

功能性电刺激结合快速步行训练对 脑卒中偏瘫患者功能的影响

杨婷,林强,程凯,杨倩,谢增艳

【摘要】 目的:观察功能性电刺激结合快速步行训练对脑卒中偏瘫后遗症期患者社区性步行能力及生理耗能的影响。**方法:**将30例脑卒中偏瘫足下垂患者随机分为观察组和对照组各15例,均接受神经内科常规药物及康复功能训练;观察组采用功能性电刺激(FES)结合快速步行训练,FES刺激患侧腓总神经和胫前肌;对照组采用常规的减重跑台快速步行训练。分别在治疗前、治疗后评定6分钟步行距离(6MWD)及生理耗能指数(PCI)。**结果:**治疗4周后,2组PCI较治疗前有显著降低($P<0.05$),6MWD均较治疗前显著增加($P<0.05$);静息心率治疗前后比较差值无统计学意义。2组治疗后,观察组的PCI明显低于对照组($P<0.05$),而6MWD、静息心率组间差异无统计学意义。**结论:**功能性电刺激结合快速步行训练和传统的减重跑台快速步行训练都能够显著改善脑卒中偏瘫后遗症期患者的社区性步行能力及生理耗能;功能性电刺激结合快速步行训练降低生理耗能更明显。

【关键词】 功能性电刺激;步行训练;偏瘫;功能

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2017.06.003

Effects of functional electrical stimulation combined with fast gait training on walking performance in hemiplegic stroke patients Yang Ting, Lin Qiang, Cheng Kai, et al. Department of Rehabilitation Medicine, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China

【Abstract】 Objective: To explore the effects of functional electrical stimulation (FES) combined with fast gait training on community walking and energy cost of hemiplegic stroke patients during sequelae stage. **Methods:** Thirty hemiplegic stroke patients with foot drop were divided into two groups randomly. Both two groups were given routine medical treatment and rehabilitation training. FES (two electrodes were respectively placed on peroneal nerve and the tibialis anterior muscle) combined with fast gait training was given to the treatment group while control group received conventional weight support treadmill fast gait training only. Both two groups were treated twice per day and 5 days per week for 4 weeks. The distances of 6 min walking test (6MWT) and physiological consumption index (PCI) were assessed before and after treatment. **Results:** After 4-week treatment, both two groups showed significant improvements in 6MWT and PCI ($P<0.05$). There was no significant difference in 6MWT between two groups, but PCI was significantly decreased in the treatment group after treatment ($P<0.05$). **Conclusions:** FES combined with fast gait training and conventional weight support treadmill fast gait training can both improve community walking ability and decrease energy consumption in hemiplegic stroke patients during sequelae stage while FES combined with fast gait training has distinct advantage on energy consumption.

【Key words】 functional electrical stimulation; gait training; hemiplegia; function

脑卒中会导致长期的功能障碍以及各种能力的降低或丧失^[1]。运动功能降低后将会使再次卒中、心血管疾病、糖尿病、高血压、抑郁等发生的风险增加以及与健康相关的生活质量降低,这些都是脑卒中后需要关注的问题^[2-5]。脑卒中后,康复治疗是恢复的基础,然而我们目前的较多努力都无法很好地解决运动功能障碍导致的步行能力的降低,特别是脑卒中后一年以

上的患者,他们以一种较为固定的异常模式步行,但无法达到较长距离^[6-9]。因此我们迫切需要探索能够改善卒中后步行能力的一些创新性的治疗方法。本研究采用的功能性电刺激(Functional Electrical Stimulation, FES)通过步态传感器(胫骨的倾角)检测到的步态情况来控制刺激器的低频脉冲输出,在患足起步时刺激踝背伸,而在患足落地时停止电刺激,以此控制患肢的足部运动,提高患侧下肢的运动功能。跑台上快速的步行也已经被一些研究证明比舒适速度的步行训练更能够提高速度、步长、稳定性等步行能力^[10]。因此本研究采用FES结合快速步行训练,观察此训练方

