

功能性电刺激对脑卒中后足下垂内翻患者运动功能的影响

赵娟¹ 张备¹ 王凡² 孙长慧² 刘培乐¹ 朱秉¹ 李莹莹¹ 白玉龙¹

1 复旦大学附属华山医院康复医学科(上海 200040)

2 上海市第三康复医院

摘要 目的:评价功能性电刺激对脑卒中后足下垂内翻患者运动功能的影响。**方法:**选取 41 例符合入组标准的脑卒中后足下垂、内翻患者,随机分为试验组(24 例)和对照组(17 例)。两组患者均接受常规康复训练。试验组穿戴功能性电刺激仪进行辅助步行训练,对照组使用生物反馈电刺激进行训练。分别于入组时、治疗 2 周及治疗 4 周后进行 10 米舒适步速测量、简化 Fugl-Meyer 下肢评定(FM)及功能性步行分级(functional ambulation category, FAC)评定。通过统计学分析,考察两种治疗方法的临床疗效。**结果:**FM 分项中 FM3(伸肌协同运动)治疗 2 周后组间比较有显著性差异,治疗 4 周后组间差异比较无统计学意义($P>0.05$);FM 总分及其余各分项在治疗 2 周和 4 周后试验组较对照组均有增高趋势,但差异无统计学意义。FAC 各时间点组间比较差异均无统计学意义,而组内前后比较均有不同程度的改善,差异有统计学意义($P<0.05$)。10 米舒适步速测试结果显示治疗 4 周后,试验组较对照组步速改善更明显,但差异无统计学意义。**结论:**功能性电刺激和生物反馈电刺激均有助于改善脑卒中后足下垂内翻患者的运动功能,功能性电刺激可能具有优于生物反馈电刺激的趋势。

关键词 功能性电刺激;生物反馈电刺激;脑卒中;足下垂;足内翻;运动功能

中国每年新发脑卒中患者约 200 万人,其中 70%~80% 的患者因为残疾不能独立生活^[1]。脑卒中发病 6 个月,50% 以上的患者存在不同程度偏瘫,74% 的患者生活需要辅助^[2]。足下垂、足内翻是脑卒中偏瘫患者康复过程中较难处理的问题之一,不仅影响患者行走的能力和效率,还妨碍患者行走过程中的平衡,增加跌倒的风险,使得他们的自理能力、参与能力和生活质量都受到很大影响^[3]。临床上常用踝足矫形器(ankle-foot orthosis, AFO)矫治足下垂和内翻,由于 AFO 只是被动地纠正足部位置,对提高神经肌肉联系、促进大脑功能重塑、改善步态的疗效相当有限。目前临床上也常用生物反馈电刺激治疗脑卒中后足下垂、足内翻,生物反馈电刺激(biofeedback electrical stimulation, BES)是目前临床上最为常用的恢复和改善肌肉自主控制能力的训练方法,亦是偏瘫后足下垂最常用的康复方法之一,但往往只刺激单一肌肉,如胫前肌等。功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)已被证实能有效改善脑卒中患者下肢肌力、运动功能和步行能力^[4]。基础研究证实其对促进神经突触间联系、提高大脑可塑性等方面有明显作用^[5]。以往 FES 研究一般以常规康复治疗作对照^[6,7],本研究使用生物反馈电刺激治疗足下垂内翻的偏瘫患者作为对照,进行随机对照临床研究,

探讨 FES 对改善下肢运动功能和步行能力的作用。

1 对象与方法

1.1 研究设计

选取符合入组标准的脑卒中后足下垂、内翻患者随机分为试验组和对照组,两组患者均接受常规康复训练。对照组在康复训练的基础上,对患侧下肢采用生物反馈电刺激(肌电生物反馈仪 MyoNet-BOW, 诺城电气有限公司,上海)治疗改善足下垂内翻;试验组在康复训练的基础上,对患侧下肢采用功能性电刺激仪(DC-L-500, 德长医疗科技有限公司,江苏常熟)治疗改善足下垂内翻。两组均于入组时、治疗 2 周后和治疗 4 周后分别进行 10 米舒适步速、简化 Fugl-Meyer(下肢)评定以及功能性步行分级(functional ambulation category, FAC)评定。

