

·临床研究·

基于行走模式功能性电刺激对脑卒中恢复期患者步态调控的研究*

李春镇¹ 眭明红¹ 于力争¹ 向云¹ 燕铁斌^{2,3}

摘要

目的:观察单次不同刺激时间下基于行走模式的功能性电刺激(FES)对脑卒中恢复期患者步态的实时调控作用。

方法:纳入脑卒中恢复期患者20例,将基于正常行走模式设计的功能性电刺激仪的电极放在偏瘫侧的胫前肌、股四头肌、腓肠肌及腓绳肌的运动点上,患者在预先测试好的区域内戴机行走治疗;采用Walker-view数字化跑台评定系统检测患者戴机行走状态下的步态参数(主要观察行走中的负重对称性、双侧步长偏差、双侧髋关节屈伸角度及双侧膝关节屈伸角度的对称性等),每次检测需时1min;分别在戴机治疗前、戴机行走5min、行走10min、行走15min的4个时间点接受Walker-view数字化跑台评定系统检测,获取步态分析参数并采用自觉疲劳程度判断分级法(RPE)同时评定患者的自觉疲劳程度。

结果:与治疗前未开机刺激比较,患者戴机(基于正常行走模式的FES)行走治疗5min、10min、15min后,负重对称性、步长偏差、髋关节屈伸角度及膝关节屈伸角度的对称性较治疗前明显改善,差异均有显著性意义($P<0.05$)。各治疗时间点之间比较,患者戴机行走10min的步态参数优于戴机行走5min,差异有显著性意义($P<0.05$);而戴机行走15min的步态参数较戴机行走5min和戴机行走10min比较,开始出现降低趋势,差异无显著性意义($P>0.05$);RPE的评定发现,戴机行走前及戴机行走5min后,患者无一人表现出疲劳;随着治疗时间的延长,疲劳人数开始出现并逐渐增多,戴机行走10min后的疲劳(评分13—15分)人数占总人数的15%;戴机行走15min后,80%患者出现疲劳(评分13—15分之间)。

结论:基于行走模式的FES对脑卒中恢复期患者的步态有即时改善作用,但戴机治疗时间以10min的效果最佳,15min后效果开始减退。

关键词 功能性电刺激;脑卒中;步态

中图分类号:R493,R741 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2019)-05-0562-04

脑卒中具有高发病率、高患病率、高死亡率、高致残率和高复发率的特点,危害巨大。中国脑卒中发病率120—180/10万,每年新发病例>200万,且2/3的患者因此遗留偏瘫、失语等严重的残疾^[1-3]。脑卒中后对患者影响最大的是肢体运动功能障碍,严重影响功能独立,包括步行能力障碍^[1-3]。

功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES)是一种物理治疗方法,大量临床研究证明FES可以安全有效地改善脑卒中后偏瘫肢体的运动功能^[4-6]。临床研究证明^[7-13],基于正常模式的FES能提高步行速度^[10-12],增强步行能力^[7-9],改善步频^[11],调节平衡能力^[12],增加踝背屈^[13]。其

中,对于FES发挥疗效的最佳治疗时间的研究甚少,尚无定论。因此,本研究旨在探索基于正常行走模式FES的治疗时间与改善脑卒中患者步行能力的关系,为临床优化治疗方案提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2018年2月—2019年2月在深圳市南山区人民医院康复医学科住院的脑卒中偏瘫患者,符合纳入标准20例,其中脑出血4例,脑梗死16例;男性13例,女性7例;左侧偏

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.05.012

*基金项目:国家自然科学基金联合基金重点支持项目(U1613207);国家自然科学基金项目(81772477);广州市科技计划项目(201704020140);广东省医学科研基金项目(A2018551);深圳市卫生计生系统科研项目(SZXJ2018026);2017年深圳市南山区科技计划项目(南科研卫2017009)

1 深圳大学附属第六医院,深圳市南山区人民医院康复医学科,深圳,518020; 2 中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科,广东省康复与养老工程技术研究中心; 3 通讯作者

