①接受治疗期间发生严重不良事件或其他严重并发症需暂停治疗者;②治疗期间选择其他治疗方案者;③未完成治疗周期者。

### 1.2 一般资料

使用方便抽样的方法,选取 2021 年 10 月—2023 年 8 月于山东中医药大学第二附属医院康复科就诊并符合纳入标准的 AIS 患者作为研究对象。样本量计算:以椎旁肌肉对称指数(paravertebral muscle symmetry index, PMSI)作为考核 AIS 患者椎旁肌不对称性恢复情况的指标。由预试验临床数据可知悬吊推拿运动组 PMSI 值治疗前后差值为 0.082,标准差为 0.034;常规康复训练组 PMSI 值治疗前后差值为 0.056,标准差为 0.035。以此为基础,取双侧检验  $\alpha=0.05, \beta=0.10$ ,参照成组设计两样本均数比较,样本量估算公式(参照刘建平主编的《循证中医药临床研究方法》): $n=2[(u_{\alpha}+u_{\beta})^2\sigma^2]/\delta^2$ ,可算得每组需要最小样本量为 36 例,考虑 20% 的失访率,故本研究需要样本量为 88 例。采用随机数字表法将其分为对照组和试验组,每组 44 例。为避免脱落,增加干预依从性,本研究设专门研究人员,每周提前与受试者联系和约定治疗时间,同时提供延时服务,开展午间和晚间治疗,以保证治疗频次。本研究在治疗过程中无脱落、剔除。本研究设专门的评价人员和统计人员,且对分组情况均不知情;其他研究人员均不参与结局指标的测量和统计。2 组一般资料比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。见表 1。本研究经山东中医药大学第二附属医院伦理委员会批准(审批号:2021-009-01),所有受试者均签署知情同意书。

表 1 2 组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between two groups

组别	例数	性别		年龄/岁	身高/cm	体质量/(\bar{x}±s, kg)	病变类型		
		男	女				胸弯	胸腰弯	腰弯
对照组	44	22	22	14(14, 14)	170(165, 175)	59.29±11.62	7	24	13
试验组	44	20	24	14(14, 14)	165(161, 170)	56.10±9.14	5	25	14
$\chi^2/Z/t$ 值		0.046		-0.884	-1.924	1.431	0.391		
$P$ 值		0.831		0.377	0.054	0.156	0.823		

## 2 方 法

### 2.1 治疗方法

**2.1.1 对照组** 采用常规康复训练,2 次/周,1 个月/疗程。参照德国 Schroth 脊柱侧弯三维矫正疗法进行常规康复训练<sup>[14]</sup>,主要包括以下内容:①手法放松侧弯凹侧椎旁肌肉,5 min/次。②进行“臀桥”“小燕飞”力量练习,5 min/次。③采取施罗特体

操,其动作主要包括“肌肉圆柱”“旋转坐位运动”“伸展运动”等。运动方向根据侧弯定位,向脊柱侧弯相反方向运动,同时配合成角呼吸向侧弯凹侧和椎体旋转相反的方向吸气,40 min/次。

**2.1.2 试验组** 采用悬吊推拿运动技术,2 次/周,1 个月/疗程<sup>[15]</sup>。

**2.1.2.1 椎旁肌弱链接评估测试** ①患者立于训

练器下,吊带高度齐腰系于前臂近端,肘关节屈曲90°。②测试者手置于腹内外斜肌上,测试前保持腹内外斜肌放松。③嘱患者躯干缓慢前倾,脊柱保持中立位,直至感觉到腹内外斜肌收缩,回到起始体位。④重复上述动作,在刚刚触摸到腹内外斜肌收缩之前停止运动;告诉患者微微用力保持此姿势,直至患者出现弱链接体征(出现疼痛或双侧运动不对称),回到起始体位,停止测试。⑤记录患者保持此姿势的时间、脊柱两侧椎旁肌疼痛或张力不对称部位,即为椎旁肌弱链接评估。

**2.1.2.2 悬吊推拿技术** 注重整体观念,应用多功能升降床,借助悬吊训练系统,行悬吊推拿技术,10 min/次。①俯卧位时,使用滚筒垫于双脚腕,于腰、骨盆、胸廓等部位非弹力悬吊带悬吊,升降悬吊床配合调节不同体侧、不同部位悬吊绳的长度来改变AIS患者骨盆、腰椎、胸椎等结构的旋转、生理曲度,达到脊柱尽可能趋向中立位且触摸感知椎旁肌表面张力达到最小为度。②配合弹拨、按推等推拿手法往返作用于督脉,以促进督脉气血和畅,操作2 min。根据中医辨证沿椎旁肌弱链接所属膀胱经行推拿手法,凹侧气血运行差、易疲劳为虚证,顺经补法推拿,凸侧张力大为实证,逆经法推拿,操作时长3 min<sup>[15]</sup>。③选取足太阳膀胱经双侧膈俞、肾俞、大肠俞、承扶、委中、阿是穴等穴和凹侧脊柱肌筋膜行重点弹拨治疗达到透热为度,操作5 min。

