

# 功能电刺激治疗脑卒中足下垂合并内翻的疗效观察

王桂丽<sup>1</sup>, 贾杰<sup>1,2</sup>

**【摘要】** 目的:观察动作反馈的功能性电刺激(FES)对脑卒中足下垂合并足内翻患者下肢运动功能和步行能力的影响。方法:脑卒中足下垂合并足内翻患者 34 例,随机分为观察组和对照组各 17 例,2 组均进行基础康复治疗,观察组另行功能电刺激下 20min 步行训练,对照组行相同时间的常规步行训练。在康复治疗前和治疗 4 周后采用 Fugl-Meyer 量表下肢部分(FMA-LE)、起立-行走计时测试(TUGT)、徒手肌力测试(MMT)和改良 Ashworth 量表(MAS)对两组患者进行功能评估;观察组另记录步态不对称指数(GAI)和非偏瘫侧摆动时间变异(STV)。结果:治疗 4 周后,观察组患者 FMA-LE、TUGT、MMT、MAS、GAI 和 STV 评分均较治疗前显著提高( $P < 0.05$ ),对照组 TUGT 及 MMT 评分较治疗前明显提高( $P < 0.05$ ),其余各评分治疗前后比较均差异无统计学意义;治疗后组间比较,观察组 FMA-LE、TUGT 和 MAS 评分均显著高于对照组( $P < 0.05$ ),但 MMT 评分组间比较差异无统计学意义。结论:动作反馈功能性电刺激能显著改善脑卒中足下垂合并足内翻患者的运动功能和步行能力,并能提高踝背屈肌力、缓解踝关节相关肌群痉挛。

**【关键词】** 脑卒中;功能性电刺激;足下垂;步态

**【中图分类号】** R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2016.06.009

**Efficacy of functional electrical stimulation on stroke patients with foot drop and varus ankle** Wang Guili, Jia Jie, Kangfu Medical College, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350000, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the efficacy of the motion feedback functional electrical stimulation (FES) on motor function and walking ability of stroke patients with foot drop and varus ankle. **Methods:** Thirty-four stroke patients with foot drop and varus ankle were randomly divided into the FES group ( $n=17$ ) and the control group ( $n=17$ ). All patients had received the fundamental rehabilitation therapy. Additionally, the patients in the FES group were given walk training with FES for 20 min, and those in the control group were subjected to conventional walking exercise in the same time. These therapies were performed once a day, 5 days a week, totally 4 weeks. Fugl-Meyer assessment of lower extremity (FMA-LE), Timed Up and Go test (TUGT), manual muscle test (MMT) and modified Ashworth scale (MAS) were evaluated at the beginning and end of this clinical study. In addition, gait asymmetry index (GAI) and swing time variability (STV) were measured in the FES group. **Results:** At the beginning of the whole treatment, there was no significant difference between these two groups in terms of all the assessments ( $P > 0.05$ ). After 4-week treatment, all measurements in the FES group were increased significantly as compared with those before treatment ( $P < 0.05$ ), while only TUGT and MMT scores in the control group were improved significantly ( $P < 0.05$ ). Furthermore, the FMA-LE, TUGT and MAS scores in the FES group were significantly higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ), while the MMT scores showed no significant difference ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** The motion feedback FES could significantly improve the motor function and walking ability of stroke patients; what's more, the strength of the ankle back muscle could be increased, and the muscle spasms could be relieved.

**【Key words】** stroke; functional electrical stimulation; foot drop; gait

基金项目:“十二五”国家科技支撑手功能项目(2013BAI10B03);国际合作青年基金项目(31450110072);国家自然科学基金青年基金项目(81401859);上海市科委生物医药重大项目(10DZ1950800);上海市卫生和计划生育委员会资助项目(201440634);上海市闸北区卫生局面上资助项目(2014MS06)

收稿日期:2016-07-03

作者单位:1. 福建中医药大学康复医学院,福州 350000;2. 复旦大学附属华山医院康复医学科,上海 200040

作者简介:王桂丽(1990-),女,硕士研究生,主要从事脑卒中后手功能障碍康复方面的研究。

通讯作者:贾杰,shannonjj@126.com

足下垂合并足内翻是脑卒中后最常见的步行功能障碍<sup>[1]</sup>。因此,增强踝关节控制、纠正足下垂合并内翻畸形,是脑卒中恢复期步行功能康复的重要目标<sup>[2]</sup>。功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)最早于 1961 年被 Liberso 运用于治疗偏瘫后足下垂<sup>[3]</sup>。本研究中,在患者患侧下肢实时步行周期中,不仅应用 FES 刺激腓总神经,并且根据足下垂或足内