收稿日期:2017-02-06

作者单位:南京医科大学附属南京医院康复医学科,南京 210006

作者简介:杨婷(1982-),女,主管技师,讲师,博士研究生在读,主要从事神经康复方面的研究。

法对脑卒中后遗症期患者社区性步行能力及生理耗能的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2014年5月~2016年5月来我科进行门诊复诊的后遗症期脑卒中偏瘫患者。诊断符合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：符合脑卒中诊断标准，单一的皮层或皮层下卒中时间>12个月；可观察到的步态异常；可以在没有支具或者其他辅助的情况下步行6min；膝关节伸直的情况下，踝关节被动背伸可达中立位，髋关节可被动伸10°；患者可交流并理解指令；踝跖屈肌和内翻肌群肌张力在改良Ashworth 2级或者以下。排除标准：小脑卒中的患者；非脑卒中导致的步行功能障碍；其他原因如外周神经损伤导致的足下垂患者；足下垂伴有关节挛缩、畸形等不适合行走者；单侧忽略或者偏盲；合并其他系统严重疾病，不能耐受评估或者训练的患者。共有30例患者入选，随机分为2组各15例，①观察组：男6例，女9例；平均年龄(60.13±6.61)岁；平均病程(15.73±2.34)d；脑梗死9例，脑出血6例；左侧偏瘫6例，右侧9例。②对照组：男7例，女8例；平均年龄(61.07±8.15)岁；平均病程(15.00±1.93)d；脑梗死8例，脑出血7例；左侧偏瘫8例，右侧7例。2组一般资料比较差异无统计学意义。

1.2 方法 所有入组的患者都采用常规药物治疗和康复治疗，观察组采用FES结合快速步行训练，对照组采用常规的减重跑台快速步行训练。2组训练均为每天2次，每周5d，共4周。观察组每次训练包括5组跑台上及1组平地的6min快速步行。每组训练之间有休息。在跑台上步行训练时，为了保证安全，有减负重装置保护，但不起减负重作用。快速步行训练的速度采用平地10m最大步行速度测试测得的速度，如果无法在跑台上以此速度步行至少4min则降低速度，但不得低于患者舒适步行的速度。患者每天测一次最大步行速度，然后以此速度进行步行训练。对照组每次3min减重跑台训练，同样有保护无减负作用。FES操作方法：①将电极片置于患侧的腓总神经与胫前肌肌肉部位。②通过输出电刺激，确定正确的电极位置。设置合理的电刺激参数，脉冲宽度从100us开始，电流从小到大，直到看到患者足部出现背屈。③病人采取站立位，患足垂直于地面，设定“起步角”，此时请患者健侧下肢向前迈一步，并与地面垂直，而患足脚尖着地，脚跟抬起；设定“落地角”时，患足迈出至健侧下肢与地面垂直。此时如显示角度<7°最好重新设

置；如果>7°，则可以手动调小一点。

1.3 评定标准 ①生理耗能指数(Physiological Cost Index, PCI)^[11-13]：让患者保持坐位安静状态3min后，测定安静状态下的心率。然后让患者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。最后通过下列公式计算出PCI：PCI=(步行3min后心率-安静状态下心率)(bts/min)/步行速度(m/min)。②6min步行测试(6 Minute Walking Test, 6MWT)^[14]：要求患者在平直的走廊里尽可能远的行走，测定6min的步行距离。患者能够选择自己的运动强度，可以随时停止或者休息一段时间后再行走。大多数的日常生活活动也是次极量的运动，因此，6MWT的距离可以较好的反应日常生活体力活动水平。③最快步行速度采用10m最大步行速度测试^[15]：用彩色胶布在从起点到终点的直线距离为16m的平地上标记测试的起点、3m点、13m点和终点。让患者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。观察组的所有评定都是在佩戴FES的情况下进行。

1.4 统计学方法 数据采用SPSS 24.0进行统计处理。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间均数比较采用 t 检验，组内均数比较采用配对 t 检验，以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

治疗4周后，2组PCI均较治疗前有显著降低(均 $P < 0.05$)，6MWD均较治疗前显著增加(均 $P < 0.05$)；静息心率治疗前后比较差值无统计学意义。2组治疗后，观察组的PCI明显低于对照组($P < 0.05$)，而6MWD、静息心率组间比较差异无统计学意义。见表1。

表1 2组治疗前后6MWD、PCI及静息心率比较 $\bar{x} \pm s$

组别	n	时间	PCI	6MWD(m)	静息心率 (次/min)
观察组	15	治疗前	0.80±0.09	258.60±42.31	75.07±4.42
		治疗后	0.40±0.07 ^{ab}	302.53±40.69 ^a	74.67±4.04
对照组	15	治疗前	0.79±0.12	258.27±48.64	73.87±3.46
		治疗后	0.54±0.11 ^a	311.40±47.43 ^a	73.93±3.49

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

3 讨论

偏瘫患者的踝控制障碍和足下垂是由于胫前肌肌

力下降、踝背伸不足、运动无力、运动控制差和痉挛等原因引起的,会造成步态异常、平衡障碍,增加步行时跌倒的风险^[16-18]。因此针对踝背伸的治疗能够有效地改善脑卒中偏瘫患者的下肢功能以及步行功能。FES是临床上常用的以电流作用于未受损的神经以产生肌肉收缩的一种治疗方法。自从1961年以来,FES已经被用于矫正偏瘫足下垂以及踝关节控制障碍^[19]。已有较多的研究证实了FES能够增加踝背伸的肌力和活动度,降低肌张力,改善运动及步行功能^[20]。影像学研究发现足下垂电刺激引起了中枢神经系统的可塑性变化,因为增加最大主动收缩和运动诱发电位时,运动皮层和残留的减弱的神经连结的激活增加^[21]。研究还发现,FES不仅可以改善卒中后患者的步态,提高步速,还可以降低步行时的能量消耗^[22-23]。

