

·临床研究·

# 助行电刺激协同头针对痉挛型脑性瘫痪患儿行走功能及足底压力影响的对照研究\*

章马兰<sup>1</sup> 周园<sup>2</sup> 姚宝滢<sup>1</sup> 程吉祥<sup>2</sup> 林晓宏<sup>2</sup> 李诺<sup>2,3</sup>

## 摘要

**目的:**观察助行功能性电刺激(functional electrical stimulator, FES)协同头针对痉挛型脑性瘫痪(脑瘫)患儿行走功能及足底压力的影响。

**方法:**将40例痉挛型脑瘫患儿随机分为试验组(FES组联合头针)20例和对照组(头针组)20例。前者采用FES治疗协同头针和常规康复治疗,头针组给予头针和常规康复治疗。FES隔日治疗1次,每次20min,10次为1个小疗程,共治疗1个小疗程。采用10m步行速度、粗大运动功能测试(GMFM-88)、足底压力测试评价患儿治疗前后行走功能和足底压力的变化。

**结果:**与治疗前相比,试验组患儿治疗后GMFM-88中的C评分、E评分和总分均有提高,10m步行速度增加,左右足底压力偏差减少,差异均有显著性意义( $P<0.05$ );对照组治疗后患儿GMFM-88中的E评分和总分有提高,差异有显著性意义( $P<0.05$ )。与对照组比较,治疗后试验组GMFM-88中的E评分和总分升高明显,10min步行速度增加显著,差异有显著性意义( $P<0.05$ ),两组治疗后左右脚足底压力偏差和身体重心移动范围差异无显著性意义。

**结论:**肢体FES协同头针治疗有助于提升痉挛型脑瘫患儿的康复效果,改善行走功能和足底压力。

**关键词** 功能性电刺激;头针;儿童;脑性瘫痪;痉挛型偏瘫;运动功能

**中图分类号:**R742.3,R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2024)-04-0494-06

**A comparative study on effects of portable functional electrical stimulator combined with scalp acupuncture on walking function and plantar pressure in children with spastic cerebral palsy/ZHANG Malan, ZHOU Yuan, YAO Baoying, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2024, 39(4):494—499**

## Abstract

**Objective:** To observe the clinical effect of portable functional electrical stimulator (FES) combined with scalp acupuncture therapy on walking function and plantar pressure in children with spastic cerebral palsy.

**Method:** Total 40 children with spastic cerebral palsy were divided into experimental group (FES combined with scalp acupuncture group) and control group (scalp acupuncture group), with 20 cases in each group. The former was treated with scalp acupuncture combined with FES and conventional rehabilitation treatment. The control group was given scalp acupuncture and conventional rehabilitation treatment. FES was treated once every other day, 20 minutes each time, 10 times for a small course of treatment, 1 small course in total. 10-meter walking speed, gross motor function test (GMFM-88) and plantar stress test scores were observed to evaluate the changes of walking function and plantar pressure before and after treatment.

**Result:** After treatment, the C score, E score and total score of GMFM-88 in experimental group were increased, the 10-meter walking speed was increased, the deviation of left and right plantar pressure was decreased, and the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ). After treatment, the E score and total score

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2024.04.006

\*基金项目:国家自然科学基金项目(72104060);广东省中医药管理局项目(20202142)

1 广州体育学院,广州市,510500; 2 广州中医药大学附属南海妇儿医院; 3 通讯作者

第一作者简介:章马兰,女,副主任医师; 收稿日期:2023-12-30

of GMFM-88 in the control group were also increased with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). Compared with the control group, the E score, the total score of GMFM-88 and 10min walking speed in the experimental group were significantly increased after treatment, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). However, there was no statistically significant difference in the left and right foot plantar pressure deviation and body weight movement range between the two groups after treatment ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion:** The combination of limb FES and scalp acupuncture can improve the rehabilitation effect, walking function and plantar pressure in children with spastic hemiplegia to some extent.