**2.1.2.3 核心控制训练** 仰卧位、俯卧位、侧卧位的中立位控制训练,30 min/次。①仰卧中立位控制训练:嘱患者仰卧位,弹性绳宽带置于骨盆,非弹性绳窄带系于腓骨近端,垂直悬吊,调节悬吊绳和降低治疗床高度使患者双腿离地30 cm保持臀部弹性绳足够紧张,以治疗师只需很小的力可轻松抬起患者骨盆为宜。双手抱胸,以双肩胛骨上缘为支撑点,抬高骨盆并使头部、骨盆、下肢成一条直线,通过触碰患者脊柱配合语言刺激使患者调节脊柱位置保持脊柱中立位。振动悬吊绳嘱患者保持120 s停止本次训练,休息30 s,为1次疗程,共4次。②俯卧位的中立位控制训练:嘱患者俯卧位,弹性绳系中分带支撑头部,非弹性绳系宽带置于胸部,弹性绳系宽带置于腹部,折叠宽带漏出髂前上棘,非弹性绳系窄带置于膝盖上5 cm处,调节悬吊绳和治疗床高度使患者支撑于悬吊带上,前臂不承重;身体保持水平,腰椎轻微前凸,保持腹部弹性绳足够紧张,以治疗师只需很小的力即可轻松纠正脊柱前凸为度,治疗师一手置于腰骶部另一手置于腹部,双手轻轻相互挤压以减少脊柱前凸大约2 mm,缓慢移

开双手,触碰患者脊柱配合语言刺激使患者调节脊柱位置保持脊柱中立位,震动悬吊绳嘱患者保持120 s停止本次训练,休息30 s,为1次疗程,共4次。

③侧卧位的中立位控制训练:嘱患者凸侧卧位,弱链接侧在下,弹力绳宽带置于骨盆、胸部处,保持弹性绳足够紧张,使治疗师只需很小的力即可轻松抬起骨盆。嘱患者保持身体伸直,上抬骨盆,触碰患者脊柱配合语言刺激使患者调节脊柱位置保持脊柱中立位,震动悬吊绳嘱患者保持120 s停止本次训练,休息30 s,为1次疗程,共4次。

**2.1.2.4 躯干屈伸、旋转、侧屈闭链运动训练** 患者坐于训练器之下,长非弹力绳穿过滑轮吊宽带置于臂下,患者躯干前倾,伏头于臂,宽带高度根据侧弯脊柱节段调整。嘱患者骨盆稳定时由治疗师辅助患者从被动到主动完成躯干屈伸、旋转、侧屈动作,10 min/次。

## 2.2 评价方法

治疗前和治疗4周后,分别采用以下方法进行评价,所有评估均由经验丰富且对分组不知情的2名康复医师进行,表面肌电图的采集由专业人员独立评定。评价前均需接受相关培训和指导。

### 2.2.1 主要结局指标PMSI

采用MyoNet-COW肌电生物反馈仪(上海诺诚公司)检测椎旁肌表面肌电图(surface electromyography, sEMG),通过自带软件进行分析,采集均方根(root mean square, RMS)。所有研究对象在进行测试前均已熟悉测验要求和流程,测试前24 h内无剧烈体力运动,室温24℃,室内电磁屏蔽良好。表面电极贴的粘贴位置:将2个点电极贴置于脊柱侧弯顶椎左右2 cm处,即椎旁肌的位置,电极贴的贴放位置与椎旁肌纵轴基本一致,这2个点电极贴之间的距离约为2~3 cm。患者站立姿势,双足与肩同宽,双眼平视前方,双臂下垂,双手各托2 kg球放于身体两侧,保持15 s,拿开负重球,休息5 s,记录此时负重状态患者椎旁肌的sEMG<sup>[16]</sup>。以上动作进行3次,取平均值以减少误差。PMSI计算为 $RMS_{凸}/RMS_{凹}$ ,PMSI接近1表示椎旁肌肉的高度对称性,PMSI<1表示 $RMS_{凸}<RMS_{凹}$ ,PMSI>1表示 $RMS_{凸}>RMS_{凹}$ <sup>[17]</sup>。

### 2.2.2 次要结局指标

**2.2.2.1 Cobb角** 测量脊柱侧弯角度的方法,用于评估脊柱侧弯的严重程度。患者站立位拍摄全脊柱正位X线片,选择弯曲两端最倾斜的椎体(即上、下端椎体),沿上端椎体上缘、下端椎体下缘各划一条直线,两线的夹角或其垂直线的交角称为Cobb角<sup>[18]</sup>。