本研究结果证实不论是传统的减重跑台快速步行训练还是FES结合快速步行训练都能够增加6MWT以及降低PCI。脑卒中后步行的特征是速度慢、耐力差、步行模式的改变,与正常患者步行比较是一种与高能耗相关的步态,因此脑卒中患者表现出很差的运动耐力^[24-25]。减重跑台是临床上为了改善脑卒中患者的步行能力而较常采用的训练方法之一^[26]。结合运动训练的原则,如特异性的任务、重复次数、训练强度等,对步行速度的改善与传统的步行训练比较能够起到更大的作用^[27]。因此2组不同形式的快速步行训练后,6MWD较治疗前都显著增加。快速步行能够引起显著的身体和肢体运动学上的以及肌肉激活方式上的速度依赖性改变,因此快速步行时有较快的心率和较高的肌肉激活水平。在特异性任务的基础上,速度强化训练能够改善步行功能,同时通过增加心血管系统的功能,肌肉力量、运动协调性以及姿势控制去适应步行速度的增加。脑卒中患者总体的能量消耗和心脏负担,在一定范围内是与步速呈负相关的,因此快速步行时有更高的效率,能够使身体各部分有更好的协调能力和最佳的能量消耗^[28]。需要强调的是PCI涉及到心率,而本研究的受试者都是发病超过一年的脑卒中患者,部分患者使用了会影响心率的药物,但是在治疗的全程药物没有调整,并且观察组和对照组治疗前后比较,两组间比较,静息心率都没有显著性差异,说明2组快速步行训练有效降低了能量消耗。

值得注意的是本研究的另一结果为治疗后2组6MWT比较无显著性差异,而2组PCI相比,差别有统计学意义。有研究表明,偏瘫患者从自适应速度到快速步行,踝跖屈肌做功明显下降后,髋关节的做功明显增加,而达到步频大于或等于正常人,步幅小于或等

于正常人,最终维持一定的步速^[29]。而FES主要针对踝关节肌肉在步行过程中的动力不足,最终降低步行时的能耗^[30]。因此,PCI和6MWT都是评价脑卒中后步行表现以及能量消耗的重要指标,但是两者又不能等同。另外,有研究发现脑卒中后6分钟步行试验的结果仅仅与社区参与中等相关^[31-33]。而能量消耗已经被证实是神经系统损伤步行障碍患者社区参与的主要决定因素^[34-35]。因此,脑卒中后遗症期患者,在进行FES结合快速步行训练后步行同样的距离生理耗能明显降低,步行更有效,社区性步行能力及社会参与的程度更高。

本研究发现采用FES结合快速步行训练,治疗后患者在社区性步行中能耗降低,步行更有效。但是本研究采用的能量消耗评估是生理耗能指数与经典的评估能量消耗的最大摄氧量还是有差异,因此后续的研究我们可以采用最大摄氧量来进行评估以期得到更准确的结果。

【参考文献】

- [1] Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, et al. Heart disease and stroke statistics-2010 update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2010, 121(7): 46-215.
- [2] Lee PH, Nan H, Yu YY, et al. For non-exercising people, the number of steps walked is more strongly associated with health than time spent walking[J]. *J Sci Med Sport*, 2013, 16(3): 227-230.
- [3] Rand D, Eng JJ, Tang PF, et al. Daily physical activity and its contribution to the health-related quality of life of ambulatory individuals with chronic stroke[J]. *Health Qual Life Outcomes*, 2010, 8(1): 80.
- [4] English C, Manns PJ, Tucak C, et al. Physical activity and sedentary behaviors in people with stroke living in the community: a systematic review[J]. *Phys Ther*, 2014, 94(2): 185-196.
- [5] Michael KM, Allen JK, Macko RF. Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(8): 1552-1556.
- [6] Lord SE, McPherson K, McNaughton HK, et al. Community ambulation after stroke: how important and obtainable is it and what measures appear predictive[J]? *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(2): 234-239.
- [7] Lamb SE, Ferrucci L, Volapto S, et al. Risk factors for falling in home-dwelling older women with stroke: the Women's Health and Aging Study[J]. *Stroke*, 2003, 34(2): 494-501.
- [8] Reisman DS, Rudolph KS, Farquhar WB. Influence of speed on walking economy post stroke[J]. *Neurorehab Neural Re*, 2009, 23(6): 529-534.
- [9] Hornnes N, Larsen K, Boysen G. Little change of modifiable risk factors 1 year after stroke: a pilot study[J]. *Int J Stroke*, 2010, 5(3): 157-162.
- [10] Lamontagne A, Fung J. Faster Is Better: Implications for Speed-