1.2 基本资料

选取符合入组标准的脑卒中后足下垂、内翻的偏瘫患者 41 例,使用随机数字表法将其随机分入试验组(24 例)和对照组(17 例)。入选标准:(1)符合第四届全国脑血管病会议脑卒中诊断标准;(2)首次发病,经头颅 CT 或 MRI 证实,病程 1~12 个月内,病情稳定;(3)患者均存在患侧足下垂、足内翻,均愿意接受康复治

收稿日期:2016.05.03

基金项目:上海市卫计委科研项目(No. 20134124);上海市卫计委重要薄弱学科建设项目(No. 2015ZB0401)

通信作者:白玉龙, Email: dr_baiyl@126.com

疗;(4) 下肢改良 Ashworth 分级在 II 级或以下; 下肢 Brunnstrom 分级在 III 或以上;(5) 患者可独立行走或在监视下 15 米以上, 即 FAC 评分至少达到 3 级;(6) 愿签署知情同意书。排除标准:(1) 合并严重心肺肝肾肾功能不全, 不宜进行康复训练者;(2) 严重认知功能障碍

碍患者, MMSE < 23 分;(3) 精神疾患者, 不能配合训练者;(4) 聋、哑人;(5) 无法在定点医院接受治疗和定期随访者。治疗前, 试验组和对照组的性别、年龄及病程等一般资料均无统计学差异, 具有可比性(见表 1)。至研究结束时, 无不良反应事件报告。

表 1 两组患者基本情况

例数	年龄(岁)	性别		MMSE	病程(月)	脑卒中类型		偏瘫侧		
		男	女			脑梗死	脑出血	左	右	
对照组	17	52.71 ± 1.67	15	2	27.55 ± 0.64	3.61 ± 0.52	6	11	5	12
试验组	24	55.29 ± 2.56	20	4	27.60 ± 0.69	4.24 ± 0.75	13	11	11	13

1.3 治疗方法

康复训练: 两组患者均使用常规内科用药治疗基础疾病, 如高血压、糖尿病、冠心病等。对患侧下肢的常规康复训练包括踝关节活动度维持训练; 利用 Rood 技术轻拍和擦刷胫前肌、缓慢牵伸小腿三头肌; 在镜子前纠正异常步态, 正确指导步行模式, 促使偏瘫侧足底充分落地; 增强患者下肢协调控制能力训练, 如上下楼梯、卧位患侧足跟沿健侧划圈等运动。康复训练每日 1 次, 每次 30 min, 每周连续治疗 5 日, 共治疗 4 周。

对照组: 在康复训练基础上, 采用生物反馈电刺激治疗足下垂内翻。电极分别贴于腓骨小头后外侧和胫前肌上。刺激频率 30 Hz, 脉宽 100 μ s, 波升: 波降=1 s: 1 s, 刺激: 休息=8 s: 8 s, 电流为患者最大可耐受值, 约 20 mA ~ 40 mA。患者按照指示灯提示或者语音提示主动足背伸或主观想象足背伸。每日治疗 2 次, 每次 20 min, 每周连续治疗 5 日, 共治疗 4 周。两次训练间隔时间至少 2 h 以上。

试验组: 在康复训练基础上, 采用功能性电刺激治疗足下垂内翻。亮色电极贴于腓骨小头后外侧, 另一电极贴于胫前肌上。刺激频率 30 Hz, 脉宽 100 μ s, 调节电流强度, 确定能够使踝关节背伸, 固定电极片。将刺激仪固定在膝关节内侧下方, 令患者先迈健侧, 再迈患侧, 完成一个步行周期。此时, 刺激仪会自动采集小腿



图 1 在功能性电刺激治疗中。神经电极粘贴于腓骨小头附近, 肌肉电极粘贴于胫前肌, 通过微调神经电极的位置达到最佳的足背屈外翻以及最佳的同步状况。

完成步态周期需要的角度范围。设置好患者步态角度, 然后让患者开始进行步行训练。功能性电刺激仪自动检测下肢步行周期, 在患肢摆动相时自动给予刺激, 诱发踝背伸。每日 2 次, 每次 20 min, 每周 5 次, 共治疗 4 周。两次训练间隔时间至少 2 h 以上。