翻畸形程度,同步给予胫骨前肌或腓骨长短肌电刺激,协助纠正患肢摆动相中的足下垂或足内翻畸形,以期帮助建立正常的步行模式。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 2014年3月~2014年10月在复旦大学附属华山医院永和分院康复治疗的脑卒中患者34例,均符合第四届全国脑血管学术会议制定的各类脑血管疾病诊断要点,且经头颅CT或MRI确诊;患侧下肢Brunnstrom分期 $\geq$ Ⅲ级,徒手肌力测试踝背屈肌力 $\geq$ 1级,小腿三头肌改良Ashworth痉挛评分 $\leq$ 3分;无认知功能障碍,能独立或借助辅具实现步行和转移者。排除标准:存在精神、认知障碍等,不能配合治疗及评估者;小腿三头肌改良Ashworth评分 $>$ 3分;有癫痫病史或严重的心、肝、肾和造血系统并发症;多种疾病导致的双下肢骨折、腓总神经损伤、关节疼痛、活动受限等;心脏起搏器植入、体内安装金属固定物者。34例患者均签署知情同意书,采用随机数字表法将受试者分为2组各17例。①观察组,男13例,女4例;年龄(54.41 $\pm$ 10.93)岁;病程(17.11 $\pm$ 8.12)周;脑梗死11例,脑出血6例;左侧偏瘫5例,右侧12例。②对照组,男15例,女2例;年龄(56.76 $\pm$ 11.25)岁;病程(18.35 $\pm$ 7.04)个周;脑梗死13例,脑出血4例;左侧偏瘫8例,右侧9例。2组一般资料比较差异无统计学意义。

1.2 方法 2组患者均接受同等常规康复治疗,包括辅助踝关节主动活动训练、楔形板站立平衡训练、痉挛肌肉牵伸训练、坐-站训练、负重站-坐训练及针刺治疗等,由经验丰富的治疗师实施,每日1次,每周5d,持续4周。观察组在此基础上增加20min功能性电刺激步行训练,由DC-L-500智能助行仪(江苏德长医疗科技有限公司)实施治疗,对于足下垂明显的患者(9例),电极片分别置于腓骨小头后下方的腓总神经和胫骨平台水平的胫前肌;对于足内翻明显的患者(8例),电极片分别置于腓骨小头后下方的腓总神经和腓骨长短肌。运用设备编程器分析患者步态,结合个人耐受程度调节电刺激参数:不对称双向方波,频率35Hz,脉宽100 $\mu$ s;设定起步角为10 $\sim$ 15 $^\circ$ ,落地角为7 $\sim$ 9 $^\circ$ ,电流强度以引起明显踝关节背屈或纠正内翻为度,约30 $\sim$ 60mA,编程器会在步态分析过程中选择最合适时机施加刺激。对照组患者由治疗师监督指导,进行同等时间的常规步行功能训练。

1.3 评定标准 ①Fugl-Meyer量表下肢部分(Fugl-Meyer assessment of lower extremity, FMA-LE)评定患者的运动功能,总分34分,得分越高提示下肢运

动功能越好。②起立-行走计时测试(time up and go test, TUGT)评定患者功能性转移的能力。③徒手肌力测试(manual muscle test, MMT)评定患者踝背屈的肌力。④改良Ashworth量表(modified Ashworth scale, MAS)评定患者踝关节的痉挛(1 $^+$ 级记为1.4分)。⑤观察组患者步行训练中佩戴的助行仪可通过其内置软件记录;步态不对称指数(gait asymmetry index, GAI)用以评定患者步行时两侧摆动时间的相似度;非偏瘫侧摆动时间变异(swing time variability, STV)用以评定患者步行时下肢摆动的非节律性。评估工作分别在入组和治疗4周后由治疗师进行单盲评定。

1.4 统计学方法 数据采用SPSS 19.0软件进行数据统计分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, $t$ 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

治疗4周后,观察组患者FMA-LE、TUGT、MMT、MAS、GAI和STV评分均较治疗前显著提高( $P < 0.05$ );对照组TUGT及MMT评分较治疗前明显提高( $P < 0.05$ ),其余各评分治疗前后比较均差异无统计学意义;治疗后组间比较,观察组FMA-LE、TUGT和MAS评分均显著高于对照组( $P < 0.05$ ),但MMT评分组间比较差异无统计学意义。见表1。

