

## 研究论著

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.01.010

## 踝足强化治疗对脑性瘫痪儿童运动功能的影响

施嘉英 彭子杰 石中嫣 吴珂慧 黄少霞 阮景颜

**【摘要】** 目的 研究脑性瘫痪儿童在踝足强化治疗下的运动功能变化情况。方法 选择80例脑性瘫痪患儿，随机分为观察组和对照组，每组各40例。予对照组患儿在神经发育疗法及运动控制理论为基础的常规运动治疗方法上增加常规躯干训练，观察组在对照组基础上予踝足强化治疗。记录2组患儿治疗前后粗大运动功能量表（GMFM-88）D区、E区评分、6 min步行实验（6-MWT）、“起立-行走”计时测定（TUGT）、儿童平衡功能量表（PBS）评分，比较2组临床疗效。结果 治疗后，2组脑性瘫痪患儿的各项观察指标均较治疗前提高（ $P$ 均 $<0.05$ ）。治疗后观察组GMFM量表E区、6-MWT、TUGT、PBS评分均优于对照组（ $P$ 均 $<0.05$ ）。结论 踝足强化治疗能够有效促进脑性瘫痪儿童运动功能恢复。

**【关键词】** 脑性瘫痪；儿童；踝足强化治疗；躯干训练；运动功能

**Impact of ankle-foot strengthening therapy on motor function in children with cerebral palsy** Shi Jiaying<sup>△</sup>, Peng Zijie, Shi Zhongyan, Wu Kehui, Huang Shaoxia, Ruan Jingyan.<sup>△</sup>Guangzhou Rehabilitation Center for the Disabled (Guangzhou Boai Hospital), Guangzhou 510630, China

Corresponding author, Ruan Jingyan, E-mail: 377727000@qq.com

**【Abstract】** **Objective** To investigate the changes of motor function in children with cerebral palsy undergoing ankle-foot strengthening therapy. **Methods** A total of 80 children with cerebral palsy were enrolled in this study, and divided into the control group ( $n = 40$ ) and observation group ( $n = 40$ ). In the control group, children received regular trunk training based on motor control theory combined with neurodevelopmental therapy, and those in the observation group received ankle-foot strengthening therapy in addition to those interventions in the control group. Pre-and post-treatment assessments including the Gross Motor Function Measure (GMFM-88) scores for Sections D and E, the 6-minute walk test (6-MWT), the Timed Up and Go Test (TUGT), and the Pediatric Balance Scale (PBS) were recorded to compare clinical efficacy between two groups. **Results** Following corresponding interventions, significant improvement was observed in all observed indexes in two groups (all  $P < 0.05$ ). Notably, children in the observation group exhibited better post-treatment scores in GMFM Section E, 6-MWT, TUGT, and PBS compared to their counterparts in the control group, with statistically significant differences (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** Ankle-foot strengthening therapy effectively promotes the recovery of motor function in children with cerebral palsy.

**【Key words】** Cerebral palsy; Child; Ankle-foot strengthening therapy; Trunk training; Motor function

脑性瘫痪（脑瘫）是由于新生儿期受到非进行性损伤而造成的综合征，主要表现为持续存在的姿势发育障碍、中枢性运动障碍以及活动受限<sup>[1]</sup>。脑瘫发病率为存活婴儿的0.20%~0.35%，其中2/5患儿不能独立行走<sup>[2]</sup>。康复训练是脑瘫临床治疗的主要方式，研究发现躯干核心稳定性训练能明显改善脑瘫患儿的躯干控制能力及粗大运动功能<sup>[35]</sup>。脑瘫患儿常伴足下垂内翻，踝、足关节控制差，常用踝足矫形器固定协助站立和行走，但长期矫

形器固定会弱化肌肉力量和本体感觉，影响患儿行走功能恢复。本研究采用踝足强化治疗脑瘫患儿，观察患儿运动功能改善情况，以期探索新的治疗方式，现总结如下。

## 对象与方法

## 一、研究对象

选择2020年6月至2022年12月在广州市残

作者单位：510630 广州，广州市残疾人康复中心（广州博爱医院）（施嘉英，彭子杰，石中嫣，吴珂慧，黄少霞）；510440 广州，广州康复实验学校（广州小儿脑性瘫痪康复研究中心）（阮景颜）