**Author's address** Guangzhou Sport University, Guangzhou, 510500

**Key word** portable functional electrical stimulation; head needle; children; cerebral palsy; spastic hemiplegia; motor function

脑性瘫痪(cerebral palsy, CP,以下简称脑瘫),是因发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤引起,常伴随感觉、认知、交流、感知、行为障碍、癫痫及继发性肌肉骨骼障碍<sup>[1]</sup>。最新报道显示我国0—18岁脑瘫的发病率在2.07%<sup>[2]</sup>,是儿童致残的主要疾病之一,给家庭及社会造成沉重的负担。脑瘫最常见的类型为痉挛型<sup>[3]</sup>,表现为上肢屈肌及下肢伸肌、内收肌肌张力升高,伴随髋关节内收、内旋、尖足、足内外翻等一系列症状<sup>[4]</sup>。患儿因足部畸形、足下垂导致前后足、左右足压力分布不均<sup>[5]</sup>,严重影响患儿下肢运动功能及生活自理能力<sup>[6]</sup>。

早期康复治疗能明显改善患儿的预后及长期生活质量,降低致残率<sup>[7]</sup>。目前治疗脑瘫伴下肢功能障碍的方法虽然较多,但由于肢体康复训练等治疗起效慢,周期长,而药物治疗、选择性脊神经切断术等疗效不确切<sup>[8-9]</sup>,肉毒毒素注射存在价格昂贵、接受度低的问题<sup>[10]</sup>,因此,探索有效、便捷的治疗方法仍是脑瘫康复的研究热点。近年来功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)等助行电刺激技术广泛应用于脑瘫下肢障碍的康复治疗,并取得了良好的效果。研究证实,FES可显著改善痉挛型脑瘫肢体的功能,提高患儿行走能力<sup>[11]</sup>。多通道电刺激助行仪是基于正常人体的行走时序,采用非同步的刺激方式刺激多组肌群,使瘫痪下肢产生行走的动作,该刺激模式符合功能性活动的要求,能更好地改善瘫痪肢体的运动功能<sup>[12]</sup>。此外,中医头针疗法操作简单,经济实用、毒副作用少,可通过调节患儿大脑皮质的活动,改善其下肢的运动控制<sup>[13]</sup>。基于目前采用FES治疗协同头针疗法儿童痉挛型偏瘫的研究报告甚少,本研究拟采用“脑-肢协同治疗”

的模式<sup>[14]</sup>,应用瘫痪下肢FES治疗同步联合头针,观察两者协同治疗对痉挛型脑瘫儿童下肢行走功能和足底压力的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象与分组

**1.1.1 研究对象:** 本研究对象为2022年3—10月期间在广州中医药大学附属南海妇儿医院门诊及住院部治疗的脑瘫患儿,所有受试者治疗前均由父母代为签署知情同意书。本研究通过了相关医院伦理委员会批准(批号:2019-218)。

**1.1.2 纳入标准:** 符合中国脑性瘫痪康复指南关于脑瘫及痉挛型偏瘫诊断标准<sup>[15]</sup>;符合中医肝强脾弱辨证分型标准<sup>[16]</sup>;年龄在2—6周岁;生命体征平稳,无进展性神经系统症状;具备独自行走或辅助行走能力。

**1.1.3 排除标准:** 伴视、听觉及严重的智力障碍影响康复测评的患儿;自发性出血倾向者;电极片或碘过敏者;下肢有骨折未愈者;感觉障碍、癫痫或严重心肺疾患;有磁共振检查禁忌者;针刺晕针者;不能够坚持治疗或接受其它治疗者。

**1.1.4 剔除及脱落标准:** 受试者依从性差;中途自动终止治疗;不愿意继续进行临床试验;出现血肿等意外事件经过评估需要停止试验。

**1.1.5 分组方法:** 入选患儿运用Minimize软件分层后随机分为试验组(头针+FES组)和对照组(头针组),每组20例。试验组在常规治疗的基础上采取FES治疗同步头针治疗;对照组在常规治疗的基础上采用头针治疗。

### 1.2 干预方案

**1.2.1 基础康复治疗:**两组均接受基础康复治疗,包括运动疗法、作业疗法、言语治疗、音乐心理治疗、脑瘫认知康复训练。

**1.2.2 头针治疗:**根据焦氏头针定位法<sup>[17]</sup>,并结合文献报告和临床经验<sup>[8,19]</sup>取穴病灶侧头针运动1区、运动2区、足运感区以及双侧平衡区,常规消毒后选用1.5寸盘龙针,各穴进针1.0—1.5寸,得气后留针2h,每半小时捻针1次,频率200r/min。隔日治疗1次,10次为1个小疗程<sup>[18]</sup>,共治疗1个小疗程。