- Intensive Gait Training After Stroke[J]. *Stroke*, 2004, 35(11): 2543-2548.
- [11] 刘翠华等. 步态诱发功能性电刺激对脑卒中足下垂患者的疗效观察[J]. *中国康复医学杂志*, 2011, 26(12): 1136-1139.
- [12] 李品香编译. 生理消耗指数的信度[J]. *国外医学·物理医学与康复学分册*, 1997, 17(1): 25-26.
- [13] Binaya SJBR, Matiram P. Estimation of Physiological Cost Index as an Energy Expenditure Index using MacGregor's Equation[J]. *J Nepal Med Assoc*, 2015, 53(199): 176-181.
- [14] Pohl PS, Duncan PW, Perera S, et al. Influence of stroke-related impairments on performance in 6-minute walk test[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2002, 39(4): 439-444.
- [15] Plummer P, Behrman AL, Duncan PW, et al. Effects of stroke severity and training duration on locomotor recovery after stroke: a pilot study[J]. *Neurorehab Neural Re*, 2007, 21(2): 137-151.
- [16] Stewart JD. Foot drop: where, why and what to do[J]? *Pract Neurol*, 2008, 8(3): 158-169.
- [17] Brunnstrom S. *Motor Behavior of Adult Patients with Hemiplegia: Movement therapy in hemiplegia*[M]. New York, NY: Harper & Row, 1970.
- [18] De Quervain IA, Simon SR, Leurgans S, et al. Gait pattern in the early recovery period after stroke[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, 78(10): 1506-1514.
- [19] Liberson WT, Holmquest HJ, 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(8): 101-105.
- [20] Yan T, Hui-Chan CWY, Li LSW. 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.
- [21] Everaert DG, Thompson AK, Chong SL, et al. Does functional electrical stimulation for foot drop strengthen corticospinal connections[J]? *Neurorehab Neural Re*, 2010, 24(2): 168-177.
- [22] Kottink AIR, Oostendorp LJM, Buurke JH, 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.
- [23] BurrIDGE JH, Ladouceur M. Clinical and therapeutic applications of neuromuscular stimulation-a review of current use and speculation into future developments[J]. *Neuromodulation*, 2001, 4(4): 147-154.
- [24] Corcoran PJ, Brengelmann GL. Oxygen uptake in normal and handicapped subjects, in relation to speed of walking beside velocity-controlled cart[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1970, 51(2): 78-87.
- [25] Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10 metres overestimates locomotor capacity after stroke[J]. *Clin Rehabil*, 2001, 15(4): 415-421.
- [26] Laufer Y, Dickstein R, Chefez Y, et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: a randomized study[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2001, 38(1): 69-78.
- [27] Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2000, 81(4): 409-417.
- [28] Jonsdottir J, Recalcati M, Rabuffetti M, et al. Functional resources to increase gait speed in people with stroke: Strategies adopted compared to healthy controls[J]. *Gait Posture*, 2009, 29(3): 355-359.
- [29] Awad LN, Reisman DS, Pohlig RT, et al. Reducing The Cost of Transport and Increasing Walking Distance After Stroke: A Randomized Controlled Trial on Fast Locomotor Training Combined With Functional Electrical Stimulation[J]. *Neurorehab Neural Re*, 2015, 30(7): 1-10.
- [30] Awad LN, Reisman DS, Wright TR, et al. Maximum walking speed is a key determinant of long distance walking function after stroke[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2014, 21(6): 502-509.
- [31] Muren MA, Hütler M, Hooper J. Functional capacity and health-related quality of life in individuals post stroke[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2008, 15(1): 51-58.
- [32] Danielsson A, Willén C, Sunnerhagen KS. Is walking endurance associated with activity and participation late after stroke[J]? *Disabil Rehabil*, 2011, 33(21-22): 2053-2057.
- [33] Lee KB, Lim SH, Ko EH, et al. Factors related to community ambulation in patients with chronic stroke[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2015, 22(1): 63-71.
- [34] Lapointe R, Lajoie Y, Serresse O, et al. Functional community ambulation requirements in incomplete spinal cord injured subjects[J]. *Spinal Cord*, 2001, 39(6): 327-335.
- [35] Moore JL, Roth EJ, Killian C, et al. Locomotor training improves daily stepping activity and gait efficiency in individuals poststroke who have reached a "plateau" in recovery[J]. *Stroke*, 2010, 41(1): 129-135.