通信作者，阮景颜，E-mail: 377727000@qq.com

疾人康复中心及广州市康复实验学校治疗的脑瘫患儿。将患儿按入组顺序编号并用随机数表法分为2组。病例纳入标准：①诊断符合中国脑性瘫痪康复指南（2015）中的相关标准；②粗大运动功能分级系统（GMFCS）评级为I~Ⅲ级；③具有一定的理解能力，能够听从指令并配合训练<sup>[1]</sup>。排除标准：①存在严重骨关节疾病及关节畸形者；②存在严重视力及听力障碍者；③近半年内进行过肉毒杆菌毒素及其他手术治疗者；④不能完成12周训练者。样本量估计采用PASS软件进行操作，预计采用2样本 $t$ 检验， $\alpha=0.05$ ， $\text{power}=0.90$ ，均值参考国外文献<sup>[6]</sup>，GMFM-66得分均值预估对照组为72、观察组为75，预估标准差为3.8，得出样本含量每组应分别为35例，考虑20%的脱落率，每组设定40例，共80例，最终纳入观察组40例、对照组40例。本研究经广州市残疾人康复中心伦理委员会批准（批件号：2023-001），患儿监护人对研究均知情同意并签署知情同意书。

## 二、研究方法

### 1. 对照组

在神经发育疗法及运动控制理论为基础的常规运动治疗方法上增加躯干训练，由从事儿童物理治疗训练超过5年的治疗师选择适当的方法及实施。躯干训练主要包括背部及腹部肌群激活训练、翻身训练及坐起训练、搭桥及骨盆控制训练、四点支撑位稳定性训练、巴氏球上稳定性训练运动。训练由易到难，由稳定的平面过渡到不稳定的平面，根据患儿病情调整训练难度，主要改善患儿的躯干控制能力、稳定性及伸展性，强化骨盆的控制力。以上训练每周5次，每次40 min，连续12周。

### 2. 观察组

在对照组的治疗基础上增加踝足强化治疗，具体如下：①俯卧位，治疗师对患者胫骨前肌、腓肠肌及比目鱼肌的肌肉、肌腱处进行持续性按压，刺激患者本体感受器官，抑制牵张反射；②仰卧位，治疗师对患者腓肠肌、比目鱼肌、趾长屈肌及趾短屈肌予以牵伸，改善患者踝关节及足趾灵活性；③坐位，患儿保持屈膝曲髋 $90^\circ$ ，选用E-link评估及训练设备中的肌电生物反馈附件，训练前测定当日最大肌电范围，训练参数设置为80%肌电范围，选择起点-终点类训练游戏，此类游戏需要达到中末端方可得分，分别训练患者胫骨前肌及腓肠肌募集；④坐位，患儿保持屈膝曲

髋 $90^\circ$ ，固定患者骨盆及小腿，选用E-link评估及训练设备中的关节角度附件，训练前测定当日趾屈及背伸活动范围，训练参数设置为80%趾屈及背伸活动范围，选择控制类游戏，此类游戏需要达到范围内特定点才可得分，训练患者踝关节趾屈及背伸控制；⑤坐位，屈髋屈膝 $90^\circ$ ，单足踏于皮球上，用足控制球各方向运动，双足轮流进行；⑥站立位，患者光脚站立于地面，保持静态平衡，治疗师位于患儿后方，引导儿童重心向足跟部移动并维持，给予足跟适当应力刺激；⑦站立位，患儿双膝微屈、双足与肩等宽站于平衡板上，治疗师位于患儿后方，双手置于患儿骨盆，使平衡板前后轻微摇动，患儿尽量保持平衡；以上训练40 min/次，5次/周，连续12周。