**2.2.2.2 躯干旋转角度** 测量躯干的旋转程度,广泛应用于评估脊柱侧弯患者躯干的旋转程度。被检查者暴露脊背或穿背心,直膝并脚站立,双臂伸直合掌,缓慢向前弯腰至90°,检查者立于被检者身后平视被检者脊背;将脊柱侧弯测量尺与被检查者躯干长轴垂直,凹槽与脊柱棘突垂直,匀速柔和从C<sub>7</sub>向骶椎滑动,视线与脊柱测量尺水平,读出最大度数,取整数即为躯干旋转角度(angle of trunk rotation, ATR),即 ATR 值。若 ATR ≥ 5° 取加测 1 次脊柱运动试验后(前屈、背伸、左右侧弯和左右扭转运动各 2 次)的 ATR 值,数值越大,脊柱侧弯越严重<sup>[19]</sup>。

**2.3 统计学方法**

使用 SPSS 25.0 软件进行统计和数据分析。对数据进行正态性检验,计量资料符合正态分布使用

( $\bar{x} \pm s$ )表示,不符合正态分布用 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示;计数资料以频数表示。组内比较计量资料符合正态分布采用配对样本 *t* 检验,不符合正态分布进行非参数检验;组间比较计量资料符合正态分布采用两独立样本 *t* 检验,不符合正态分布采用非参数检验;计数资料采用  $\chi^2$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**3 结果**

**3.1 2组治疗前后 PMSI 值比较**

治疗前 2 组 PMSI 值比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。与治疗前比较,治疗后 2 组 PMSI 值均降低 ( $P < 0.05$ );治疗后试验组 PMSI 值比对照组更接近 1 ( $P < 0.05$ )。见表 2。

表 2 2组治疗前后 PMSI 值比较 $[M(P_{25}, P_{75})]$

Table 2 Comparison of PMSI values between two groups before and after treatment  $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	治疗前	治疗后	Z 值	P 值
对照组	44	1.22(1.14, 1.33)	1.12(1.09, 1.17)	-5.228	<0.01
试验组	44	1.29(1.19, 1.40)	1.08(1.04, 1.14)	-5.777	<0.01
Z 值		-1.627	-3.071		
P 值		0.104	0.020		

**3.2 2组治疗前后 Cobb 角比较**

治疗前 2 组 Cobb 角比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。与治疗前比较,治疗后 2 组 Cobb 角均

降低 ( $P < 0.05$ );治疗后试验组 Cobb 角小于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 2组治疗前后 Cobb 角值比较 $[M(P_{25}, P_{75})]$

Table 3 Comparison of Cobb angles between two groups before and after treatment  $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	治疗前/°	治疗后/°	Z 值	P 值
对照组	44	14(12, 17)	8.5(6, 10)	-5.793	<0.01
试验组	44	15(12, 19)	5(2, 9)	-5.785	<0.01
Z 值		-0.686	-3.177		
P 值		0.493	0.010		

**3.3 2组治疗前后 ATR 值比较**

治疗前 2 组 ATR 值比较,差异无统计意义 ( $P > 0.05$ )。与治疗前比较,治疗后 2 组 ATR 值均降低 ( $P < 0.05$ );治疗后试验组 ATR 值与对照组比较,差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 4。

表 4 2组治疗前后 ATR 值比较 $[M(P_{25}, P_{75})]$

Table 4 Comparison of ATR values between two groups before and after treatment  $[M(P_{25}, P_{75})]$

组别	例数	治疗前/°	治疗后/°	Z 值	P 值
对照组	44	6(5, 7)	2(2, 3)	-5.815	<0.01
试验组	44	5(4, 7)	2(1, 3)	-5.832	<0.01
Z 值		-0.928	-2.643		
P 值		0.354	0.080		

**4 讨论**

中枢神经通过控制椎旁肌协调的收缩与舒张作用来维持脊柱姿势<sup>[20-21]</sup>,因此椎旁肌的良好状态对脊柱的稳定性有不可替代的作用<sup>[22]</sup>。国内外研究显示, AIS 患者两侧椎旁肌呈不对称分布<sup>[23-26]</sup>。通过对 AIS 患者进行肌肉活检显示,凸侧 I 型肌纤维的数量是凹侧的 1.6 倍<sup>[23]</sup>, I 型肌纤维为慢缩耐疲劳型纤维,肌电图显示凸侧运动单位振幅高于凹侧<sup>[24]</sup>。椎旁肌的超声及微结构研究显示,凸侧肌纤维横径大部分变细、稀疏,凹侧则增大或粗细不均<sup>[25]</sup>,并伴有多个肌梭的群聚,囊壁增厚及肉芽组织浸润<sup>[26]</sup>,凸侧肌肉张力负荷大于凹侧,凸侧长期处于被牵拉的状态<sup>[19]</sup>。脊柱动力链视角下,脊柱两