**1.2.3 同步下肢FES治疗:**头针留针期间同步下肢FES治疗。采用助行FES治疗仪(广州凡科医疗设备有限公司,型号P2-9632,易善行,中国广州)<sup>[20]</sup>,刺激电极分别置于患侧下肢胫前肌、股四头肌、腓肠肌及股二头肌运动点部位。用机器自带的运动点定位笔,在患儿下肢上述4组肌群肌腹部位选取肌肉收缩最强点标记运动点。股四头肌、股二头肌和腓肠肌3组肌群运动点采用4cm×4cm电极;胫前肌运动点采用3cm×3cm电极。FES治疗参数为双向对称方波,频率30Hz,脉宽200ms为固定参数,步行周期通过放置在患儿足底的触发开关来控制,并随患儿行走功能的改善而适时调整。隔日治疗1次,每次20min,10次为1个小疗程,共治疗1个小疗程,治疗可在家属辅助下实施。

**1.3 疗效指标**

**1.3.1 粗大运动功能评定<sup>[21]</sup>:**采用粗大运动功能评定量表(gross motor function measure-88,GMFM-88)评分,总计88项,4级评分,每项2分,分为A、B、C、D、E 5个维度,分别对应卧位和翻身、坐位、跪和爬、立位和行走、跑和跳等5个方面的功能。

**1.3.2 10m步行速度测试<sup>[22]</sup>:**记录患儿在一条10m步道上快速行走所需要的时间(s),检查者从10m终端处开始记时,至患儿两脚后跟都走出0处标记结束计时。测试3次,取最好一次作为测试结果。

**1.3.3 足底压力测试<sup>[23]</sup>:**采用GaitView-Pro 2.0足底压力测试仪,检查前患儿先放松休息5min,然后裸足站立在测试区域,双手自然下垂,双眼平视前方,测试时间为10s,通过测试仪采集能够分析静态(立位)足底压力值。主要观测参数为左右足底压力偏差及重心移动范围,前者可以反映偏瘫患儿足底压力改善情况,后者可以反映患儿站立位的重心稳

定。全部患儿均在治疗前、治疗后由专业评估人员各开展足底压力测试1次。

**1.4 安全性评估**

本次研究中注意观察患儿针刺过程中是否有头晕、心慌、呕吐、胸闷等不良反应情况出现,并及时记录和处理。

**1.5 统计学分析**

用SPSS 20.0统计软件分析,符合正态分布的计量指标,组内比较采用配对t检验,组间比较采用独立样本t检验;不符合正态分布的计量指标,组内比较采用配对Wilcoxon检验,组间比较采用Mann-Whitney U检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

**2 结果**

**2.1 两组患儿一般资料比较**

本研究共纳入42例患儿,其中试验组2例因中途出院退出研究,实际完成研究40例,试验组和对照组各20例,过程中并无头晕、心慌、呕吐、胸闷等不良反应情况出现。两组患儿性别、年龄、肌张力及GMFCS一般资料比较,差异均无显著性意义( $P>0.05$ ),具有可比性,见表1。

**2.2 两组患儿治疗前后GMFM-88评分比较**

治疗前,两组患儿GMFM-88中的总分及A、B、C、D评分,差异均无显著性意义( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后试验组患儿C、E评分、GMFM-88总分提高,差异有显著性意义( $P<0.05$ ),对照组患儿E评分、GMFM-88总分提高,差异有显著性意义( $P<0.05$ )。治疗后组间比较,试验较对照组的E评分和GMFM-88总分升高,差异有显著性意义( $P<0.05$ ),见表2。

**2.3 两组患儿10m步行速度、足底压力偏差、身体重心移动范围比较**

治疗前,两组患儿10m步行速度、左右脚足底压力偏差和身体重心移动范围比较,差异无显著性意义( $P>0.05$ )。与治疗前比较,治疗后试验组10min步

表1 两组痉挛型偏瘫患儿一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 ( $\bar{x}\pm s$ ,月)	MAS(例)		GMFCS(例)	
		男	女		1	1 <sup>+</sup>	1	2
试验组	20	12	8	49.4±13.1	10	10	14	6
对照组	20	10	10	52.5±15.5	11	9	12	8