## 三、观察指标

分别于治疗前及治疗12周后采用以下指标评价2组脑瘫患儿的运动功能：①粗大运动能量表（GMFM）D区（站立）、E区（走、跑、跳）评分，D区最高39分，E区最高72分，分数越高表明患儿的运动能力越高；②6 min步行实验（6-MWT），患儿以所能达到的最快速度沿30 m直线来回行走6 min，记录步行距离，共测量3次，取平均值；③“起立-行走”计时测定（TUGT）：患儿需要从凳子上起身，以正常速度向前行走3 m，并转身再回到椅子坐下，记录完成时间，共测量3次，取平均值；④儿童平衡量表（PBS）：包含14项关于静态及动态平衡的日常活动任务，总分56分，得分越高表明儿童平衡功能越好。

## 四、统计学处理

采用SPSS 26.0对数据进行处理。满足正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间均数采用独立样本 $t$ 检验，组内均数采用配对样本 $t$ 检验；计数资料以频数表示，无序分类资料组间比较采用 $\chi^2$ 检验，等级资料组间比较采用Wilcoxon秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、观察组与对照组脑瘫患儿的基线资料比较

2组脑瘫患儿的年龄、性别构成和GMFCS评级比较差异均无统计学意义（ $P$ 均 $> 0.05$ ）。见表1。

## 二、治疗前后观察组与对照组脑瘫患儿 GMFM-88 D 区、E 区评分比较

治疗前, 2 组脑瘫患儿 GMFM-88 量表 D 区、E 区评分比较差异均无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。治疗后, 2 组脑瘫患儿 GMFM-88 量表 D 区、E 区评分均比治疗前升高 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 其中观察组 GMFM-88 量表 E 区评分高于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 2。

## 三、治疗前后观察组与对照组脑瘫患儿的 6-MWT、TUGT、PBS 比较

治疗前, 2 组脑瘫患儿 6-MWT、TUGT、PBS 比较差异均无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。治疗后, 2 组脑瘫患儿 6-MWT、TUGT、PBS 均比治疗前改善 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 且观察组优于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

## 讨 论

步行能力的康复在脑瘫儿童的康复计划中扮

演着关键角色。步行是一种复杂的协调性运动, 由躯干、髋关节、膝关节和踝关节协同完成。脑瘫患儿通常伴随着多种障碍, 如姿势异常、运动模式异常、肌张力异常、关节活动异常、肌力下降、平衡能力障碍以及深浅感觉障碍等, 使他们的步行康复变得更为复杂。通常, 训练遵循从近到远的原则, 重点放在髋关节和膝关节的训练上。在踝关节方面, 往往从生物力学的角度去看待, 关注足部与地面接触的弹性和面积、踝关节肌张力和关节活动度, 以及踝关节滚动和蹬离的力量。因而, 在踝足方面的治疗主要采用踝足矫形器或生物力学鞋垫的方式, 纠正下肢力线, 改善踝关节活动度, 从而减少步行时能量损耗, 提高步行能力<sup>[7]</sup>。

对于踝关节形态及活动异常的儿童, 以往认为是由小腿三头肌的肌张力增高及足内在肌张力异常所导致, 造成拖曳、蹲伏、尖足等步态<sup>[8]</sup>。同时, 由于异常的足部关节活动度导致足底支撑面变窄, 使患儿需要更多地采用侧向位移代偿策略以维持行走时的稳定性<sup>[9-10]</sup>。然而也有研究者认为,

表 1 观察组与对照组脑瘫患儿的基线资料比较

组 别	例数	年龄 / 岁	性别 / 例		GMFCS 评级 / 例		
			男	女	I	II	III
观察组	40	9.05 ± 2.43	25	15	15	17	8
对照组	40	8.45 ± 1.89	20	20	8	22	10
$t$ 值		-1.236		1.270		-1.431	
$P$ 值		0.220		0.260		0.153	