作者简介:李春镇,男,主管技师;收稿日期:2019-03-19

瘫8例,右侧偏瘫12例;年龄(53.45 ± 2.39)岁;病程(44.45 ± 4.56)d。

纳入标准:①均符合第四届全国脑血管疾病学术会议制定的诊断标准^[15],且经头颅CT或MRI检查明确诊断。首次脑梗死或脑出血;②年龄30—75岁,病程1—3个月,单侧偏瘫,且患侧下肢深、浅感觉无明显异常;③生命体征稳定,意识清楚;④有肢体功能障碍,已给予常规康复治疗,下肢Brunnstrom分期Ⅲ期或以上,踝背屈肌力 ≥ 2 级;⑤改良Ashworth评分 < 2 级,踝关节无明显挛缩,被动背屈可达中立位;⑥步行能力达Holden能力2级及以上,且患者需能一次性连续行走至少15min;⑦血压控制在正常范围,无心肌梗死、心绞痛等发作,心功能良好,无其他限制活动的并发症。愿意签署知情同意书。

排除标准:①病变位于脑干或小脑,存在并发症,如感觉性失语、认知功能障碍(简易记忆测试量表 $\leq 7/10$ 分^[16]);②进展型卒中或其他神经功能缺失影响步行能力;③严重心、肝、肾及感染等疾病;④颅脑外伤、肿瘤;⑤严重的髋、膝、踝关节挛缩影响步行能力。

脱落标准:①不能配合治疗者;②未按治疗计划执行者;③严重不良事件和不良反应的受试者;④严重的其他并发症或疾病治疗过程中恶化者。

剔除标准:①由于各种原因,没有完成调查研究,观察并记录不完整者;②受试者依从性差、产生严重不良事件或反应,临床研究过程当中出现严重其余并发症或病情恶化,不宜继续接受实验者;③不予合作,自行退出者。

1.2 方法

1.2.1 设备:采用由中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科设计(专利号:2006200588870)、广州市凡科医疗设备有限公司生产的多功能电疗综合治疗仪(商品名:易善行),型号:P2-9632,注册证号:粤械201522602。采用意大利生产的TecnoBody数字化跑台的步态分析系统(型号:Walker-view)进行患者步态参数检测。

1.2.2 治疗方法:按照机器设定的正常行走模式的刺激方式,先在患者身上确定治疗部位,四组电极分别放在偏瘫侧胫前肌、股四头肌、腓肠肌及腓绳肌的运动点上^[17];设置治疗时间等参数:双向对称方波,频率30Hz,波长200 μ s,选择步行模式,足底触发开关启动,步行周期5s,刺激强度为能引起肌肉产生明显收缩。完成所设定的参数后,打开足底触发开关确认开始治疗。患者戴机在预先选定的地点行走15min,分别在治疗前、行走5min、行走10min、行走15min后即刻,在TecnoBody数字跑台上进行步态分析检测。

1.3 步态评估

采用Tecnobody数字跑台步态分析系统进行步态检测与分析。在开始戴机治疗前的第一次测试,先让患者先在跑

台上进行2min的适应性步行,其目的是确定患者步行速度。确定步行速度后,切换步态分析系统,设定患者预先检查的步行速度,步态分析时间为1min,在检测前,告知患者以自身平常步行节奏行走。在随后的测试中,每位患者均进行4次的步态分析,分别在戴机治疗前、治疗5min、10min、15min后进行即刻步态分析。

1.4 疲劳程度评定

采用自觉疲劳程度分级(rating of perceived exertion, RPE)进行评估。测试之前,向患者详细解释量表每一级别内容,保证患者熟悉掌握量表内容。RPE自我得分越高说明疲劳程度越严重。每位患者均进行4次的RPE评定:分别在戴机治疗前、戴机行走5min、10min、15min后进行。