1.4 评定方法

简化 Fugl-Meyer 下肢评分(FM)^[9]用于评定患者下肢运动功能, 共 7 大项, 包括有无反射活动(FM1, 最高 4 分, 最低 0 分)、屈肌协同运动(FM2, 最高 6 分, 最低 0 分)、伸肌协同运动(FM3, 最高 8 分, 最低 0 分)、伴协同运动的活动(FM4, 最高 4 分, 最低 0 分)、脱离协同运动的活动(FM5, 最高 4 分, 最低 0 分)、正常反射(FM6, 最高 2 分, 最低 0 分)、协调能力和速度(FM7, 最高 6 分, 最低 0 分, 即跟膝胫试验, 快速连续做 5 次)。分为 17 个小项, 每项最低 0 分, 最高 2 分, 分值范围为 0~34 分。分值越高, 功能越好。

功能性步行分级(FAC)^[9]用于评定患者步行能力, 分 0~5 级, 级别越高, 步行能力越好。0 级是没有步行能力, 1 级是需要大量持续性帮助, 2 级需要少量帮助, 3 级需要监护或言语指导, 4 级可在平地上独立, 5 级可完全独立。分级越高, 功能越好。

10 米舒适步速测定^[10]。测定方法为用彩色胶布在起点到终点的直线距离为 16 m。平地上标记步行测试的起点、3.0 m 点、13.0 m 点和终点。让患者以舒适步行状态自起点走至终点。用秒表记录患者从 3.0 m 点至 13.0 m 点所需的时间和步数, 记录时间精确到 0.1 s。共测试 3 次, 取其平均值作为最终结果(m/min)。

整个研究过程中, 课题负责人、康复医师、康复治疗师、患者均了解分组情况, 采用评定者单盲法进行功能评定。所有患者均签署知情同意书, 自愿加入本研究。本研究通过复旦大学附属华山医院伦理委员会审批(批件号: 2013 临审第 329 号)。

1.5 统计学方法

研究数据使用 SPSS 20.0 进行统计学处理。性别、功能性步行功能分级(FAC)采用卡方检验, 年龄、

MMSE 评分、病程、Fugl-Meyer 下肢评分、10 米舒适步速各时间点组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内前后比较采用单因素方差分析。 $P < 0.05$,差异有统计学意义。

2 结果

2.1 Fugl-Meyer 下肢评定改善情况

FM 下肢总分在治疗前后、两组间差异无统计学意义。FM 分项中,FM3(伸肌协同运动)治疗 2 周后组间比较有显著性差异(试验组 6.25 ± 0.28 分,对照组 4.65 ± 0.55 分, $P < 0.05$)。FM3(伸肌协同运动)治疗 4 周后、以及各分项目在治疗 2 周和 4 周后试验组较对照组均有增高趋势,但差异无统计学意义。

表 2 两组简化 Fugl-Meyer 下肢评定结果(分)($\bar{x} \pm s$)

	治疗前	治疗 2 周后	治疗 4 周后
FM 总分			
试验组	18.00 ? 1.70	19.53 ? 1.73	21.53 ? 1.77
对照组	21.04 ? 1.11	23.29 ? 1.25	24.96 ? 1.19
FM1			
试验组	3.54 ? 0.26	3.67 ? 0.20	3.79 ? 0.15
对照组	4.00 ? 0.00	4.00 ? 0.00	4.00 ? 0.00
FM2			
试验组	4.46 ? 0.25	4.67 ? 0.25	4.79 ? 0.22
对照组	3.65 ? 0.40	3.88 ? 0.43	4.06 ? 0.41
FM3			
试验组	5.79 ? 0.31	6.25 ? 0.28*	6.58 ? 0.26
对照组	4.35 ? 0.59	4.65 ? 0.55	5.18 ? 0.54
FM4			
试验组	1.67 ? 0.30	1.75 ? 0.30	2.04 ? 0.30
对照组	1.12 ? 0.28	1.29 ? 0.29	1.59 ? 0.29
FM5			
试验组	1.13 ? 0.24	1.46 ? 0.28	1.62 ? 0.28
对照组	0.71 ? 0.19	1.06 ? 0.26	1.12 ? 0.27
FM6			
试验组	1.79 ? 0.09	1.92 ? 0.06	1.96 ? 0.04
对照组	1.47 ? 0.17	1.59 ? 0.17	1.65 ? 0.17
FM7			
试验组	2.67 ? 0.34	3.42 ? 0.39	4.00 ? 0.38
对照组	2.65 ? 0.55	3.00 ? 0.53	3.00 ? 0.53