侧肌肉张力的变化会导致椎体与椎体间角度产生变化引起相邻椎体间运动链接改变,形成新的脊柱动力学变化关系,异常变化通过上行通路传导给神经中枢形成新的稳定脊柱指令,再通过下行通路传导给肌肉骨骼系统重新进行肌肉控制<sup>[27]</sup>。而椎旁肌的不对称运动,进一步加重运动模式的异常,从而形成恶性循环,最终打破脊柱两侧的生物力学平衡,导致脊柱姿势异常<sup>[28-30]</sup>。因此,改变椎旁肌不对称的负荷分布,诱导出正确的神经-肌肉控制模式是治疗的关键。

悬吊推拿运动技术在生物力学肌筋膜学说与中医经络学说理论指导下,借助悬吊设备不同规格弹力绳评估“弱链接”肌肉和病变经络,辨证实施推拿手法干预和科学有效的悬吊运动训练,将神经肌肉激活技术和推拿疗法相融合,该技术的融合使两种经典技术优势互补。本课题组既往研究显示,悬吊推拿运动技术可有效降低肌肉张力,提高神经肌肉激活水平,患者依从性高<sup>[31]</sup>,它将悬吊带置患者于俯卧位下,通过调节不同体侧、不同部位悬吊绳的长度来改变 AIS 患者骨盆、腰椎、胸椎等结构的旋转及生理曲度,使其尽可能向脊柱中立位调整<sup>[32]</sup>。在这种姿势下脊柱各关节的排列,不需要软组织增加张力,肌肉不需要额外的运动负荷来维持正常姿势,即脊柱处于稳定状态。脊柱运动符合圆柱运动规律,椎体旋转的减少、脊柱生理曲度的恢复可以减小侧弯程度,降低凸凹侧肌肉张力负荷差<sup>[33]</sup>。

悬吊不稳定状态还有利于解除人体的盔甲效应,充分暴露深层肌肉的“弱链接”。将悬吊“弱链接”评估与中医推拿辨证相结合,精准评估“弱链接”肌肉及其所对应的病变经络。根据弱链接测试结果选取督脉、膀胱经等行悬吊推拿手法,以疏通经络和促进气血和畅。根据中医辨证,对凹侧椎旁肌行补法推拿,利用机械力的作用改变副交感神经活动和皮质醇水平,缓解肌肉痉挛<sup>[34]</sup>,降低或消除椎体周围肌肉由于粘连、僵化所产生的对脊柱的紧固力,有利于理顺脊柱两侧软组织以及椎间关节,进一步帮助椎体回到中立位<sup>[35]</sup>。同时悬吊推拿可以产生温热效应,使凹侧局部肌肉温度升高,毛细血管扩张,血液循环加快,有利于增加凹侧肌纤维的有氧代谢,缓解肌肉的疲劳,促进肌肉纤维的重新排列<sup>[36]</sup>。相关研究显示,肌纤维类型在激素、废用、运动等因素作用下会出现转化<sup>[37]</sup>。即悬吊推拿后患者肌肉张力已降低,可改善患者紧张的状态和减轻疼痛感觉,提高患者主动训练的依从性<sup>[38]</sup>。

椎旁肌作为脊柱稳定系统中的主动肌<sup>[39]</sup>,是脊柱运动的源动力。中枢神经系统对脊柱位置的调整依赖于椎旁肌的信息传入<sup>[40]</sup>。通过仰卧位、俯卧位的中立位控制训练、使用触觉和言语的指导刺激患者位置觉的本体感觉,激活肌肉和肌腱交接处的高尔基腱器,增强 $\gamma$ 传出神经活动,提高感受器敏感性,循序渐进,重建正确的本体感觉输入和脊柱稳定前馈机制。凸侧张力负荷降低后,配合凸侧卧位的中立位闭链运动,强化凸侧椎旁肌收缩功能<sup>[41]</sup>。在悬吊辅助下建立规范活动路线保证脊柱生理承重重力线、脊柱形态学正常,进行躯干屈伸、旋转、侧屈的主动运动,引导脊柱正确运动模式的建立。椎旁肌收集脊柱位置变化的本体感觉信息并传入中枢进行分析、整合,然后由中枢系统控制椎旁肌的运动重新调整脊柱位置,阶梯递进式强化训练可以建立正确的神经-肌肉控制模式<sup>[42]</sup>。

sEMG 技术通过在皮肤表面放置电极采集并记录神经肌肉系统活动时的生物电信号,进行转化得出目标肌肉的募集能力、疲劳程度、收缩能力等特征,从而记录肌肉的活动及功能状态<sup>[43]</sup>。RMS 的大小可以反映肌肉的效能,PMSI 则可以衡量椎旁肌活动的对称性<sup>[16]</sup>。本试验结果显示,2组治疗前 PMSI  $>1$  即  $RMS_{凸} > RMS_{凹}$ ,这与之前的研究结果一致<sup>[28,44]</sup>,证明 AIS 患者两侧椎旁肌运动是不对称的。治疗后,2组 PMSI 均减小,但试验组 PMSI 更接近 1,表明悬吊推拿运动技术改善 AIS 患者椎旁肌不对称的效果优于对照组。与对照组相比,悬吊推拿运动技术的弱链接测试使治疗精准量化,提高单位治疗时间的效果,通过悬吊设备改变施治部位的力学关系,降低神经敏化及功能障碍,配合推拿手法更利于改善弱链接肌肉的物理属性,平衡脊柱凹凸两侧的表面张力,加以悬吊运动重建正确的神经-肌肉控制表达,实现脊柱正确运动和姿势控制。