1.5 统计学分析

使用SPSS 23.0统计软件进行数据分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,患者戴机行走治疗前后的参数比较采用单因素重复测量方差分析。 $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 步态参数比较

本次研究符合纳入观察20例患者,研究对象进行基于正常行走模式FES戴机治疗5min、治疗10min、治疗15min后负重对称性、步长的偏差、髋关节角度及膝关节角度的对称性均较治疗前明显改善,差异均有显著性意义($P < 0.05$)。随后进行了不同戴机行走时间点的两两比较,治疗10min后患者步态即刻变化情况优于治疗5min后,差异有显著性意义($P < 0.05$);而戴机行走15min后的步态即刻变化差于戴机治疗5min后和治疗10min后,但差异无显著性意义($P > 0.05$),见表1。

2.2 疲劳程度比较

20例患者在戴机行走前、戴机行走5min后、10min后及15min后均进行了疲劳程度RPE评分。戴机行走前及行走5min后,无一例患者出现疲劳;戴机行走10min后,3例患者(15%)出现疲劳(评分13—15分);戴机行走15min后,16例患者(80%)出现疲劳(评分在13—15分)。

3 讨论

偏瘫步态是脑卒中重要的临床表现之一,步行能力的恢复是提高患者日常生活活动能力,改善生存质量的关键^[18]。脑卒中后偏瘫步态的特点是步行对称性差、下肢髋、膝、踝小腿关节活动受限及稳定性差等^[18-19]。因此,较快的步速和较好的步行姿势是对脑卒中患者步态训练的目^[20]。TecnoBody数字化跑台的步态分析系统,主要通过抗干扰高速红外摄像系统及压力感应步道,可实时快速的记录身体关节角度变化、身体压力中心变化、步长、触地时间等基本步态数据,适

表1 戴机行走治疗前及治疗各时间点参数比较

($\bar{x} \pm s, n=20$)

参数	治疗前	治疗 5min 后	治疗 10min 后	治疗 15min 后
步态周期(s)	1.63±0.37	1.55±0.31	1.46±0.30	1.60±0.32
支撑时间(s)	1.11±0.34	1.02±0.28	0.94±0.24	1.08±0.29
摆动时间	0.51±0.13	0.53±0.13	0.51±0.12	0.52±0.13
支撑相(%)	66.95±8.43	64.90±7.09	63.95±5.90	66.55±7.10
摆动相(%)	33.45±8.00	35.10±7.09	36.05±5.90	34.45±7.75
健侧步长(cm)	17.15±6.94	19.50±6.76	20.85±6.61	19.15±6.29
患侧步长(cm)	23.20±7.19	23.40±6.76	23.30±7.20	24.55±6.53
双侧步长偏差(cm) ^c	6.05±2.89	3.85±2.85 ^①	2.80±2.33 ^{①②}	5.40±2.92 ^{①③}
健侧髋关节屈(°)	18.70±8.03	19.42±6.68	20.96±7.04	19.16±6.40
健侧髋关节伸(°)	-7.76±2.64	-8.78±2.53	-9.62±2.34	-8.90±2.57
患侧髋关节屈(°)	19.09±7.63	19.60±6.59	19.42±6.85	19.69±8.37
患侧髋关节伸(°)	-7.54±4.29	-8.89±2.90	-10.17±2.31	-7.08±5.45
双侧髋关节屈伸ROM差值(°) ^b	4.79±3.16	2.52±2.50 ^①	1.75±2.05 ^{①②}	4.30±2.64 ^{①③}
健侧膝关节屈(°)	36.55±6.99	35.90±6.81	37.02±7.53	39.25±9.80
健侧膝关节伸(°)	4.16±2.57	3.36±2.43	2.23±1.77	3.30±1.96
患侧膝关节屈(°)	28.65±7.03	31.75±5.87	32.75±5.72	34.27±10.41
患侧膝关节伸(°)	3.72±2.36	2.77±1.65	1.61±0.98	3.79±2.34
双侧膝关节屈伸ROM差值(°) ^a	9.28±3.86	6.15±3.19 ^①	4.55±2.95 ^{①②}	7.53±3.56 ^{①③}
负重对称性(%)	5.90±2.85	4.09±2.90 ^①	3.13±2.27 ^{①②}	5.32±2.35 ^{①③}