表1 FMA-LE、TUGT、MMT、MAS、GAI及STV评分2组治疗前后比较 分,  $\bar{x} \pm s$

项目	观察组(n=17)		对照组(n=17)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
FMA-LE	19.94 $\pm$ 3.91	23.82 $\pm$ 3.53 <sup>ab</sup>	20.52 $\pm$ 3.39	21.47 $\pm$ 2.78
TUGT	37.70 $\pm$ 10.03	29.57 $\pm$ 7.02 <sup>ab</sup>	39.05 $\pm$ 9.81	35.12 $\pm$ 6.45 <sup>a</sup>
MMT	1.94 $\pm$ 1.08	2.47 $\pm$ 0.87 <sup>a</sup>	1.82 $\pm$ 1.38	2.17 $\pm$ 1.07 <sup>a</sup>
MAS	1.80 $\pm$ 0.78	1.12 $\pm$ 0.56 <sup>ab</sup>	1.71 $\pm$ 0.73	1.55 $\pm$ 0.54
GAI	61.11 $\pm$ 10.82	54.64 $\pm$ 11.35 <sup>a</sup>	—	—
STV	46.05 $\pm$ 6.98	41.23 $\pm$ 7.52 <sup>a</sup>	—	—

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与对照组比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

## 3 讨论

脑卒中导致大脑高级中枢损害、功能受到抑制,而低位中枢原始反射释放,形成上肢屈肌痉挛和下肢伸肌痉挛的异常运动模式,下肢表现为足下垂合并足内翻,是临床上最常见的脑卒中后遗症之一<sup>[4]</sup>。Burrige等<sup>[5]</sup>研究报道,脑卒中后遗留足下垂患者比例多达20%,且合并程度不同的内翻畸形。严重的足下垂患者在步行的摆动期内,患足不能及时脱离地面,代偿性形成外展画圈步态<sup>[6]</sup>。这种低效的异常步行模式,导致患者步长缩短、步速减慢、体力消耗过快、行走稳定性降低因而增加跌倒风险<sup>[7]</sup>。因此改善足下垂,纠

正踝关节内翻畸形,从而增强步态节律性和稳定性,帮助建立正常步行模式,对于脑卒中患者的康复具有重要意义。

目前针对足下垂合并足内翻的治疗,主要有两种方式:一种是佩戴踝足矫形器(ankle foot orthosis, AFO);另一种即是针对性应用功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)。踝足矫形器在步行过程中对踝关节起到稳定和支撑作用,对患者步态、步速和稳定性均有明显改善;但限制关节活动、诱发挛缩、尺寸不适应肢体变化等问题,都限制了踝足矫形器的广泛应用<sup>[8-10]</sup>。

相比之下,功能性电刺激在治疗足下垂中具有更高的接受度<sup>[11]</sup>。在肢体运动过程中,FES上下行刺激相关神经和肌肉,诱发肌肉的重新活动,恢复和重建感觉和运动信息的传导通路,将特定的运动模式信息持续、反复地逆行传入中枢神经系统,使大脑相应皮层形成兴奋踪迹,逐渐恢复原有的运动控制功能。Hara等<sup>[12]</sup>通过近红外光谱分析技术证实,FES刺激能使患侧大脑感觉运动皮层的血流灌注量明显增加,侧面证明FES刺激能增强皮层兴奋性,有利于受损中枢神经系统的功能重塑。大量临床研究也表明,FES不仅具有即刻矫正效应,而且长期应用FES还有助于提高下肢肌力、增强随意运动控制、减轻踝关节痉挛并增加关节活动范围<sup>[13-15]</sup>。

Ramsay等<sup>[16]</sup>研究发现,踝背屈肌无力由背屈肌肉募集不能或跖屈肌痉挛增加所致;笔者认为,对于周围神经支配完好的脑卒中足下垂患者,针对性的神经肌肉功能电刺激方法将更有利于足下垂障碍的治疗。本研究应用FES刺激患肢腓总神经与小腿前外侧肌,通过步态传感器(倾角传感器)检测追踪步态情况来控制电脉冲刺激输出,从而控制足部运动(足内外翻和背屈运动),以矫正足下垂,纠正足内翻等异常步态。经过4周治疗,患者GAI和STV评分较治疗前均显著降低,提示两侧摆动时相逐渐趋近,步态对称性及节律性均有所改善;患者的下肢FMA评分和TUGT测试成绩较治疗前和对照组均差异显著,说明功能性电刺激在改善脑卒中足下垂合并足内翻患者起立-行走和转移能力方面也有明显效果。这也与Kesar等<sup>[17]</sup>使用功能性电刺激治疗足下垂的研究结果相似。