注: * $P < 0.05$, 与对照组比较

2.2 FAC 分级改善情况

FAC 同组内前后比较均有不同程度的提高, 试验组 5 级患者增加了 1 例, 4 级患者增加了 8 例; 对照组 5 级患者增加了 1 例, 4 级患者增加了 2 例。两组内 FAC 分级分布差异均有统计学意义($P < 0.05$)。然而, 两

组间比较差异无统计学意义。

表 3 两组 FAC 分级

分级	对照组			试验组		
	治疗前	治疗 2 周后	治疗 4 周后	治疗前	治疗 2 周后	治疗 4 周后
3 级	13	10	10	23	20	14
4 级	3	5	5	1	4	9
5 级	1	2	2	0	0	1

2.3 10 米舒适步速改善情况

治疗前, 两组患者治疗前 10 米舒适步速差异无统计学意义。治疗 4 周后, 试验组较对照组速度有增大趋势, 组间差异无统计学意义($P = 0.051$)。两组内, 三个连续时间点比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

表 4 两组 10 米舒适步速(m/min)

	治疗前	治疗 2 周后	治疗 4 周后
试验组	19.31 ? 1.81	21.00 ? 1.94*	21.06 ? 1.79**
对照组	15.94 ? 2.55	18.59 ? 2.60*	20.29 ? 3.10**

* $P < 0.05$, 与治疗前相比; ** $P < 0.05$, 与治疗 2 周后比较

3 讨论

偏瘫步态常表现为足下垂、内翻、下肢划圈等, 这很大程度影响了患者的步行速度和安全性。临床上主要采用神经促进技术、生物反馈电刺激、佩戴支具、功能性电刺激等多种方法来治疗足下垂、内翻。功能性电刺激在临床上运用已有数十年, 能有效地帮助脑卒中、多发性硬化、脑外伤以及其他中枢神经系统损伤患者进行功能恢复^[1,12]。应用基于正常步态的功能性电刺激治疗缺血性脑卒中后偏瘫步态, 分别于 FES 干预前、干预 5 min 及干预后 30 min 进行评定, 其自身前后比较, 结果表明功能性电刺激有助于显著改善步态周期、步速、步幅、健侧和患侧的单摆动相^[13]。已有研究表明, 在常规康复训练的基础上, 电刺激较踝足矫形器能更有效地改善脑卒中后足下垂内翻畸形^[14]。一项纳入了 495 名受试者并随访了 12 个月的研究表明, 功能性电刺激和踝足矫形器虽然对改善步速的作用类似, 但长期使用功能性电刺激能更有效地提高步行耐力和功能性活动, 表现为 6 分钟步行能力显著提高^[15]。本研究结果与之类似, 生物反馈电刺激与功能性电刺激均可不同程度改善脑卒中偏瘫足下垂内翻患者的步行能力和下肢整体的运动功能, 两组间患者 10 米舒适步速差异虽无统计学意义, 但功能性电刺激组的改善具有优于生物反馈电刺激组的趋势。

生物反馈电刺激及功能性电刺激均采用低频脉冲电刺激。生物反馈电刺激是低频脉冲治疗的一种, 在临

床上常用于治疗脑卒中后足下垂、内翻^[6]。功能性电刺激是利用一定强度的低频脉冲电流,由预先设定的程序在患肢摆动时刺激特定肌肉,引发肌肉收缩,诱导形成正常的运动模式,从而促进患侧运动功能的恢复。相对于生物反馈电刺激,功能性电刺激可以在患者行走时使用,对于改善患者的步行速度有良好的治疗效果。生物反馈电刺激常常只刺激胫前肌,因为胫前肌除引起踝关节背伸外,还有足内翻的作用,因此,其治疗作用存在一定缺陷,可能加重足内翻。若能在刺激胫前肌的基础上,给予腓骨长、短肌等使足外翻的肌群一定刺激,则可更好地改善步态,辅助患者正常行走。功能性电刺激可根据患者运动特点调校触发模式,在患侧下肢摆动期,获得合适的功能性电刺激触发,辅助纠正患者足下垂、足内翻完成步行活动,更好地改善步态,辅助患者正常行走。试验组在治疗 2 周后,伸肌协同运动(FM3)分值较对照组改善明显,差异有统计学意义,其他项试验组较对照组均有增高趋势,但是差异无统计学意义。中枢神经系统的可塑性可能是神经康复的理论基础,丰富的康复训练刺激可以使神经元形态学结构发生变化,从而促进脑损伤恢复,神经功能重建。行走过程中,功能性电刺激在患侧下肢伸膝时诱发踝关节背伸,产生分离运动模式,模拟了正常的运动模式,从而增强患肢的感觉输入,改善大脑的可塑性。通过测试肌电信号的研究表明,持续使用功能性电刺激治疗足下垂有助于重建神经肌肉系统通路,使步行模式趋向于功能性电刺激刺激模式,促进矫正足下垂内翻从而改善步态^[7]。功能性电刺激较生物反馈电刺激更能显著地改善患者下肢的运动功能,促进患侧下肢的负重能力。患者佩戴功能性电刺激后,有效地纠正了足下垂内翻,改善了步态。但是本研究样本量偏少,治疗周期较短,对 FES 的长期疗效没有进一步评定,导致试验组较对照组疗效有增高趋势,却无统计学意义。因此,功能性电刺激及生物反馈电刺激在治疗脑卒中后足下垂内翻中的作用,仍需进一步扩大样本量,延长治疗周期,实行随机对照双盲研究证实。

