

·临床研究·

## 步态诱发功能性电刺激对脑卒中足下垂患者的疗效观察

刘翠华<sup>1</sup> 张盘德<sup>1</sup> 容小川<sup>1</sup> 周惠嫦<sup>1</sup> 陈丽珊<sup>1</sup> 林楚克<sup>1</sup> 李桂恩<sup>1</sup> 武士龙<sup>1</sup>

### 摘要

**目的:**观察应用低频脉冲电刺激治疗脑卒中后足下垂患者的疗效。

**方法:**对30例脑卒中后导致足下垂的患者,在常规药物治疗、康复治疗的基础上,每天采用低频电子脉冲刺激仪对患侧腓总神经、胫前肌进行电刺激治疗,每天2次,其中第一次为训练模式,只进行患侧胫前肌的神经肌肉电刺激治疗20min;第二次在同样NMFS的同时进行步行训练15—20min。每周5—6d,共2周。治疗前先使用神经肌肉定位仪找准敏感位置,然后将阴极至于敏感部位(腓总神经),阳极至于合适部位(胫前肌)。分别在治疗前、治疗1周、2周行下肢步行功能的评定,分别测定不戴和佩戴刺激仪的Step Test评定、10m最大步行速度测试、上下8个台阶时间、生理耗能指数。

**结果:**治疗2周后与治疗前比较,患者下肢步行功能有明显改善,佩戴刺激仪步行时可即刻明显提高脑卒中后足下垂患者的步速、体位转移能力、上下楼梯能力及降低生理耗能( $P<0.05-0.001$ )。

**结论:**低频脉冲电刺激能改善脑卒中患者步行功能,佩戴低频电子脉冲刺激仪步行时可即刻明显提高患者的步速、体位转移能力、上下楼梯能力及降低生理耗能,而且无明显不良反应,是一种安全有效的训练仪器。

**关键词** 功能性电刺激;足下垂;运动功能;步行功能

中图分类号:R743.3, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2011)-12-1136-04

Effect of gait triggered functional electrical stimulation on foot drop patients after stroke/LIU Cuihua, ZHANG Pande, RONG Xiaochuan, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2011, 26(12): 1136—1139

### Abstract

**Objective:** To observe the effect of low-frequency electrical pulse stimulation on foot drop patients after stroke.

**Method:** Based on routine medical treatment and rehabilitation therapy, 30 patients with foot drop after stroke received electrical stimulation on common peroneal nerve and tibialis anterior muscle of affected side by using XFT-2001 low-frequency electrical pulse stimulator twice a day. In one day, at the first time only exercise mode was used as neuromuscular electrical stimulation (NEMS) on affected tibialis anterior muscle for 20min; at the second time the same NMES and 15—20min walking training were proceeded, 5—6d per week, 2 weeks in total. Before treatment, XFT-2001P neuromuscular locator was used to find sensitive position, then the negative electrode was placed on sensitive position (common peroneal nerve) and the positive electrode was placed on the suitable position (tibialis anterior muscle). Walking function was evaluated before treatment, 1 week after treatment and 2 weeks after treatment.

**Result:** After 2 weeks treatment, daring walking with low-frequency electrical pulse stimulator walking speed, transfer ability, up and down stairs ability improved immediately and the physiological cost consumption of foot drop patients after stroke reduced( $P<0.05-0.001$ ).

**Conclusion:** Low-frequency electrical pulse stimulator could improve walking function of affected low limbs of

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.12.010

1 广东省佛山市第一人民医院康复科,528000

作者简介:刘翠华,女,副主任技师;收稿日期:2011-08-01

1136 www.rehab.com.cn

foot drop patients after stroke. Walking speed, transfer ability, up and down stairs ability improved significantly and physiological consumption reduced significantly during walking with the stimulator. The stimulator had no obvious side effect and it was considered to be a safe and effective training equipment.

