

· 临床研究 ·

减重平板训练联合功能性电刺激对脑卒中后偏瘫患者下肢运动功能和步行能力的影响

李辉 李岩 顾旭东 傅建明 劳方金 何雯雯 林在龙

浙江省嘉兴市第二医院康复医学中心, 嘉兴 314000

通信作者: 顾旭东, Email: jxgxd@hotmail.com

【摘要】 目的 观察减重平板训练(BWSTT)联合功能性电刺激(FES)对脑卒中后偏瘫患者下肢运动功能和步行能力的影响。**方法** 采用随机数字表法将脑卒中后偏瘫患者 58 例分为 FES 组 19 例、BWST 组 19 例和联合组 20 例。3 组患者均接受早期常规康复治疗, FES 组在早期常规康复治疗的基础上增加 FES 治疗, BWSTT 组则增加 BWSTT 治疗, 联合组在早期常规康复治疗的基础上增加 BWSTT 联合 FES 治疗。3 组患者均每日治疗 1 次, 每次均为 30 min, 每周治疗 5 d, 连续治疗 8 周。于治疗前和治疗 8 周后(治疗后)采用 Berg 平衡量表(BBS)、简化 Fugl-Meyer 下肢运动功能量表(FMA-LE)、10 m 步行时间测试(10MWT)和功能性步行能力分级(FAC)分别评估 3 组患者的平衡功能、下肢运动能力、步行速度和步行功能。**结果** 治疗后, 3 组患者 BBS 和 FMA-LE 评分、10MWT 和 FAC 评级均较组内治疗前显著改善($P<0.05$), 且联合组的 BBS 和 FMA-LE 评分分别为 (36.8 ± 4.2) 分和 (28.6 ± 3.5) 分, 10MWT 为 (8.3 ± 3.6) s, FAC 评级为 (3.4 ± 0.7) 级, 均显著优于 FES 组和 BWSTT 组治疗后, 差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 减重平板训练结合功能性电刺激可进一步改善脑卒中偏瘫患者的平衡功能、下肢运动功能和步行功能。

【关键词】 脑卒中; 功能性电刺激; 减重平板; 运动功能; 步行能力

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.03.005

Combining treadmill training with functional electrical stimulation can improve the lower limb motor functioning and walking ability of hemiplegic stroke survivors

Li Hui, Li Yan, Gu Xudong, Fu Jianming, Lao Fangjin, He Wenwen, Lin Zailong

Rehabilitation Medical Center of The Second Hospital of Jiaxing, Jiaxing 314000, China

Corresponding author: Gu Xudong, Email: jxgxd@hotmail.com

【Abstract】 Objective To observe any effect of body-weight-supported treadmill training (BWSTT) combined with functional electrical stimulation (FES) on lower limb motor function and the walking ability of hemiplegic stroke survivors. **Methods** Fifty-eight stroke survivors with hemiplegia were randomly divided into an FES group of 19, a BWSTT group of 19 and a combination group of 20. In addition to their early routine rehabilitation therapy, the FES and BWSTT groups were provided with the respective therapies, while the combination group received both. The three groups received 30 minutes of treatment a day, 5 days a week for 8 weeks. The Berg Balance Scale (BBS), the simplified version of the Fugl-Meyer assessment scale for the lower extremities (FMA-LE), the 10-metre walk test (10MWT) and functional ambulation classification (FAC) were used to evaluate the subjects' balance, lower-limb motor function, walking speed and walking function before and after the 8 weeks of treatment. **Results** After the treatment, the average BBS, FMA-LE, 10MWT and FAC scores of all three groups had improved significantly, but the combination group's averages were then significantly better than those of the other two groups. **Conclusions** BWSTT combined with FES can best improve the balance, lower-limb motor functioning and walking of hemiplegic stroke survivors.