本试验结果显示,2组治疗后 Cobb 角、ATR 值均有所改善,试验组 Cobb 角的改善效果优于对照组。Cobb 角作为衡量 AIS 患者的金标准,本试验证实悬吊推拿运动技术可有效改善 AIS 患者脊柱形态异常。ATR 是衡量躯干旋转畸形的量化指标,临床使用中可一定程度反映脊柱侧弯严重程度,但 ATR 值与椎体的旋转和凸侧肌肉的相对肥大有关<sup>[45]</sup>,我们通过 1 个月的治疗,可以降低 ATR 值,但肌肉的厚薄程度在短期的改变程度并不是很明显。因此,这也为我们后续治疗提供了一定的指导意义,在 Cobb 角恢复到正常范围内后,还需要进一步的巩固治疗,

以期达到更好的治疗效果。

综上所述,悬吊推拿运动技术用于治疗 AIS 患者椎旁肌不对称,较 Schroth 疗法,能充分发挥减重状态与推拿手法相结合的优势,有效降低肌肉张力,增加依从性;主动训练叠加推拿手法增强触觉刺激,更加快速激活椎旁肌功能状态,修复弱链接。因此,悬吊推拿运动技术在诱导出脊柱运动正确的神经-肌肉控制模式,有效改善椎旁肌不对称性,显著降低患者的 Cobb 角、躯干旋转度等方面具有一定优势,有较大的临床推广价值。但鉴于目前缺少大样本多中心的研究,应当在未来的研究中予以改善,以提供更有利的客观证据支持。

### 参考文献

- [1] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组. 中国青少年脊柱侧凸筛查临床实践指南及路径指引[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(23):1574-1582.  
Spine Surgery Group of the Chinese Orthopaedic Association. Clinical practice guidelines and pathway guidelines for scoliosis screening in Chinese adolescents [J]. Chin J Orthop, 2020, 40(23): 1574-1582
- [2] 赵静,张艺凡,高昇,等. 内蒙古自治区 2021 年 12 岁学生脊柱侧弯现况及相关因素分析[J]. 中国学校卫生, 2023, 44(9): 1399-1402, 1408.  
ZHAO J, ZHANG Y F, GAO S, et al. Status of scoliosis and the related factors among 12-year-old school students from Inner Mongolia Autonomous Region in 2021 [J]. Chin J Sch Health, 2023, 44(9): 1399-1402, 1408.
- [3] 乔静静,陈辉,韩霄,等. 2021 年北京市东城区中小學生脊柱侧弯患病率现状调查[J]. 首都公共卫生, 2023, 17(4):240-243.  
QIAO J J, CHEN H, HAN X, et al. Investigation on the prevalence of scoliosis among primary and middle school students in Dongcheng District of Beijing in 2021 [J]. Cap J Public Health, 2023, 17(4): 240-243.
- [4] KUZNIA A L, HERNANDEZ A K, LEE L U. Adolescent idiopathic scoliosis: common questions and answers [J]. Am Fam Physician, 2020, 101(1):19-23.
- [5] 栗刚,曾令虹,宋健. 惠州地区青少年脊柱侧弯分布特征调查[J]. 黑龙江中医药, 2021, 50(6):171-172.  
LI G, ZENG L H, SONG J. Investigation on distribution characteristics of adolescent scoliosis in Huizhou area [J]. Heilongjiang J Tradit Chin Med, 2021, 50(6): 171-172.
- [6] 李希海,陈海春. 福建省儿童青少年脊柱侧弯的现状与原因分析[J]. 福建体育科技, 2023, 42(5):38-44.  
LI X H, CHEN H C. Analysis on the present situation and causes of scoliosis in children and adolescents in Fujian Province [J]. Fujian Phys Sci Technol, 2023, 42(5): 38-44.
- [7] SHAO X X, CHEN J, YANG J F, et al. Fiber type-specific morphological and cellular changes of paraspinal muscles in patients with severe adolescent idiopathic scoliosis [J]. Med Sci Monit, 2020, 26: 924415.
- [8] FAN Y L, TO M K, YEUNG E H K, et al. Electromyographic discrepancy in paravertebral muscle activity predicts early curve progression of untreated adolescent idiopathic scoliosis [J]. Asian Spine J, 2023, 17(5):922-932
- [9] 朱安琪,吕强,苗振,等. 非手术方法治疗青少年特发性脊柱侧弯研究进展[J]. 河北中医, 2020, 42(4):622-625.  
ZHU A Q, LV Q, MIAO Z, et al. Research progress of non-surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis [J]. Hebei J Tradit Chin Med, 2020, 42(4): 622-625.
- [10] 李丽,常光哲,孙国栋,等. 中医康复临床实践指南·悬吊推拿运动技术[J]. 康复学报, 2023, 33(6):486-492.  
LI L, CHANG G Z, SUN G D, et al. Clinical practice guide of traditional Chinese medicine rehabilitation: suspension massage exercise technology [J]. Rehabil Med, 2023, 33(6): 486-492.
- [11] 王宁,丁懿,许强强,等. 悬吊推拿运动技术治疗慢性下腰痛临床研究[J]. 康复学报, 2019, 29(4):19-24.  
WANG N, DING Y, XU Q Q, et al. Clinical study on the treatment of chronic low back pain with suspension massage technique [J]. Rehabil Med, 2019, 29(4): 19-24.
- [12] 孙杰,陈贵娟,徐涵,等. 悬吊推拿运动技术对脑卒中患者核心肌群及姿势控制能力的影响[J]. 康复学报, 2022, 32(5): 441-448.  
SUN J, CHEN G J, XU H, et al. Effect of suspension massage exercise technique on core muscle mass and postural control ability of patients with stroke [J]. Rehabil Med, 2022, 32(5): 441-448.
- [13] KOTWICKI T, DURMAŁA J, CZAPROWSKI D, et al. Conservative management of idiopathic scoliosis: guidelines based on SOS-ORT 2006 Consensus [J]. Ortop Traumatol Rehabil, 2009, 11(5): 379-395.
- [14] BURGER M, COETZEE W, DU PLESSIS L Z, et al. The effectiveness of Schroth exercises in adolescents with idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis [J]. S Afr J Physiother, 2019, 75(1):904.
- [15] 李丽,于少泓,周霞,等. 中医康复临床实践指南·儿童青少年特发性脊柱侧弯[J]. 康复学报, 2023, 33(4):295-302.  
LI L, YU S H, ZHOU X, et al. Clinical practice guidelines of traditional Chinese medicine rehabilitation for idiopathic scoliosis in children and adolescents [J]. Rehabil Med, 2023, 33(4): 295-302.
- [16] 罗雪梅,黄任秀,胡怡佳,等. 不同推拿手法对青少年特发性脊柱侧凸椎旁肌表面肌电值的影响[J]. 中医外治杂志, 2022, 31(4):98-100.  
LUO X M, HUANG R X, HU Y J, et al. Effects of different massage manipulations on the surface EMG of paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Extern Ther Tradit Chin Med, 2022, 31(4): 98-100.
- [17] HE C, YANG J T, ZHENG Q, et al. How do paraspinal muscles contract during the schroth exercise treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS)? [J]. Bioengineering (Basel), 2022, 9(6):234.
- [18] JIN C, WANG S R, YANG G D, et al. A review of the methods on Cobb angle measurements for spinal curvature [J]. Sensors, 2022, 22(9):3258.