注:MAS:改良Ashworth痉挛量表;GMFCS:粗大运动功能分级。

行速度、左右足底压力偏差,差异有显著性意义( $P<0.05$ ),试验组重心移动范围及对照组各相应指标差异均无显著性意义( $P>0.05$ );治疗后组间比较,试验

组较对照组的10min步行速度增加,差异有显著性意义( $P<0.05$ ),左右脚足底压力偏差和身体重心移动范围差异无显著性意义( $P>0.05$ ),见表3。

表2 两组患儿GMFM-88评分比较

组别及时间	例数						总分
		A 卧位和翻身	B 坐位	C 爬和跪	D 站位	E 走、跑、跳	
试验组	20						
治疗前		94.1±5.6	93±3.9	90.2±8.5	78.7±11.7	66.9±20.5	84.5±8.9
治疗后		96.1±3.8	94.8±3.6	92.4±7.5 <sup>①</sup>	84.5±11.9	71.8±19.6 <sup>②③</sup>	88.0±8.6 <sup>③</sup>
对照组	20						
治疗前		93.3±6.3	90.2±5.9	76.6±22.3	72.7±20.6	42.5±19.6 <sup>①</sup>	74.5±12.1 <sup>①</sup>
治疗后		95.0±5.1	90.8±5.9	78.5±21.3	75.1±22.3	48.5±18.6	76.8±12.3

注:与本组治疗前比较:① $P<0.05$ ,② $P<0.01$ ;与对照组比较,③ $P<0.05$ 。

表3 两组患儿10m步行速度、足底压力偏差、身体重心移动范围比较

组别及时间	例数			
		10m速度 (s)	足底压力偏差 (%)	重心移动范围 (cm <sup>2</sup> )
试验组	20			
治疗前		20.7±5.8	30.3±9.0	13.0±11.8
治疗后		19.9±5.3 <sup>①③</sup>	14.0±10.3 <sup>②</sup>	4.5±4.6
对照组	20			
治疗前		17.7±7.9	25.6±10.1	8.1±10.5
治疗后		15.4±3.7	19.7±14.3	8.4±8.8

注:与本组治疗前比较:① $P<0.05$ ,② $P<0.01$ ;与对照组同时时间点比较,③ $P<0.05$ 。

### 3 讨论

国内痉挛型脑瘫占58.85%,是最常见的脑瘫类型<sup>[24]</sup>;与国外报告的痉挛型脑瘫占59.8%基本一致,其中痉挛型偏瘫占10.4%<sup>[25]</sup>。本研究采用便携式助行电刺激仪协同头针治疗痉挛型脑瘫儿童,其研究假设是采用下肢助行FES对偏瘫下肢进行治疗,并通过头针促进功能脑区激活,提高神经可塑性,实现肢体FES与脑部头针治疗之间的有机结合,以强化感觉与运动控制模式对中枢的正性反馈与输入,促进脑功能的重塑,从而为痉挛型脑瘫患儿下肢功能康复提供更为高效的治疗方案。本研究结果显示,FES治疗协同头针在改善患儿走跑跳功能及粗大运动功能总分效果显著;同时,两者协同治疗也改善了患儿的10min步行速度。试验组治疗前后左右足底压力偏差改善显著,提示两者协同治疗对改善痉挛型偏瘫足底压力有一定临床作用,这可能和头针及FES协同治疗可降低痉挛肌肌张力、加强肌肉力量和平衡能力从而改善足底压力的分布有关<sup>[26]</sup>。