表 2 治疗前后观察组与对照组脑瘫患儿 GMFM 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组 别	例数	D 区得分		E 区得分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	40	26.20 ± 7.02	30.43 ± 7.33 <sup>a</sup>	28.53 ± 5.41	37.78 ± 6.04 <sup>a</sup>
对照组	40	24.25 ± 6.22	29.03 ± 4.14 <sup>a</sup>	27.35 ± 6.46	35.23 ± 4.47 <sup>a</sup>
$t$ 值		-1.320	-1.050	-0.882	-2.146
$P$ 值		0.192	0.296	0.381	0.035

注: 与组内治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

表 3 2 组脑瘫患儿治疗前后 6-MWT、TUGT 及 PBS 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组 别	例数	6-MWT/m		TUGT/s		PBS/ 分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组	40	105.90 ± 20.58	131.23 ± 20.11 <sup>a</sup>	27.75 ± 5.60	18.35 ± 6.11 <sup>a</sup>	23.70 ± 3.98	27.43 ± 3.82 <sup>a</sup>
对照组	40	111.60 ± 19.01	122.33 ± 19.61 <sup>a</sup>	28.68 ± 7.15	22.04 ± 4.73 <sup>a</sup>	23.90 ± 3.48	25.73 ± 3.55 <sup>a</sup>
$t$ 值		1.287	-2.011	0.644	3.019	0.239	-2.063
$P$ 值		0.202	0.048	0.521	0.003	0.811	0.042

注: 与组内治疗前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

小腿三头肌的挛缩程度与步行能力无关<sup>[11]</sup>。有综述报道应用矫形器的方式虽然能够改善脑瘫儿童步态等能力,但踝关节活动度未见明显改善<sup>[12]</sup>。相反, Balzer 等<sup>[13]</sup>认为, 下肢及踝关节的选择性控制能力及周围的力量是脑瘫患儿步行能力的有效预测因素。王雪森等<sup>[14]</sup>也认为, 背屈肌群的力量可以作为评估脑瘫儿童步行能力的敏感性指标。因此, 提高踝关节周围的力量及控制能力十分重要。

此外, 关节的位置觉、振动觉及两点辨别觉在脑瘫儿童的步行、平衡及姿势控制能力中也起到重要作用<sup>[15-16]</sup>。长时间使用踝足矫形器会进一步限制足部肌力、本体感觉、控制能力的发展<sup>[17]</sup>。有研究表明, 脑瘫患儿在挑战平衡的环境中可能主要依赖于其视觉和前庭系统的反馈<sup>[18]</sup>。研究证实, 重复、有节律的本体感觉输入能够改善肌肉和关节本体感受器的敏感性, 提高本体感觉传导通路的输入, 可通过脊髓神经通路诱发神经可塑性, 改善肌肉协同收缩能力, 提高身体稳定性<sup>[19-21]</sup>。因此, 提高踝关节周围的本体感觉输入也十分必要。

在中枢整合方面, 也有研究认为脑瘫患儿的上行传导束受损程度与功能障碍程度相关, 而且随着长期的使用, 初级感觉皮层的功能重组, 引起异常的躯体感觉输入的整合, 从而影响脑瘫患儿的功能表现<sup>[22-24]</sup>。因而, 正确的感觉及运动模式的输入对于脑瘫患儿步行能力恢复也具有重要的作用。

本研究采用踝关节控制训练、踝关节周围力量训练、本体感觉输入训练、平衡控制训练对脑瘫患儿进行踝足功能强化训练。结果显示, 与对照组相比, 治疗后观察组 GMFM 量表 E 区评分、6-MWT、TUGT、PBS 评分均优于对照组, 提示观察组患儿的站立行走能力、行走时的静态稳定性、动态稳定性、行走时的速度及耐力均比对照组提高。在笔者的平时观察中, 观察组患儿在行走过程中向前摔跌的次数减少, 稳定性得到改善, 完成坐位及站位下各项任务的能力得到提高。患儿还能通过正确运动模式的输入以及反复练习, 使中枢神经系统学习各肌群间的协同运动, 纠正异常运动姿势, 促进步行模式的改变, 有助于改善其姿势控制能力, 增强重心转移能力和平衡功能。