**Author's address** Dept. of Rehabilitation Medicine, The First People's Hospital of Foshan City, Guangdong, 528000

**Key word** functional electrical stimulation; foot drop; motor function; walking function

偏瘫患者的步行功能康复是医学界的难题,脑卒中后最常见的临床症状就是肢体运动功能障碍,其中下肢的运动功能障碍直接影响到患者的临床恢复和生存质量。足下垂和足内翻是脑卒中患者最常见的后遗症之一,严重影响患者下肢运动功能的恢复,并且容易造成康复训练过程中的关节损伤<sup>[1-2]</sup>。因此,脑卒中后足下垂和足内翻的治疗尤为重要。

功能性电刺激疗法(functional electrical stimulation, FES)是使用低频电流刺激失去神经控制的肌肉,使其收缩,以替代或矫正器官及肢体已丧失的功能,产生即时效应直接恢复功能,该方法是 Liberson 等在 1961 年发明的。他们用脚踏开关控制电流刺激腓神经支配的肌肉,产生踝关节背屈,以帮助患者行走。当时称为功能性电疗法,1962 年正式命名为功能性电刺激疗法。最早应用单侧单通道刺激,用以纠正足下垂<sup>[3]</sup>。其原理是:在患侧摆动相开始时,足跟离地,放在鞋后跟里的开关接通,电流刺激腓神经或胫骨前肌,使踝背屈。进入站立相后,开关断开,电刺激停止。该装置可固定于膝关节下近腓骨头处,使用者行走摆动腿时,该装置会向腓总神经施加电刺激,并由其支配胫骨前肌及其他肌肉,从而产生踝关节背屈动作。本研究使用的 XFT-2001 型低频电子脉冲刺激仪是外部佩戴式的功能性电刺激仪器,通过步态传感器检测追踪患者步行时小腿前后摆动的位置和速度启动装置,辅助患者按正确步态行走,提高患者的行走能力。本研究旨在观察治疗仪对脑卒中后导致足下垂患者的疗效。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选择 2011 年 1 月—5 月在我院住院进行康复治疗的脑卒中导致足下垂患者。诊断符合 1995 年中华医学会第四次全国脑血管病学术会议修订的《各类脑血管疾病诊断要点》,并经 CT 或 MRI 证实。

入选标准:①符合脑卒中诊断标准,足下垂为脑

卒中导致;②患者病情稳定,意识清晰,可接受动作性指令;③患侧下肢痉挛状态控制在改良 Ashworth 2 级或以下;④患侧下肢 Brunnstrom 分期在 II 级以上;⑤患者可独立或在监视下行走 15m 以上;⑥年龄 18—75 岁。排除标准:①脑卒中属于急性期患者;②神志不清者或伴有明显认知障碍、精神障碍者;③由其他原因如外周神经损伤导致足下垂者;④足下垂肌力在 0 级者;⑤足下垂伴有关节挛缩、畸形等不适合行走者;⑥合并其他系统严重疾病,影响康复训练的患者;⑦皮肤极度敏感的患者;⑧年龄在 18 岁以下或 75 岁以上者。剔除标准:①不符合纳入标准者而误入者;②未按规定完成治疗者;③无法判断疗效或资料不全等影响疗效判断者。

按临床试验研究方案,本试验不设立对照组,采用自身对照的方式。入试验组 37 例,剔除 7 例,30 例完成了试验。其中男性 15 例、女性 15 例;脑梗死 25 例,脑出血 5 例;最大年龄 75 岁,最小年龄 18 岁,平均年龄  $(58.27 \pm 15.49)$  岁;病程平均  $(48.10 \pm 17.75)$  d;平均治疗  $(23.21 \pm 5.60)$  次。

### 1.2 设备和训练方法

所有入组的患者在常规药物治疗和康复治疗(偏瘫肢体训练、神经肌肉电刺激等)的基础上再用低频电子脉冲刺激仪治疗训练。低频电子脉冲刺激仪及神经肌肉定位仪由深圳市讯丰通电子有限公司提供。该设备主要由 XFT-2001P 神经肌肉定位仪、足下垂助行仪主机、步态分析采集器,以及绑带和电极片五部分组成。XFT-2001 型低频电子脉冲刺激仪刺激小腿失去神经控制的肌肉,使其收缩,以替代或改善肢体已丧失的运动功能。