FES是利用一定强度的低频脉冲电流,通过预

先设定的程序来刺激一组或多组肌肉,诱发肌肉运动或模拟正常的运动,以达到改善或恢复被刺激肌肉或肌群功能的目的<sup>[27]</sup>。在应用时要求被刺激的肢体具备完整的神经传导通路,它会对完整的运动神经施加短脉冲,以向目标肌肉传播动作电位,从而产生即刻的功能性活动,可运用于由中枢神经系统(脑和脊髓)损伤所导致的运动障碍<sup>[28]</sup>。国内外用于治疗中枢神经损伤后下肢运动功能障碍的FES治疗仪,多以单一通道或双通道为主,工作时只能刺激一组或两组肌群,产生单一方向、单一关节的活动,但并不是按照正常的行走模式进行刺激,功能过于单一,效果不理想,不能满足患儿的需求<sup>[29]</sup>。中山大学孙逸仙纪念医院燕铁斌教授团队研发的基于正常行走模式的四通道功能性电刺激仪,临床研究证明可促进脑损伤后的大脑功能重组,改善偏瘫肢体的运动功能<sup>[12,20,30]</sup>。

痉挛型脑瘫属“五硬”范畴,病机为肝脾肾脏腑阴液亏虚,筋失所养,脑失所充,水不涵木,肝风内生,发病为肢体拘挛强硬、活动不灵。头部输穴与全身各脏腑经络均有紧密的联系,是经气汇聚之所,《素问·脉要精微论》中就指出“头者精明之府”、“五脏六腑之精气皆上注头”、“头为诸阳之会”。头部穴位与各经络脏腑经气皆有联系,因此,通过刺激头部穴位可调动五脏六腑之精气,对全身各脏腑经络的病变起到治疗调节作用。头针学派很多,其中焦氏头针主要依据现代神经生理学中大脑皮层的功能分区在体表的投影,将头穴分为13个区,各头穴区根据其主治功能进行命名,包括运动区、感觉区、足运

感区、平衡区、血管舒缩区等,各区所主治病症与该区头皮位置下的皮层区域所主管的功能相对应。目前文献报告头针可改善脑损伤后的可能机制为<sup>[31-32]</sup>:①针刺治疗激活大脑皮质特定运动功能区域。②针刺可抑制炎症反应和氧化应激损伤,抑制细胞凋亡,促进中枢神经功能恢复。③针刺促进内源性神经干细胞的增殖与分化,促进脑功能重塑。④针刺治疗改善大脑皮质运动功能区血液循环,局部血流的增加有利于营养物质的供应、代谢物质的清除,促进神经细胞的合成功能和其修复。⑤针刺可以改善脑部能量代谢,而促进脑功能恢复。

“脑-肢协同治疗”模式将下肢功能的康复从单纯的治疗肢体向脑和肢体同时治疗转变<sup>[33]</sup>。FES主要是利用脑的可塑性和运动再学习理论,刺激瘫痪肢体产生一种主动、复性、具有任务导向性和近于正常运动模式的活动,以促进大脑功能的重组,改善瘫痪肢体的运动功能<sup>[34]</sup>。而“本研究采用脑-肢协同治疗”,将FES和头针协同应用,可一定程度提高痉挛型脑瘫儿童的行走能力以及改善其足底压力,可为临床脑瘫儿童治疗提供新思路。

本研究的创新点:①目前有关脑瘫FES治疗的报道中,采用基于正常行走模式的四通道助行电刺激仪的报道较少,相比传统的单一通道或双通道的FES治疗,助行电刺激仪能更全面地刺激步行过程中相应肌肉群,产生更接近正常行走模式的刺激,从而更有效地改善脑瘫患儿的下肢运动功能。②在脑瘫的中西医结合康复研究中,头针的报道较多,但同步FES治疗的报道较少,两者结合能较好地贯彻“脑-肢协同治疗”理念,为临床治疗痉挛型脑瘫患儿提供了新的思路和手段。

本研究的不足:受疫情影响,医院脑瘫患儿减少,本研究采集的病例数有限,治疗观察时间偏短,仅1个小疗程,后续可进一步扩大样本量开展对应研究;此外,本研究未涉及影像学等检查探讨头针联合FES治疗的作用机制,需要今后进一步开展相关研究。

### 参考文献

[1] 赵会玲,刘玲,冯欢欢,等. 2021年Developmental Medicine & Child Neurology《改善脑性瘫痪儿童和青少年身体功能的干预措施:国际临床实践指南》中国专家解读[J]. 中国实用儿科杂志, 2022, 37 (3): 169—175+220.