综上所述,功能性电刺激和生物反馈电刺激均有助于改善脑卒中后足下垂内翻患者的运动功能,功能性电刺激可能具有优于生物反馈电刺激的趋势。

4 参考文献

- [1] 张通. 中国脑卒中康复治疗指南 (2011 完全版)[J]. 中国康复理论与实践, 2012, 4: 301-318.
- [2] Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2016 Update: A Report From the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2016, 133(4): e38-e360.
- [3] Ward AB. Managing spastic foot drop after stroke [J]. *Eur J Neurol*, 2014, 21(8): 1053-1054.
- [4] 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]. *NeuroRehabilitation*, 2011, 29(4): 393-400.
- [5] Thrasher TA, Flett HM, Popovic MR. Gait training regimen for incomplete spinal cord injury using functional electrical stimulation[J]. *Spinal Cord*, 2006, 44(6): 357-361.
- [6] 刘翠华, 张盘德, 容小川, 等. 步态诱发功能性电刺激结合康复训练对脑卒中足下垂患者的临床疗效[J]. *中国老年学杂志*, 2014(24): 6882-6884.
- [7] 王国宝, 鲍勇, 谢青, 等. 智能助力功能性电刺激治疗脑卒中后踝关节运动障碍的临床研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2014, 36(7): 529-531.
- [8] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2002, 16(3): 232-240.
- [9] Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999, 80(4): 421-427.
- [10] 瓮长水. 脑卒中患者步行功能障碍评价[J]. *中国临床康复*, 2002, 13: 1869-1871.
- [11] Melo PL, Silva MT, Martins JM, et al. Technical developments of functional electrical stimulation to correct drop foot: sensing, actuation and control strategies [J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2015, 30(2): 101-113.
- [12] Hausmann J, Sweeney-Reed CM, Sobieray U, et al. Functional electrical stimulation through direct 4-channel nerve stimulation to improve gait in multiple sclerosis: a feasibility study[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12: 100.
- [13] Xu B, Yan T, Yang Y, et al. Effect of normal-walking-pattern-based functional electrical stimulation on gait of the lower extremity in subjects with ischemic stroke: A self-controlled study [J]. *NeuroRehabilitation*, 2016, 38(2): 163-169.
- [14] Dunning K, O'Dell MW, Kluding P, et al. Peroneal Stimulation for Foot Drop After Stroke: A Systematic Review[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2015, 94(8): 649-664.
- [15] Bethoux F, Rogers HL, Nolan KJ, et al. Long-Term Follow-up to a Randomized Controlled Trial Comparing Peroneal Nerve Functional Electrical Stimulation to an Ankle Foot Orthosis for Patients With Chronic Stroke [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2015, 29(10): 911-922.
- [16] Knutson JS, Fu MJ, Sheffler LR, et al. Neuromuscular Electrical Stimulation for Motor Restoration in Hemiplegia[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2015, 26(4): 729-745.
- [17] Pilkar R, Yarossi M, Nolan KJ. EMG of the tibialis anterior demonstrates a training effect after utilization of a foot drop stimulator[J]. *NeuroRehabilitation*, 2014, 35(2): 299-305.

论文降重、修改、代写请加微信（还有海量Kindle电子书哦）



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>