【Key words】 Stroke; Functional electrical stimulation; Treadmill training; Motor function; Walking ability

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.03.005

脑卒中后不同程度的步行功能障碍是影响患者日常生活能力的重要因素, 步行能力的恢复是脑卒中康复治疗的基本内容和关键^[1]。减重平板训练(boby

weight supported treadmill training, BWSTT)是近年来应用康复治疗领域对步行能力进行训练的一种新方法^[2], 是运用减重吊带系统转移患者的部分体重, 使

患者在疾病早期即可开始步态训练。功能性电刺激 (functional electrical stimulation,FES) 是利用一定强度的低频脉冲电流刺激预先设定的一组或多组肌肉,诱发患者下肢肌肉运动或模拟正常的、重复、有节律的自主步行训练,以改善或恢复被刺激肌肉或肌群功能的治疗方法^[3]。有研究证明,FES 可有效地改善脑卒中患者的步行功能,配合相关的任务导向性训练后疗效更优,其临床应用也日益受到关注^[4]。本研究采用减重平板训练结合功能性电刺激对脑卒中患者的下肢运动功能、平衡能力和步行能力进行了干预,取得了满意疗效。

资料与方法

一、一般资料

入选标准:①符合第四届全国脑血管会议通过的脑卒中诊断标准^[5],经头颅 CT 或 MRI 检查明确诊断;②首次脑梗死或脑出血后;③生命体征稳定,意识清楚;④单侧肢体偏瘫,患者下肢 Brunnstrom 分期 ≥Ⅱ期;⑤病程<6 周,血压正常,无心肌梗死或心绞痛,无其他限制活动的合并症;⑥签署知情同意书。

选取 2009 年 11 月至 2011 年 12 月在浙江省嘉兴市第二医院康复医学中心住院且符合上述标准的脑卒中后偏瘫患者 58 例,采用随机数字表法将其分为 FES 组 19 例、BWST 组 19 例和联合组 20 例。3 组患者的性别、平均年龄、平均病程、偏瘫侧别和病变性质等一般资料组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。

二、康复治疗

3 组患者均接受早期常规康复治疗,包括良肢位摆放、早期诱发躯干功能训练、神经促通技术、牵伸技术、平衡功能训练、日常生活活动能力训练,每次 30 min,每周治疗 5 次,连续治疗 8 周。FES 组在早期常规康复治疗的基础上增加 FES 治疗,BWSTT 组则增加 BWSTT 治疗,联合组在早期常规康复治疗的基础上增加 BWSTT 联合 FES 治疗。

1.FES 组治疗方法:采用 2 台美国 EMPI 公司产的双通道 FES 治疗仪,通过时间转换器将其连接成为四通道治疗仪,治疗电极放置在患侧下肢的股四头肌、腓绳肌、胫骨前肌和腓肠肌的运动点上。FES 治疗仪

输出频率为 30 Hz,脉宽 0.3 ms,最大耐受刺激(20~30 mA),周期性间歇输出模式,一个刺激周期相当于一个步态周期,刺激强度以出现关节运动而不引起疼痛为宜,刺激程序模拟正常人步行中的肌肉收缩时序^[6]。FES 治疗每日 1 次,每次 30 min,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。

2.BWSTT 组治疗方法:采用美国 Life Gait 公司生产的 Life Gait I250 型电动减重装置和配套的 Gait-keeper 步态训练台进行 BWSTT。从减重 30% 开始,然后根据患者躯干肌肌力、步态异常程度、下肢张力和肌力等酌情减重 15%~0%,调速范围为 0.2~0.5 m/s,一般 0.4 m/s,平板坡度设置为 0°。患者迈步不充分的情况下由 1~2 名治疗师对膝、踝关节处给予支持和诱导。BWSTT 治疗每日 1 次,每次 30 min,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。

3.联合组治疗方法:在 BWSTT 治疗的同时同步进行 FES 治疗,治疗中需注意,当患侧下肢出现可见的步行动作时,再打开减重平板开关,使减重平板速度与患者的步速一致。FES 治疗电极放在患侧下肢股四头肌、腓绳肌、胫前肌、小腿三头肌的运动点上^[8],治疗参数和疗程同 FES 组,BWSTT 治疗方法、参数和疗程同 BWSTT 组。