- [19] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 儿童青少年脊柱弯曲异常的筛查:GB/T 16133—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015:3.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Screening of spinal curvature abnormality of children and adolescents:GB/T 16133—2014 [S]. Beijing:Standards Press of China, 2015:3.
- [20] 赵星. 腰椎节段稳定性对NLBP躯干肌群形态机能特性与协调模式的影响[D]. 北京:北京体育大学,2014:87-91.  
ZHAO X. The effects of the lumbar segmental stability on the morphology and functional characteristics and coordination pattern of trunk muscles in people [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2014:87-91.
- [21] 关骅. 临床康复学[M]. 北京:华夏出版社,2005:227-279.  
GUAN H. Clinical rehabilitation [M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 2005:227-279.
- [22] CHOLEWICKI J, PANJABI M M, KHACHATRYAN A. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture [J]. Spine, 1997, 22(19):2207-2212.
- [23] 尹佳. 青少年特发性脊柱侧凸椎旁肌纤维转化及机制研究[D]. 上海:中国人民解放军海军军医大学,2020:14-17.  
YIN J. Study on the paraspinal muscle fiber transformation in adolescent idiopathic scoliosis and its mechanism [D]. Shanghai: People's Liberation Army Naval Medical University, 2020:14-17.
- [24] 周永德,郑斌,顾耀明,等. 脊柱侧凸症与椎旁肌病理的相关因素[J]. 中华小儿外科杂志, 2003, 24(3):211-214.  
ZHOU Y D, ZHENG B, GU Y M, et al. Related factors of scoliosis to pathological changes of paravertebral muscles [J]. Chin J Pediatr Surg, 2003, 24(3):211-214.
- [25] 杨巧华,颜滨,李征毅,等. 不同体位下青少年特发性脊柱侧凸患者椎旁肌的超声影像测量与分析[J]. 中国临床解剖学杂志, 2022, 40(6):655-659.  
YANG Q H, YAN B, LI Z Y, et al. Ultrasound imaging measurement and analysis of paravertebral muscles in adolescent patients with idiopathic scoliosis at different positions [J]. Chin J Clin Anat, 2022, 40(6):655-659.
- [26] BERRY D B, GRANT C D, FARNSWORTH C L, et al. The influence of 3D curve severity on paraspinal muscle fatty infiltration in patients with adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine Deform, 2021, 9(4):987-995.
- [27] 张宸洁,董静梅. 青少年特发性脊柱侧凸的神经-肌肉系统调控机制研究进展[J]. 中国学校卫生, 2023, 44(8):1266-1271.  
ZHANG C J, DONG J M. Research progress in mechanisms of neuromuscular system regulation in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Chin J Sch Health, 2023, 44(8):1266-1271.
- [28] CHEUNG J, HALBERTSMA J P K, VELDTHUIZEN A G, et al. A preliminary study on electromyographic analysis of the paraspinal musculature in idiopathic scoliosis [J]. Eur Spine J, 2005, 14(2):130-137.
- [29] REUBER M, SCHULTZ A, MCNEILL T, et al. Trunk muscle myoelectric activities in idiopathic scoliosis [J]. Spine, 1983, 8(5):447-456.
- [30] BUTTERWORTH T R Jr, JAMES C. Electromyographic studies in idiopathic scoliosis [J]. South Med J, 1969, 62(8):1008-1010.
- [31] 李建飞,赵红,陈前,等. 悬吊推拿运动治疗颈型颈椎病的短期效应[J]. 康复学报, 2021, 31(5):425-430.  
LI J F, ZHAO H, CHEN Q, et al. Short-term effects of sling exercise combined with massage on the treatment of neck type cervical spondylopathy [J]. Rehabil Med, 2021, 31(5):425-430.
- [32] 蒋玉梅,王健珍. 身体姿势和形体练习文献综述[J]. 西安体育学院学报, 2000, 17(1):31-33, 50.  
JIANG Y M, WANG J Z. The summary of reference documents on body position and body shape exercise [J]. J Xi'an Inst Phys Educ, 2000, 17(1):31-33, 50.
- [33] 张玉芳,李帅,刘宁,等. 青少年特发性脊柱侧弯全脊柱的有限元模态分析[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(30):4783-4787.  
ZHANG Y F, LI S, LIU N, et al. Finite element modal analysis of whole spine in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Chin J Tissue Eng Res, 2024, 28(30):4783-4787.
- [34] 李建飞,李倩,李佳璐,等. 悬吊推拿运动治疗颈型颈椎病的持续疗效[J]. 中国康复理论与实践, 2021, 27(7):834-839.  
LI J F, LI Q, LI J L, et al. Long-term effect of sling-massage exercise on cervical spondylopathy [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2021, 27(7):834-839.
- [35] 邹一鸣,赵检,白锦毅,等. 特发性脊柱侧凸的生物力学特点及治疗策略研究进展[J]. 第二军医大学学报, 2019, 40(4):356-361.  
ZOU Y M, ZHAO J, BAI J Y, et al. Biomechanical characteristics and therapy strategy of idiopathic scoliosis: research advances [J]. Acad J Second Mil Med Univ, 2019, 40(4):356-361.
- [36] 吴致力,王钰,易锦,等. 推拿对压力性尿失禁大鼠耻尾肌纤维的影响[J]. 中国中医急症, 2017, 26(7):1215-1217.  
WU Z L, WANG Z, YI J, et al. Effect of massage on pubococcygeus muscle fibers of stress urinary incontinence rats [J]. J Emerg Tradit Chin Med, 2017, 26(7):1215-1217.
- [37] SAHGAL V, SHAH A, FLANAGAN N, et al. Morphologic and morphometric studies of muscle in idiopathic scoliosis [J]. Acta Orthop Scand, 1983, 54(2):242-251.
- [38] 孙杰. 悬吊推拿运动技术对脑卒中患者躯干控制能力的影响[D]. 济南:山东中医药大学,2023:32.  
SUN J. Effect of suspension massage exercise technique on trunk control in stroke patients [D]. Jinan: Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2023:32.
- [39] PANJABI M M. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement [J]. J Spinal Disord, 1992, 5(4):383-389.
- [40] GE W Q, LONG C R, PICKAR J G. Vertebral position alters paraspinal muscle spindle responsiveness in the feline spine: effect of positioning duration [J]. J Physiol, 2005, 569(Pt 2):655-665.
- [41] 孙文琳,孟殿怀,刘阳阳,等. 悬吊运动疗法联合吸气肌力量训练对脑卒中偏瘫患者的影响[J]. 康复学报, 2021, 31(4):279-285.  
SUN W L, MENG D H, LIU Y Y, et al. Effect of sling exercise therapy combined with inspiratory muscle strength training for stroke patients with hemiplegia [J]. Rehabil Med, 2021, 31(4):