[2] Yang S, Xia J, Gao J, et al. Increasing prevalence of cerebral palsy among children and adolescents in China 1988—2020: A systematic review and meta-analysis[J]. J Rehabil Med, 2021, 53(5): 1—10.

[3] Paul S, Nahar A, Bhagawati M, et al. A review on recent advances of cerebral palsy[J].Oxid Med Cell Longev, 2022, 2022: 2622310.

[4] 张玮琪,徐森,张桂琴. 脑性瘫痪临床分型观察及初探[J]. 按摩与康复医学, 2022, 13 (24): 17—19.

[5] Chow TH. Traceable features of static plantar pressure characteristics and foot postures in college students with hemiplegic cerebral palsy[J]. J Pers Med, 2022, 12 (3):1—17.

[6] Otjen J, Menashe SJ, Maloney E, et al. Foot and ankle musculoskeletal imaging of pediatric patients with cerebral palsy[J]. Am J Roentgenol, 2020, 214(6): 1389—1397.

[7] Hielkema T,Boxum AG,Hamer G,et al. LEARN 2 MOVE 0—2 years, a randomized early intervention trial for infants at very high risk of cerebral palsy: family outcome and infant's functional outcome[J]. Disabil Rehabil, 2019, 42 (26): 3762—3770.

[8] Merckx L, Poncelet F, De Houwer H, et al. Upper-extremity spasticity and functionality after selective dorsal rhizotomy for cerebral palsy: a systematic review[J]. J Neurosurg Pediatr, 2023,32(6):673—685.

[9] Liguori S, Young VM, Arienti C, et al. Overview of Cochrane systematic reviews for rehabilitation interventions in individuals with cerebral palsy: a mapping synthesis[J]. Dev Med Child Neurol, 2023, 65 (10): 1280—1291.

[10] Kumar D, Kumar R, Mudgal SK, et al. The effects of botulinum toxin and casting in spastic children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis[J]. Cureus, 2023, 15(3): e36851.

[11] Zhu Q, Gao G, Wang K, et al. Effect of functional electrical stimulation on gait parameters in children with cerebral palsy: a meta-analysis[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 3972958.

[12] 郑修元,陈汉波,吕晓,等. 经颅直流电刺激同步多通道功能性电刺激对脑卒中偏瘫患者平衡与行走功能影响的研究[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36 (7): 1220—1226.

[13] 许金波,童光磊. 头针治疗痉挛型脑性瘫痪疗效观察及机制研究[J]. 中国针灸, 2023, 43 (2): 163—169.

[14] 燕铁斌. 积极开展“脑-肢协同治疗技术”的临床应用研究[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(10): 1195—1197.

[15] 唐久来,秦炯,邹丽萍,等. 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.

[16] 王雪峰. 中西医结合儿科学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2021: 176.

[17] 焦顺发. 头针[M]. 太原: 山西人民出版社, 1982: 88—93.

[18] 金炳旭,符文杰,钱旭光,等. 基于正交设计的不同头针方案的脑性瘫痪临床疗效研究[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30 (6): 591—593.