操作方法:治疗前先使用 XFT-2001P 神经肌肉定位仪找准敏感位置:①让患者坐在高凳上,双膝稍弯曲,让腿放在矮凳上,用足跟稍支撑腿;②打开 XFT-2001P 神经肌肉定位仪右侧开关,根据个人的差异,调节强度开关的位置,将五金电极接触腿部,其中阴极(黑触头)放在后,阳极(红触头)在前,按下

1Hz 键,以便仪器持续输出 1Hz 电脉冲;③根据患者情况向前滑动五金电极来寻找一个外翻或背屈的肌肉收缩,这时停止滑动在腿上阴极处做个标记,这个点就是放置阴极电极片的开始位置,再把阳极电极片放置胫骨前肌合适位置,连接好主机并固定于患者腿部;④使用遥控器完成步态分析:根据患者的行走状态和刺激敏感度设定主机的倾斜角、脉宽、电刺激肌肉训练模式等参数,使主机在步态分析系统中确定最适合患者的刺激方式。所有入选患者每天采用 XFT-2001 型低频电子脉冲刺激仪对患侧腓总神经、胫前肌进行电刺激治疗,每天 2 次,其中第一次为训练模式,只进行患侧胫前肌的神经肌肉电刺激治疗(neuromuscular electrical stimulation, NMES) 20min;第二次在同样 NMES 的同时进行步行训练 15—20min。每周 5—6d,共 2 周。

### 1.3 评估方法

对所有入试患者分别在治疗前、治疗 1 周、2 周由专人对患者进行步行功能的评定。分别测定不戴和佩戴治疗仪的步行测试(step test)评定、10m 最大步行速度测试(10m maximum walking speed, 10m MWS)、上下 8 个台阶时间以及生理耗能指数(physiological consumption index, PCI)。下肢步行功能评定方法为:

**1.3.1 步行测试:**患者先坐在凳子上,听到指令后站立、向前步行 6m,再折返步行到凳子前,转身坐下,使用秒表测定从站起到回到凳子坐下所需的时间。测 2 次取平均值。

**1.3.2 10m 最大步行速度测试:**用彩色胶布从起点到终点的直线距离为 16m 平地上标记测试的起点、3m 点、13m 点和终点。让患者分别在使用和不使用 XFT-2001 型低频电子脉冲刺激仪的情况下,尽可能以最快的速度自起点走至终点,用秒表记录患者从 3m 点至 13m 点所需的时间,记录时间精确到 0.1s,每个患者在两种情况下各测试 3 次,每次步行测试间隔可以休息,最大步行速度评测值取患者评测 3 次中最快一次数值,并以 m/min 方式来描述最大步行速度评测值。

**1.3.3 上/下台阶 8 阶需要的时间:**利用我科训练用阶梯,共 4 级,每级高 15cm。用秒表记录从地面开始到第 4 级再下台阶到地面的时间。

**1.3.4 生理耗能指数:**让患者保持坐位安静状态 3min 后,测定安静状态下的心率。然后患者分别在使用和不使用 XFT-2001 型低频电子脉冲刺激仪的情况下,尽可能以最快的速度在直线距离 20m 平地上持续往返步行 3min,记录步行患者所行走的距离和步行 3min 后的心率,然后计算出 3min 步行速度。在测试时间间隔上,患者不使用 XFT-2001 型低频电子脉冲刺激仪步行后,其心率必须恢复至安静状态下的心率后再休息 3min 以上,然后再进行佩戴 XFT-2001 型足下垂助行仪的测试,最后通过下列公式分别计算出两种情况下的 PCI:

$$PCI = \frac{(\text{步行 3min 后心率} - \text{安静状态下心率})(\text{bts/min})}{\text{步行速度}(\text{m/min})}$$