注:与治疗前比较^① $P<0.05$;与治疗 5min 及治疗 15min 比较^② $P<0.05$;与治疗 5min 及治疗 10min 比较^③ $P>0.05$;a 为左右侧膝关节屈伸 ROM(屈 ROM-伸 ROM)的差值;b 为左右髋关节屈伸 ROM(屈 ROM+伸 ROM)的差值;c 为左右侧步长的偏差(患侧-健侧)

合临床应用。

3.1 基于正常行走模式 FES 有助改善脑卒中患者行走功能

FES 可以安全有效地改善脑卒中后偏瘫肢体的运动功能^[5-6]。基于正常行走模式 FES 较以往的电刺激治疗,更加强调了正常模式输入的重要性,刺激一个周期就是模拟一次正常步态,因此,较以往单纯刺激单一肌肉效果更加明显^[7-8]。基于正常行走模式 FES 通过使患者反复练习正确的行走动作,让这种正确的步行运动模式通过刺激本体感受器,不断地向中枢传入正常的行走模式信息,在中枢留下持久的记忆痕迹,以达到纠正步态,增强患肢的自主运动功能的状态。大量的研究证实^[9-10, 20-21],基于正常行走模式的功能性电刺激可以改善偏瘫患者的步态,提高步行中的稳定性。本研究发现基于正常行走模式 FES 治疗 5min、10min 及 15min,步态负重对称性、左右步长偏差、髋关节和膝关节屈伸角度的偏差指标,均优于治疗前,比较差异有显著性意义($P<0.05$),表明基于正常行走模式 FES 治疗脑卒中患者偏瘫下肢产生正常行走的动作,且在治疗中不断重复,这是一种模式化的训练,是一个认知的学习过程,它突破了以往关注单个关节运动的模式,将重点放在整个下肢的模式运动控制中,运用正确的运动模式引导偏瘫下肢,从整体上纠正了异常步态,改善步行姿势,达到偏瘫下肢功能恢复的目的。

3.2 改善脑卒中行走患者的 FES 单次治疗时间

目前临床上应用基于正常行走模式 FES 治疗脑卒中偏瘫患者的常规治疗时间及强度一般为 30min/次,1—2 次/日,5—6 次/周^[7-10, 14]。之所以选择 30min 作为 1 个治疗单元,缺乏科学依据。因此,本研究比较了不同时间点之间的差异,探索最佳的单次治疗时间。本研究发现戴机行走 10min 后患者步态变化情况优于戴机行走 5min 后和 15min 后;而戴机行走 15min 后步态即刻变化情况并不如优于戴机行走 5min 后和 10min 后,说明患者的行走功能并没有进一步的改善。而反映患者疲劳的 RPE 评分则发现,随着戴机行走时间的延长,患者开始出现疲劳人数,并逐渐增多,戴机行走 15min 后患者出现疲劳的人数占比最多,达到 80%,说明 FES 戴机治疗单次时间以不超过 15min 为宜,此时大部分患者都不能耐受。其可能原因除了与本次研究纳入的患者为脑卒中发病 3 个月,该阶段的患者功能和肌肉耐力相对较差有关,也提示在这个阶段的患者,戴机行走的最佳时间不宜超过 15min,建议患者休息。

本研究确认了基于正常行走模式的 FES 对于脑卒中患者步态能力的改善作用,对于发病 3 个月之内的脑卒中患者,推荐基于正常行走模式 FES 的治疗时间以 10min 为宜(不超过 15min),可以避免患者出现疲劳,影响临床疗效。由于本次研究样本量较少且缺乏长期随访及对照研究,因此,对于不同病程脑卒中患者的最佳步态治疗,还需进一步