Paoloni等<sup>[18]</sup>采用声波振动设备将声波通过皮肤表面节律性地传入胫前肌与腓骨长肌,发现其能改善脑卒中后足下垂患者的步态,在摆动相能显著增加踝关节背曲角度。我们猜想,这种机械性振动刺激通过深感觉传入神经上传到大脑,调节皮层兴奋性,从而有利于脑功能重塑和运动再学习。本研究中,FES刺激

腓总神经和小腿前外侧肌群,患者FMA-LU和TUGT评分显著提高,步行功能和转移能力明显改善,其恢复机制可能与神经肌肉协同运动模式信息逆行上传引起相关脑区皮层兴奋和功能重塑有关,有待进一步研究探讨。

现有报道中,功能性电刺激治疗脑卒中患者下肢运动功能障碍均采用单独或者同步刺激腓总神经和胫骨前肌的治疗方案<sup>[19-22]</sup>。本研究中,笔者认为胫骨前肌止于楔骨内侧面和第1跖骨底,具有控制踝关节背屈和内翻的作用,因此对于足内翻明显的患者,过多刺激该肌肉可能会加重内翻畸形;参考Morita等<sup>[23]</sup>的理论,电刺激对应的拮抗肌能通过交互抑制减轻跖屈肌痉挛,因而选取与胫骨后肌互为拮抗的腓骨长短肌,刺激该肌肉能够直接矫正胫骨后肌痉挛引起的足内翻,辅助完成踝背屈动作。因此本研究的创新之处在于,在对患者进行腓总神经电刺激的同时,对足下垂和足内翻进行了区分和针对性治疗:针对足下垂明显的9例患者刺激胫骨前肌,而对于足内翻明显的8例患者则刺激腓骨长短肌。观察组患者在4周干预结束后,踝关节MAS评分相对对照组明显降低,证明该治疗方案对于改善踝关节跖屈肌痉挛确有一定效果,无论是腓总神经电刺激还是对胫骨前肌、腓骨长短肌电刺激都能有效缓解痉挛;但MMT的评分仅表现为组内治疗前后差异,观察组中对足下垂患者的胫骨前肌电刺激对提高踝背屈肌力可能有正面作用,但在观察组中另有8例严重足内翻患者电刺激腓骨长短肌,并没有直接证据证明FES刺激腓骨长短肌有利于踝背屈肌力的增加。作者猜想,观察组严重足内翻患者踝关节跖屈肌痉挛和踝背屈肌力改善的原因,是功能性电刺激腓骨长短肌有助于缓解胫骨后肌痉挛,因此在改善足内翻的同时对减轻跖屈痉挛也有一定的帮助,MMT的测量中由于拮抗肌群痉挛改善使得测量踝背屈肌力也能相对提高。本研究受样本量的限制,评价指标中未能进行针对性的足内翻改善评分,今后的研究中也依据足内翻评分对患者进一步分组治疗,针对互为拮抗肌群的功能性电刺激进行疗效对照研究。

本研究的设计还存在一些不足之处:研究方案未设置仅粘贴电极片而不予电刺激的对照组,因此不能排除电极片自身感觉刺激对研究结果的影响。在今后的研究中,我们将完善试验设计,力争减少此类缺陷。本研究也存在一定的局限性,如样本例数较小、缺乏长期随访观察及远期疗效的比较等,尚需进一步试验论证。

综上,本研究结果表明,持续4周的动作反馈功能性电刺激辅助步行训练相比较常规康复训练能进一步

促进脑卒中足下垂合并足内翻患者下肢运动功能和步行能力的恢复,提高功能性转移能力。另外在提高踝背屈肌力,纠正足下垂合并足内翻,改善步态对称性及节律性等方面也具有一定积极作用,对脑卒中后步行功能障碍的临床康复具有指导意义。