综上所述, 踝足强化治疗提升脑瘫患儿的运动功能, 加快了其步行速度, 值得在临床推广应用。

## 参 考 文 献

- [1] 中国康复医学会儿童康复专业委员会, 中国残疾人康复协会小儿脑性瘫痪康复专业委员会, 《中国脑性瘫痪康复指南》编委会. 中国脑性瘫痪康复指南(2015): 第一部分 [J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(7): 747-754.  
The Children's Rehabilitation Professional Committee of the Chinese Rehabilitation Medical Association, the Children's Cerebral Palsy Rehabilitation Professional Committee of the Chinese Disabled Persons' Rehabilitation Association, and the editorial board of the Chinese Guidelines for Cerebral Palsy Rehabilitation. Guidelines for rehabilitation of cerebral palsy in China(2015): part I [J]. Chin J Rehabil Med, 2015, 30(7): 747-754.
- [2] 中华医学会儿科学分会康复学组. 儿童脑性瘫痪运动障碍的康复建议 [J]. 中华儿科杂志, 2020, 58(2): 91-95.  
Rehabilitation Group of Pediatric Branch of Chinese Medical Association. Rehabilitation strategy and recommendation for motor dysfunction in children with cerebral palsy [J]. Chin J Pediatr, 2020, 58(2): 91-95.
- [3] 康贝贝, 徐磊, 卢明甲, 等. 儿童悬吊训练系统对脑瘫儿童躯干控制及粗大运动功能的影响 [J]. 中国儿童保健杂志, 2017, 25(9): 891-893.  
Kang B B, Xu L, Lu M J, et al. Effect of children's sling exercise training system on trunk control and gross motor function in children with cerebral palsy [J]. Chin J Child Health Care, 2017, 25(9): 891-893.
- [4] 石中嫣, 刘晓秀, 吴珂慧. 核心肌群激活联合躯干训练对小儿脑性瘫痪运动功能的影响 [J]. 新医学, 2021, 52(3): 208-211.  
Shi Z Y, Liu X X, Wu K H. Effect of core muscle group activation combined with trunk control training on motor function of children with cerebral palsy [J]. J New Med, 2021, 52(3): 208-211.
- [5] 何凤翔, 徐艳, 谢文龙. 强化前馈控制结合躯干训练对小儿脑瘫运动功能及日常生活活动能力的影响 [J]. 中国康复, 2017, 32(5): 358-361.  
He F X, Xu Y, Xie W L. Effects of enhanced feedforward control combined with trunk control training on motor function and activities of daily living in patients with cerebral palsy [J]. Chin J Rehabil, 2017, 32(5): 358-361.
- [6] Rosenbaum P L, Walter S D, Hanna S E, et al. Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves [J]. JAMA, 2002, 288(11): 1357-1363.
- [7] 孔亚敏, 李华伟, 谢克功, 等. 生物力学矫形鞋垫对痉挛型脑性瘫痪足外翻患儿下肢功能及步态的影响 [J]. 中国儿童保健杂志, 2021, 29(11): 1161-1166.  
Kong Y M, Li H W, Xie K G, et al. Effect of biomechanics correction insole on lower limb function and gait of spastic cerebral palsy children with hallux valgus [J]. Chin J Child Health Care, 2021, 29(11): 1161-1166.