### 1.4 统计学分析

数据采用 SPSS 17.0 进行统计处理。正态分布的连续变量采用 *t* 检验或单因素 ANOVA 分析(患者不同时间段的 Step Test 评定、10 米最大步行速度测试、上下 8 个台阶时间、生理耗能指数),非正态分布的等级频数资料采用非参数检验。

## 2 结果

按临床试验研究方案共入试验组 37 例,剔除 7 例。30 例患者平均治疗  $23.21 \pm 5.60$  次。治疗后下肢步行功能改善情况,所有测试指标均分别测试不佩戴和佩戴时各 3 次。结果见表 1。

## 3 讨论

足下垂是脑卒中后主要后遗症之一,是由于中枢神经系统受损,反射性交感神经营养不良、神经血管萎缩而引起的一种并发症;也是由小腿的前肌群和外侧肌群麻痹,小腿后肌群痉挛牵拉所引起的。表现为不能背屈足部,行走时或是拖曳病足或是将该侧下肢举得较高,落地时总是足尖先触地面的一种症状<sup>[4]</sup>。这种特征性足下垂步态,制约了步行能力,妨碍了踝部功能的进一步恢复,给患者日常生活造成了极大不便。然而,脑卒中后足内翻、下垂在病之初始即有不同程度表现,这是一种异常的运动模式,如果盲目地、缺乏针对性地进行肌力增强训练治疗,就会强化这种原始的运动模式而妨碍了高级的正常运动模式的建立,不但影响踝关节功能的恢复,

表1 治疗前、后患侧下肢步行功能及上下台阶、步行能耗指标的变化 (x±s)

| 测试指标     | 下肢步行功能       |                | 上下台阶、步行能耗指标   |               |
|----------|--------------|----------------|---------------|---------------|
|          | 步行测试(s)      | 10m MWS(m/min) | 上下8个台阶时间(s)   | PCI           |
| 治疗前未佩戴   | 28.22 ± 9.18 | 39.21 ± 20.03  | 19.16 ± 12.43 | 0.349 ± 0.310 |
| 治疗前佩戴中   | 23.16 ± 7.12 | 45.57 ± 21.96  | 15.93 ± 10.66 | 0.304 ± 0.249 |
| 治疗1周后未佩戴 | 23.72 ± 7.71 | 45.69 ± 22.91  | 15.74 ± 11.17 | 0.353 ± 0.321 |
| 治疗1周后佩戴中 | 19.42 ± 6.05 | 54.22 ± 24.88  | 13.01 ± 9.58  | 0.294 ± 0.249 |
| 治疗2周后未佩戴 | 21.06 ± 6.58 | 50.52 ± 24.42  | 13.96 ± 9.99  | 0.283 ± 0.187 |
| 治疗2周后佩戴中 | 17.48 ± 5.39 | 59.83 ± 27.02  | 11.67 ± 8.97  | 0.236 ± 0.147 |
| 3次合计未佩戴  | 24.34 ± 7.95 | 45.14 ± 22.76  | 16.29 ± 11.32 | 0.328 ± 0.278 |
| 3次合计佩戴中  | 20.02 ± 6.27 | 53.21 ± 25.13  | 13.53 ± 9.81  | 0.279 ± 0.220 |