### 【参考文献】

- [1] Kottink A I R, Oostendorp L J M, Buerke J H, et al. The orthotic effect of functional electrical stimulation on the improvement of walking in stroke patients with a dropped foot: a systematic review[J]. *Artif Organs*,2004,28(6):577-586.
- [2] Pollock A, St George B, Fenton M, et al. Top ten research priorities relating to life after stroke[J]. *Lancet Neurol*,2012,11(3):209-216.
- [3] Liberson W T, Holmquest H J, Scot D, et al. Functional electrotherapy: stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients[J]. *Arch Phys Med Rehabil*,1961,42(2):101-105.
- [4] Kim K W, Park J S, Koh E J, et al. Cerebral Infarction Presenting with Unilateral Isolated Foot Drop[J]. *J Korean Neurosurg Soc*,2014,56(3):254-256.
- [5] BurrIDGE J H, Taylor P N, Hagan S A, et al. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients[J]. *Clin Rehabil*,1997,11(3):201-210.
- [6] Chung Y, Kim JH, Cha Y, et al. Therapeutic effect of functional electrical stimulation-triggered gait training corresponding gait cycle for stroke[J]. *Gait Posture*,2014,40(3):471-475.
- [7] Begg RK, Tirosh O, Said CM, et al. Gait training with real-time augmented toe-ground clearance information decreases tripping risk in older adults and a person with chronic stroke[J]. *Front Hum Neurosci*,2014,8(3):243-252.
- [8] Mulroy S J, Eberly V J, Gronely J K, et al. Effect of AFO design on walking after stroke: impact of ankle plantar flexion contracture[J]. *Prosthet Orthot Int*,2010,34(3):277-292.
- [9] Tyson S F, Thornton H A. The effect of a hinged ankle foot orthosis on hemiplegic gait: objective measures and users' opinions [J]. *Clin Rehabil*,2001,15(1):53-58.
- [10] Doggan A, MengüllüoGGlu M, Ozgirgin N. Evaluation of the effect of ankle-foot orthosis use on balance and mobility in hemiparetic stroke patients[J]. *Disabil Rehabil*,2011,33(15-16):1433-1439.
- [11] Everaert D G, Stein R B, Abrams G M, et al. Effect of a Foot-Drop Stimulator and Ankle-Foot Orthosis on Walking Performance After Stroke A Multicenter Randomized Controlled Trial[J]. *Neurorehabil Neural Repair*,2013,27(7):579-591.
- [12] Hara Y, Obayashi S, Tsujiuchi K, et al. The effects of electromyography-controlled functional electrical stimulation on upper extremity function and cortical perfusion in stroke patients[J]. *Clinical Neurophysiology*,2013,124(10):2008-2015.
- [13] Sabut SK, Sikdar C, Kumar R, et al. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients[J]. *Neuro Rehabilitation*,2011,29(4):393-400.
- [14] You G, Liang H, Yan T. Functional electrical stimulation early after stroke improves lower limb motor function and ability in activities of daily living[J]. *Neuro Rehabilitation*,2014,35(3):381-389.
- [15] Lee YH, Yong SY, Kim SH, et al. Functional electrical stimulation to ankle dorsiflexor and plantarflexor using single foot switch in patients with hemiplegia from hemorrhagic stroke[J]. *Ann Rehabil Med*,2014,38(3):310-316.
- [16] Ramsay JW, Wessel MA, Buchanan TS, et al. Poststroke muscle architectural parameters of the tibialis anterior and the potential implications for rehabilitation of foot drop[J]. *Stroke Res Treat*,2014,20(14):948475.
- [17] Kesar T M, Perumal R, Jancosko A, et al. Novel patterns of functional electrical stimulation have an immediate effect on dorsiflexor muscle function during gait for people poststroke[J]. *Phys Ther*,2010,90(1):55-66.
- [18] Paoloni M, Mangone M, Scettri P, et al. Segmental muscle vibration improves walking in chronic stroke patients with foot drop: a randomized controlled trial[J]. *Neurorehabil Neural Repair*,2010,24(3):254-262.
- [19] 郝淑芹,赵保礼,常丽静,等. 智能助行仪对脑卒中患者下肢运动功能障碍治疗效果的临床研究[J]. *现代中西医结合杂志*,2016,22(1):36-38.
- [20] 王建晖. 智能助行仪对脑卒中足下垂患者步行功能的改善作用[J]. *中国临床新医学*,2016,15(4):321-323.
- [21] 肖菲娜,林春淑. 足下垂刺激仪对脑卒中足下垂患者下肢运动功能的影响[J]. *实用中西医结合临床*,2016,20(6):43-45.
- [22] 许佳,胡世红,凌晴,等. 功能性电刺激对偏瘫患者下肢功能及步态的影响[J]. *中国康复*,2016,30(6):189-191.
- [23] Morita H, Crone C, Christenhuis D, et al. Modulation of presynaptic inhibition and disynaptic reciprocal Ia inhibition during voluntary movement in spasticity[J]. *Brain*,2001,124(4):826-837.