- [8] 王仪, 张跃. 痉挛型脑瘫神经肌肉功能对步态的影响及针对性干预的研究进展[J]. 中国康复理论与实践, 2021, 27(3): 310-315.  
Wang Y, Zhang Y. Advance in neuromuscular function of spastic cerebral palsy for gait and targeted intervention (review) [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2021, 27(3): 310-315.
- [9] 胡晓丽, 王雪峰, 韩洋. 基于三维步态系统分析中医疗法对痉挛型脑性瘫痪步态时空参数的影响[J]. 中国中西医结合儿科学, 2018, 10(4): 300-303.  
Hu X L, Wang X F, Han Y. Analysis of the effect of TCM therapy on the temporal and spatial parameters of the gait in spasmodic cerebral palsy based on 3Dgait system [J]. Chin Pediatr Integr Tradit West Med, 2018, 10(4): 300-303.
- [10] Pasin Neto H, Grecco L A C, Ferreira L A B, et al. Postural insoles on gait in children with cerebral palsy: Randomized controlled double-blind clinical trial [J]. J Bodyw Mov Ther, 2017, 21(4): 890-895.
- [11] 陈柏松, 应灏, 陈梦婕. 不同运动功能分级脑瘫患儿步态分析中时-空与运动学参数的对比研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2022, 21(6): 510-515.  
Chen B S, Ying H, Chen M J. Analysis of spatiotemporal and kinematic parameters in gait analysis of children with cerebral palsy with different motor function grades [J]. J Clin Pediatr Surg, 2022, 21(6): 510-515.
- [12] 刘港, 马超, 汪乐, 等. 踝足矫形器改善脑性瘫痪儿童运动功能: 12项随机对照试验证据的Meta分析[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(8): 1299-1304.  
Liu G, Ma C, Wang L, et al. Ankle-foot orthoses improve motor function of children with cerebral palsy: a meta-analysis based on 12 randomized controlled trials [J]. Chin J Tissue Eng Res, 2022, 26(8): 1299-1304.
- [13] Balzer J, Marsico P, Mitteregger E, et al. Influence of trunk control and lower extremity impairments on gait capacity in children with cerebral palsy [J]. Disabil Rehabil, 2018, 40(26): 3164-3170.
- [14] 王雪森, 闫松华, 郑华, 等. 痉挛型脑瘫儿童步态运动学特征[J]. 医用生物力学, 2018, 33(5): 459-464.  
Wang X S, Yan S H, Zheng H, et al. Kinematic characteristics of gait for children with spastic cerebral palsy [J]. J Med Biomech, 2018, 33(5): 459-464.
- [15] Zarkou A, Lee S C K, Prosser L, et al. Foot and ankle somatosensory deficits in children with cerebral palsy: a pilot study [J]. J Pediatr Rehabil Med, 2021, 14(2): 247-255.
- [16] Zarkou A, Lee S C K, Prosser L A, et al. Foot and ankle somatosensory deficits affect balance and motor function in children with cerebral palsy [J]. Front Hum Neurosci, 2020, 14: 45.
- [17] Contini B G, Bergamini E, Alvini M, et al. A wearable gait analysis protocol to support the choice of the appropriate ankle-foot orthosis: a comparative assessment in children with Cerebral Palsy [J]. Clin Biomech, 2019, 70: 177-185.
- [18] Yu Y, Tucker C A, Lauer R T, et al. Influence of visual dependence on inter-segmental coordination during upright stance in cerebral palsy [J]. J Mot Behav, 2020, 52(3): 249-261.
- [19] Hughes C M L, Tommasino P, Budhota A, et al. Upper extremity proprioception in healthy aging and stroke populations, and the effects of therapist- and robot-based rehabilitation therapies on proprioceptive function [J]. Front Hum Neurosci, 2015, 9: 120.
- [20] Alam M M, Khan A A, Farooq M. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: a literature review [J]. Work, 2018, 59(4): 571-583.
- [21] Lopez S, Bini F, Del Percio C, et al. Electroencephalographic sensorimotor rhythms are modulated in the acute phase following focal vibration in healthy subjects [J]. Neuroscience, 2017, 352: 236-248.
- [22] Papadelis C, Butler E E, Rubenstein M, et al. Reorganization of the somatosensory cortex in hemiplegic cerebral palsy associated with impaired sensory tracts [J]. Neuroimage Clin, 2018, 17: 198-212.
- [23] Tamè L, Pavani F, Papadelis C, et al. Early integration of bilateral touch in the primary somatosensory cortex [J]. Hum Brain Mapp, 2015, 36(4): 1506-1523.
- [24] Tamè L, Braun C, Holmes N P, et al. Bilateral representations of touch in the primary somatosensory cortex [J]. Cogn Neuropsychol, 2016, 33(1-2): 48-66.

(收稿日期: 2023-07-21)

(本文编辑: 林燕薇)