三、评定方法

于治疗前和治疗 8 周后(治疗后)采用 Berg 平衡量表(Berg balance scale,BBS)、简化 Fugl-Meyer 下肢运动功能量表(Fugl-Meyer assessment scale for lower extremity,FMA-LE)、10 m 步行时间测试(10-meter walk time test,10MWT)和功能性步行能力分级(functional ambulation category,FAC)分别评估 3 组患者的平衡功能、下肢运动能力、步行速度和步行功能。

1. BBS 评分^[7]:该量表用于评估受试者的平衡功能,内容包括坐下、站起、独自站立、闭眼站立、双上臂向前伸、转身一圈、单侧下肢站立、两足交替站立等 14 个项目,每个项目最低 0 分,最高 4 分,总分 56 分,得分越高,表示平衡能力越好。

2. FMA-LE 评分^[8]:FMA-LE 涉及 7 项操作,共 17 小项,包括下肢协同运动、分离运动、协调与速度、反射活动等方面,每项评分 0~2 分,下肢部分共 34 分,分数越高则下肢功能越好。

表 1 3 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		偏瘫侧别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$)	病变性质(例)	
		男	女	左	右			脑出血	脑梗死
FES 组	19	10	9	9	10	61.5±12.3	19.3±7.2	10	9
BWSTT 组	19	9	10	10	9	59.7±10.4	18.8±8.2	10	9
联合组	20	11	9	10	10	59.9±11.5	19.1±7.9	9	11

3. 10MWT:记录患者步行 10 m 所用的时间。

4. FAC 分级^[9]:该量表用于评估受试者的步行功能,分 6 个等级,0 级为不能行走或完全依靠轮椅或需 2 人以上帮助行走;1 级为需双拐支撑或需 1 人持续有力帮助行走、维持平衡;2 级为持续或间断需要 1 人帮助平衡或协调,或需矫形器和单拐等维持平衡;3 级为可行走但需 1 人监护或言语指导,4 级为仅平面上可独立行走;5 级是可独立行走任何地方。FAC 等级越高,则步行功能越好。

四、统计学分析

采用 SPSS 11.5 版统计学软件对本研究所得数据进行分析,所有数据以($\bar{x} \pm s$)表示。3 组患者年龄、病程等一般资料采用 t 检验,性别、偏瘫侧和发病类型的比较采用 χ^2 检验,组内治疗前、后比较采用配对资料 t 检验,组间比较采用两独立样本 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

治疗前,3 组患者的 BBS 评分、FMA 评分、10MWT 和 FAC 分级组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后,3 组患者的 BBS 评分、FMA 评分、10MWT 和 FAC 分级较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P < 0.05$),且联合组患者治疗后的 BBS 评分、FMA 评分、10MWT 和 FAC 分级均显著优于 FES 组和 BWSTT 组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),详见表 2。

讨 论

本研究结果表明,脑卒中后偏瘫患者经 8 周的 BWSTT 联合 FES 治疗后,其 BBS 评分、FMA 评分、10MWT 和 FAC 分级较组内治疗前均显著改善,且显著优于 FES 组和 BWSTT 组治疗后。该结果表明,BWSTT 联合 FES 治疗可显著改善脑卒中后偏瘫患者

的平衡功能、下肢运动能力和步行功能,且疗效优于 BWSTT 或 FES 的单独应用。

偏瘫步态是脑卒中重要的临床表现之一,恢复和提高步行能力是脑卒中偏瘫患者的康复目标,但患者早期不足以承重、平衡功能差以及异常的运动模式是影响步态恢复的主要因素^[10-11]。人体的所有运动均为中枢系统与反馈机制动态交互作用的结果,脑卒中患者由于这种交互作用受到损害,导致脑卒中患者肌肉活动的时间出现差错^[2]或主动收缩肌达不到应用的强度,即步态异常。