开展大样本、长期随访研究加以证实^[21]。

参考文献

- [1] Winstein CJ, Joel S, Arena R, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery. A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association[J]. Stroke, 2016, 47:e98—e169.
- [2] 贾建平, 陈生弟. 神经病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 170.
- [3] Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies[J]. Neurophysiol Clin. 2015; 45(4—5): 335—355.
- [4] Zheng X, Chen D, Yan T, et al. A randomized clinical trial of a functional electrical stimulation mimic to gait promotes motor recovery and brain remodeling in acute stroke[J]. Behavioral Neurology, 2018, 12: 1—10.
- [5] Crimmon CM, Christine EK, Wang PT, et al. Brain-Controlled functional electrical stimulation for Lower-Limb motor recovery in stroke survivors[C]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2014: 1247—1250.
- [6] Mccrimmon CM, King CE, Wang PT, et al. Brain-controlled functional electrical stimulation therapy for gait rehabilitation after stroke: a safety study[J]. J Neuroeng Rehabil, 2015, 12(57): 57.
- [7] Aaron SE, Vanderwerker CJ, Embry AE, et al. FES-assisted cycling improves aerobic capacity and locomotor function post cerebrovascular accident[J]. Med Sci Sports Exerc, 2018, 50(3): 400—406.
- [8] 陈丹凤, 燕铁斌, 黎冠东, 等. 功能性电刺激对脑卒中早期患者下肢运动功能及磁共振弥散张量成像的影响[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(37): 2886—2892.
- [9] 胡川, 杨晓, 顾莹, 等. 基于正常行走模式的功能性电刺激对老年脑卒中患者步行功能的影响[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20(7): 742—745.
- [10] 谭志梅, 姜文文, 燕铁斌, 等. 基于正常行走模式的功能性电刺激对脑卒中恢复期患者行走功能的影响[J]. 中华医学杂志, 2016, 96(29): 2342—2346.
- [11] Chung E, Park SI, Jang YY, et al. Effects of brain-computer interface-based functional electrical stimulation on balance and gait function in patients with stroke: preliminary results [J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(2): 513—516.
- [12] Hwang DY, Lee HJ, Lee GC, et al. Treadmill training with tilt sensor functional electrical stimulation for improving balance, gait, and muscle architecture of tibialis anterior of survivors with chronic stroke: a randomized controlled trial [J]. Technology and Health Care, 2015, 23(4): 443—452.
- [13] Cho MK, Kim JH, Chung Y, et al. Treadmill gait training combined with functional electrical stimulation on hip abductor and ankle dorsiflexor muscles for chronic hemiparesis [J]. Gait Posture, 2015, 42(1): 73—78.
- [14] 杨婷, 李雪萍. 步态诱发功能性电刺激对偏瘫足下垂患者步行能力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(2): 170—174.
- [15] 中华医学会全国第四次脑血管病学术会议. 各类脑血管疾病分类诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6): 379—380.
- [16] 伍少玲, 燕铁斌, 黄利荣. 简易智力测试量表的效度及信度研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2003, 25: 140—142.
- [17] 燕铁斌, 程曙光. 一种基于行走模式的下肢瘫痪功能性低频电刺激治疗仪[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2008, 30(11): 733—735.
- [18] Wonsetler EC, Bowden MG. A systematic review of mechanisms of gait speed change post-stroke. Part 2: exercise capacity, muscle activation, kinetics, and kinematics[J]. Top Stroke Rehabil, 2017, 24(5): 394—403.
- [19] 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]. Neuro Rehabilitation, 2016, 38(2): 163—169.
- [20] 单莎瑞, 黄国志, 曾庆, 等. 步态诱发功能性电刺激对脑卒中后足下垂患者步态时空参数的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2013, 28(6): 558—560.
- [21] Bruni MF, Melegari C, De Cola MC, et al. What does best evidence tell us about robotic gait rehabilitation in stroke patients: A systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Neurosci, 2018, 48: 11—17.