- 279-285.
- [42] 张凯,余晓琦,颜可怡,等. 本体感觉对青少年特发性脊柱侧弯的研究进展[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(15): 2599-2604.  
ZHANG K, YU X Q, YAN K Y, et al. Research progress of proprioception in adolescent idiopathic scoliosis [J]. J Mod Med Health, 2022, 38(15): 2599-2604.
- [43] 黄武杰,李雅萍,刘红,等. 慢性腰痛的表面肌电研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(7): 802-806.  
HUANG W J, LI Y P, LIU H, et al. Advance in surface electromyography for chronic low back pain (review) [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2020, 26(7): 802-806.
- [44] 王帅,王连成,张书豪,等. 青少年特发性脊柱侧凸患者凸凹侧椎旁肌肌电比值与Cobb角、顶椎偏距、冠状面平衡距离的相关性[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(9): 1402-1406.  
WANG S, WANG L C, ZHANG S H, et al. Correlation of the electromyography ratio of the paraspinal muscles on the convex and concave sides with Cobb angle, apical vertebra translation, and coronal balance distance in adolescent idiopathic scoliosis patients [J]. Chin J Tissue Eng Res, 2022, 26(9): 1402-1406.
- [45] JANKOWSKI P P, YASZAY B, CIDAMBI K R, et al. The relationship between apical vertebral rotation and truncal rotation in adolescent idiopathic scoliosis using 3D reconstructions [J]. Spine Deform, 2018, 6(3): 213-219.