BWSTT 是建立在大脑功能重组和神经可塑性基础上的功能训练方法^[12],该训练将步行三要素(负重、迈步、平衡)有机结合,可帮助患者在还不具有足够支撑能力和平衡能力的情况下,进行早期的自立位的重复步行训练^[13]。有研究证明,BWSTT 训练对早期脑卒中偏瘫患者下肢运动功能具有确切疗效,对患侧下肢步行速度及下肢异常运动模式的改善作用明显优于常规地面步行练习,并且在运动过程中可向中枢神经组织输入大量本体感觉信息,从而促使正常步行模式形成^[14-15]。本研究结果中,BWSTT 组患者在训练 8 周后,其平衡能力、下肢运动功能、步行速度和步行功能较组内治疗前均显著好转,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

有研究表明,功能性动作的产生需要多个关节、多组肌群的协调运动和控制^[16]。刺激多组肌群、产生多个关节活动的治疗方式符合功能性活动的要求,能更好地改善瘫痪肢体的运动功能^[17]。本研究中的四通道 FES 正是基于正常的运动模式的理念所设计,通过刺激患者相关肌群,使患者产生运动,具有类似于“强制性运动”的作用,具有纠正步态能力强,治疗效果持续时间长的优势^[18]。本研究结果中,FES 组患者训练 8 周后,其平衡能力、下肢运动功能、步行速度和步行功能较组内治疗前亦显著改善。

表 2 3 组患者治疗前、后 BBS 评分、FMA 评分、10MWT 和 FAC 分级结果比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BBS(分)	FMA(分)	10MWT(s)	FAC(级)
FES 组					
治疗前	19	13.2±3.8	16.3±4.8	14.6±2.3	1.2±0.6
治疗后	19	32.6±2.3 ^{ab}	24.2±4.2 ^{ab}	10.8±3.1 ^{ab}	2.5±1.0 ^{ab}
BWSTT 组					
治疗前	19	12.9±4.1	16.6±4.4	14.4±2.2	1.1±0.5
治疗后	19	32.4±2.9 ^{ab}	25.4±4.6 ^{ab}	10.7±3.5 ^{ab}	2.6±0.9 ^{ab}
联合组					
治疗前	20	13.3±3.5	17.1±3.9	14.3±2.6	1.1±0.8
治疗后	20	36.8±4.2 ^a	28.6±3.5 ^a	8.3±3.6 ^a	3.4±0.7 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与联合组治疗后比较,^b $P < 0.05$

为进一步提高疗效,本研究将 BWSTT 和 FES 相结合,结果取得了较 BWSTT 或 FES 单独应用更有效的结果,本课题组认为,2 种治疗方法协同治疗机制主要包括:①BWSTT 装置可减轻患者的下肢负重,消除小腿三头肌因负重痉挛影响步行等不利因素,通过活动平板,可均速带动患者练习屈髋、屈膝和踝背屈动作^[19];②FES 按照正常行走的时序和时间分别刺激股四头肌、腓绳肌、胫前肌、小腿三头肌,通过反射性抑制,可降低下肢肌肉协同收缩率,以此平衡下肢各肌群的收缩能力,使瘫痪的下肢产生行走的动作^[20-21];③2 种治疗方法协同作用可诱发瘫痪肢体产生的主动的、具有任务导向性或近于正常运动模式的重复性活动,不仅可以增强关节和肌肉信息传入,提供更好的运动视觉反馈^[22],还可提高神经元被刺激后肌肉的收缩能力,促进脑的可塑性变化^[23]。