而且对下肢功能及步态带来不良影响。因此需要尽早设计合理的、有针对性的方法矫治足内翻、下垂。

实践已经证实,如果对患者施以正确的刺激运动模式,改善本体感受机制,便有助于神经系统重建正确的兴奋轨迹。而这种兴奋轨迹能够改善和恢复患者的运动功能,同时对患者的心理状态、新陈代谢及免疫机制等也起到了重要的调节作用。功能性电刺激作为一种治疗方法,已广泛应用于康复治疗领域中。近年来,越来越多的研究已开始关注FES在改善患者运动功能方面的作用。FES应用于脑卒中肢体功能,其主要作用是增加关节活动范围,提高肌肉功能,如收缩力、耐力、诱发反射活动等,尤其是改善脑卒中后患者上肢功能的作用已得到肯定<sup>[5-6]</sup>。对于脑卒中后患者肢体运动功能的康复研究国内外虽有报道<sup>[7-10]</sup>,但国内FES的应用还较少<sup>[11]</sup>。本研究中所使用的XFT-2001低频电子脉冲刺激仪主要由功能刺激器、神经肌肉定位仪、步态分析采集器三部分组成。它利用功能性电刺激原理,通过先进的步态传感器检测追踪患者步行时小腿前后摆动的位置和速度来启动装置,适时精确的控制电脉冲传送到腓神经,从而控制足部运动(足内外翻、背屈运动),达到矫正足下垂的目的。它有步行模式和训练模式两种模式。步行模式下,仪器能够按照设定好的程序工作,患者在使用一段时间后,行走更有力、速度更快、步态将逐步得到矫正。训练模式下,XFT-2001低频电子脉冲刺激仪可以帮助患者强化腿部训练,防止肌肉萎缩,促进局部肌肉的血液循环。让足下垂或行动不便的患足收到微电信号刺激而摆动,形成步行的姿势,辅助患者按正确的步态行走,逐步提高患者的行走速度并令患者更省力,甚至可以爬山和上下楼梯。

通过本临床试验发现,患者在常规药物治疗和

康复训练的基础上,采用XFT-2001型低频电子脉冲刺激仪对患侧腓总神经,胫前肌进行电刺激治疗并同时进行步行训练后,患者的步行功能评定明显改善( $P<0.01-0.001$ )。虽然本试验中没有设立对照组,无法判断低频电子脉冲刺激仪的疗效是否优于其他治疗方法。但是,我们发现同组患者佩戴治疗仪和不佩戴时,其体位转移能力、上下楼梯的能力、步速、生理耗能改善差异均有显著性。这表明步态诱发功能性电刺激在患者偏瘫下肢迈步时发出电流刺激踝背伸肌肉,改善步态,具有良好的效果。这对于增强患者的康复信心,提高康复训练的主动性,促进偏瘫肢体的康复起到积极的作用。

参考文献

[1] 励建安,孟殿怀.步态分析的临床应用[J].中华物理医学与康复杂志,2006,28(7):500—504.  
[2] 卓大宏.中国康复医学[M].第2版.北京:华夏出版社,2003.8.  
[3] Moe JH, Post HW. Functional electrical stimulation for ambulation in hemiplegia[J]. J Lancet, 1962, 82:285—288.  
[4] 史玉泉.实用神经病学[M].上海:上海技术出版社,2004.49—54.  
[5] 燕铁斌.积极推广神经肌肉电刺激技术在中枢神经损伤中的应用[J].中国康复医学杂志,2007,22(10):865—866.  
[6] Alon G, Levitt AF, McCarthy PA. Functional electrical stimulation enhancement of upper extremity functional recovery during stroke rehabilitation: a pilot study[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2007, 21(3):207—215.  
[7] 刘忠良,宋琳,关爽,等.功能性电刺激对卒中中偏瘫患者上肢运动功能恢复的影响[J].中国康复医学杂志,2005,20(1):52—53.  
[8] Alon G, Levitt AF, McCarthy PA. Functional electrical stimulation (FES) may modify the poor prognosis of stroke survivors with severe motor loss of the upper extremity: a preliminary study[J]. Am J Phy Med Rehabil, 2008, 87(8):627—636.  
[9] Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial[J]. Stroke, 2005, 36(1):80—85.  
[10] Cauraugh J, Light K, Kim S, et al. Chronic motor dysfunction after stroke: recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation[J]. Stroke, 2000, 31(6):1360—1364.  
[11] 高峰,杜良杰.脊髓损伤患者的下肢功能重建—矫形器、功能性电刺激和外科手术[J].中国康复理论与实践,2008,14(8):724—726.