[19] 张一丹,马凌慧,马良宵,等. 基于关联规则与复杂网络探讨

- 针灸治疗痉挛型脑瘫的处方规律[J]. 中国医药导报, 2023, 20(5): 24—27+37.
- [20] 陈汉波,郑修元,吕晓,等. 经颅直流电刺激同步多通道功能性电刺激对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能影响的对照研究[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(10): 1227—1232.
- [21] 张秋,晋方元,李卫平,等. 基于镜像神经元理论的动作观察疗法对痉挛型偏瘫脑性瘫痪患儿下肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(8): 1145—1148.
- [22] 周颖,范桃林,胡碧浓,等. 悬吊运动训练对痉挛型双瘫患儿选择性脊神经后根切断术后步行能力的影响[J]. 中国儿童保健杂志, 2021, 29(4):458—462.
- [23] 赵勇,刘陈,金炳旭,等. 基于Neurac的核心肌群训练对痉挛型脑瘫儿童步行及平衡功能的影响[J]. 按摩与康复医学, 2020, 11(22): 35—38.
- [24] 李晓捷,邱洪斌,姜志梅,等. 中国十二省市小儿脑性瘫痪流行病学特征[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018, 33(5): 378—383.
- [25] Mushta SM, King C, Goldsmith S, et al. Epidemiology of cerebral palsy among children and adolescents in Arabic-speaking countries: a systematic review and meta-analysis[J]. Brain Sci, 2022, 12 (7):859.
- [26] 徐纯鑫,陆洋阳,谭景旺,等. 全身垂直律动疗法改善痉挛型双瘫脑性瘫痪患儿扁平外翻足的临床疗效观察[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36 (11): 1390—1395.
- [27] 周欢霞,段宏霞,赵忠志,等. 上肢机器人训练联合多通道功能性电刺激对老年卒中患者上肢运动功能的影响[J]. 老年医学与保健, 2023, 29(4): 690—695.
- [28] Li L, Hu C, Leung KWC, et al. Immediate effects of functional electrical stimulation-assisted cycling on the paretic muscles of patients with hemiparesis after stroke: evidence from electrical impedance myography[J]. Front Aging Neurosci, 2022, 14: 880221.
- [29] Dong Y, Wang K, He R, et al. Hybrid and adaptive control of functional electrical stimulation to correct hemiplegic gait for patients after stroke[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2023, 11: 1246014.
- [30] 何晓阔,刘慧华,余果,等. 经颅直流电刺激与功能性电刺激的不同时序组合对脑卒中偏瘫患者脑功能连接的即时影响[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(10): 1213—1219.
- [31] Sun X, Liu H, Sun Z, et al. Acupuncture protects against cerebral ischemia-reperfusion injury via suppressing endoplasmic reticulum stress-mediated autophagy and apoptosis[J]. Mol Med, 2020, 26(1): 105.
- [32] Yang Y, Sun H. Research progress of acupuncture for cerebral ischemia reperfusion injury in recent 10 years[J]. Zhongguo Zhen Jiu, 2016, 36(10): 1117—1120.
- [33] 燕铁斌. 优化脑卒中后行走康复策略:从助行训练到脑-肢体协同治疗[J]. 康复学报, 2022, 32(1): 6—9.
- [34] Hachisuka K, Ochi M, Kikuchi T, et al. Clinical effectiveness of peroneal nerve functional electrical stimulation in chronic stroke patients with hemiplegia (PLEASURE): a multicentre, prospective, randomised controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2021, 35(3): 367—377.

(上接第479页)

- [18] Conley MI, Skalaban LJ, Rapuano KM, et al. Altered hippocampal microstructure and function in children who experienced hurricane Irma[J]. Dev Psychobiol, 2021, 63 (5) : 864—877.
- [19] Kaneko T, Fujiyama F, Hioki H. Immunohistochemical localization of candidates for vesicular glutamate transporters in the rat brain[J]. J Comp Neurol,2002,444(1):39—62.
- [20] Herzog E, Bellenchi GC, Gras C, et al. The existence of a second vesicular glutamate transporter specifies subpopulations of glutamatergic neurons[J]. J Neurosci,2001,21(22): RC181.
- [21] Li F, Eriksen J, Finer-Moore J, et al. Ion transport and regulation in a synaptic vesicle glutamate transporter[J]. Science,2020,368(6493):893—897.
- [22] Du X, Li J, Li M, et al. Research progress on the role of type I vesicular glutamate transporter (VGLUT1) in nervous system diseases[J]. Cell Biosci,2020(10)26.
- [23] Zhang M, Liu Y, Hu G, et al. Cognitive impairment in a classical rat model of chronic migraine may be due to alterations in hippocampal synaptic plasticity and N-methyl-D-aspartate receptor subunits[J]. Mol Pain, 2020 (16) 1744806920959582.
- [24] Koontz MA, Hendrickson AE. Comparison of immunolocalization patterns for the synaptic vesicle proteins p65 and synapsin I in macaque monkey retina[J]. Synapse,1993,14(4):268—282.
- [25] Rocchi A, Sacchetti S, De Fusco A, et al. Autoantibodies to synapsin I sequester synapsin I and alter synaptic function[J]. Cell Death Dis,2019,10(11):864.
- [26] 潘三强,宿宝贵,韩辉,等.大鼠下丘脑和背侧丘脑在空间学习记忆时突触素的变化[J].暨南大学学报(自然科学与医学版), 2001,22(4):14—17.