综上所述,BWSTT 结合 FES 治疗可显著改善脑卒中后偏瘫患者的平衡功能、下肢运动能力和步行功能,该疗法可在脑血管疾病后下肢功能的康复中推广应用。

参 考 文 献

- [1] 黄晓琳,王平,王伟,等.脑卒中偏瘫患者减重平板训练的临床应用研究[J].中华物理医学与康复杂志,2003,25(9):544-547. DOI:10.3760/j.issn.0254-1424.2003.09.011.
- [2] 钟杰,鲁凤琴,王高岸.减重步行训练对脑卒中患者下肢运动功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2008,30(7):489-490.
- [3] Dimitrijevic MM,Dimitrijevic MR.Clinical elements for the neuromuscular stimulation and functional electrical stimulation protocols in the practice of neurorehabilitation[J].Artific Organs, 2002, 26(3):256-259.
- [4] 姜文文,谭志梅,燕铁斌.功能性电刺激对脑卒中后患者步行的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2012,34(11):868-870. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.011.021.
- [5] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管病诊断要点[J].中华神经志,1996,29(6):379-380.
- [6] 游国清,严铁斌.功能性电刺激及其在脑卒中后偏瘫患者中的应用[J].中华物理医学与康复杂志,2007,29(2):142-144. DOI:10.3760/j.issn.0254-1424.2007.02.021.
- [7] 南登崑.康复医学[M].4版.北京:人民卫生出版社,2008:159-161.
- [8] 王玉龙.康复评定[M].北京:人民卫生出版社,2000:181-185.
- [9] Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D, et al. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects [J]. Arch Phys Med Rehabil, 1999, 80(4):421-427.

- [10] 燕铁斌.人体运动控制与模式运动模式的低频电刺激临床应用[J].实用医院临床杂志,2010,7(1):4-5. DOI:10.3639/j.issn.1672-6170.2010.01.002.
- [11] 陈丽娜,纵亚,杨加亮,等.减重步行训练对脑卒中早期偏瘫患者步行能力恢复的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2006,28(5):343-345. DOI:10.3760/j.issn.0254-1424.2006.05.019.
- [12] 顾旭东,吴华,李建华,等.下肢康复机器人系统结合减重平板训练对脑卒中偏瘫患者步行能力的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2011,33(6):447-450. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1442.2011.06.014.
- [13] 李岩,吴华,姚云海,等.下肢康复机器人系统结合减重平板训练对脑卒中偏瘫患者步行能力及步态的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2012,34(11):810-813. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1442.2012.11.003.
- [14] 毛玉琰,李乐,肖湘,等.减重平板训练对早期脑卒中患者下肢运动力矩峰值的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2013,35(1):21-24. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1442.2013.01.006.
- [15] 徐燕忠.早期减重步行训练对脑卒中患者步行能力的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2009,31(8):548-549. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2009.08.012.
- [16] 谭志梅,姜文文,燕铁斌.多通道功能性电刺激及其在脑卒中偏瘫肢体康复中的应用[J].中华物理医学与康复杂志,2011,33(6):464-467. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1442.2011.06.019.
- [17] Kesar TM, Perumal R, Reisman DS, et al. Functional electrical stimulation of ankle plantarfl-Exor and dorsiflexor muscles effects on post-stroke gait[J]. Stroke, 2009, 40(12):3821-3827.
- [18] 陈昱,陈月桂,燕铁斌.基于行走模式的功能性电刺激对健康青年体感诱发电位的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2011,33(6):431-434. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2011.06.009.
- [19] 程华军,廖亮华,陈尚杰.肉毒毒素注射后功能性电刺激与运动平板同步治疗脑卒中后足下垂及足内翻的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2016,38(9):674-678. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.09.007.
- [20] 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. DOI:10.3321/j.issn.0254-1424.2008.11.016.
- [21] 燕铁斌,许云影,李常威.功能性电刺激改善急性脑卒中患者肢体功能的随机对照研究[J].中华医学杂志,2006,86(37):2627-2631. DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2006.37.009.
- [22] Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation[J]. Muscle Nerve, 2007, 35(5):562-590. DOI:10.1002/mus.20758.
- [23] Chae J, Sheffler L, Knutson J. Neuromuscular electrical stimulation for motor restoration in hemiplegia[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2015, 26(4):729-745. DOI:10.1016/j.pmr.2015.06.002.

(修回日期:2021-12-17)

(本文编辑:阮仕衡)