## Role of Sling Tuina Exercise Technique in Improving Paraspinal Muscle Asymmetry in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis

LIU Min<sup>1</sup>, MA Zhaoshui<sup>2</sup>, XU Qiangqiang<sup>2</sup>, LI Li<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> College of Nursing and Rehabilitation, Shandong University, Jinan, Shandong 250012, China;

<sup>2</sup> The Second Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong 250001, China

\*Correspondence: LI Li, E-mail: lily.jinan@163.com

**ABSTRACT Objective** To investigate the impact of technique of sling exercise with Tuina therapy on improving paravertebral muscle asymmetry in patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS). **Methods** A total of 88 patients with AIS who met the inclusion criteria and received treatment at the Rehabilitation Department of the Second Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine from October 2021 to August 2023 were recruited for this study. They were randomly divided into control group and experimental group, with 44 cases in each group. Routine rehabilitation training was performed in the control group with reference to the German Schroth scoliosis three-dimensional corrective therapy, including manipulation to relax the concave side of the paraspinal muscles, "hip bridge", and "small swallow fly" and other strength exercises. Schroth gymnastics included "muscle column", "rotational sitting movement", "stretching exercise" with angular breathing. The experimental group was treated with sling Tuina exercise technique which mainly included adjusting the position of the spine to restore the neutral position, the methods of plucking, pressing and pushing and other techniques to act back and forth on the Governor vessel, bladder meridian and the convex-concave side of the paravertebral muscle dialectical tonifying and reducing therapy, neutral position control training in supine, prone and lateral position, trunk flexion, extension, rotation and lateral flexion closed chain movement training with the assistance of sling equipment. Before treatment and after 4 weeks of treatment, the surface electromyography (sEMG) was used to measure the paraspinal muscles of the patients during standing weight-bearing position, and the root mean square (RMS) was calculated and analyzed through the included software, and the paraspinal muscle symmetry index was calculated ( $PMSI = \frac{RMS_{convex}}{RMS_{concave}}$ ); Cobb's angle was used to assess the severity of the patients' scoliosis; and the angle of trunk rotation (ATR) was used to assess the degree of rotation of the trunk. **Results** Before treatment, the PMSI values, Cobb's angle, and ATR values of the two groups were compared, and the differences were not statistically significant ( $P > 0.05$ ). After 4 weeks of treatment, the PMSI values of the experimental group was 1.08 (1.04, 1.14), the Cobb's angle was 5 (2, 9)°, and the ATR value was 2 (1, 3)°, while the PMSI value of the control group was 1.12 (1.09, 1.17), the Cobb's angle was 8.5 (6, 10)°, and the ATR value was 2 (2, 3)°. The intra-group comparison results showed that the Cobb's angle and ATR values decreased in both groups after treatment ( $P < 0.05$ ), and PMSI values were closer to 1 ( $P < 0.05$ ). The intra-group comparison results showed that the improvement of PMSI value and Cobb's angle in the experimental group was better than that in the control group after treatment, and the PMSI value was closer to 1 in the experimental group ( $P < 0.05$ ), and the Cobb's angle was significantly lower ( $P < 0.05$ ); however, there was no statistically significant difference of the ATR value between the two groups after treatment ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** technique of sling exercise with Tuina therapy can effectively improve the asymmetry of paravertebral muscles and achieve the orthopedic purpose of reducing the Cobb's angle and trunk rotation angle of patients, which is recommended for clinical application.

**KEY WORDS** adolescent idiopathic scoliosis; technique of sling exercise with Tuina therapy; paravertebral muscles; asymmetry; surface electromyography

DOI:10.3724/SP.J.1329.2024.03007