·临床研究·

对侧控制型功能性电刺激对脑卒中患者上肢功能的影响*

沈 滢[1] 殷稚飞[1] 戴文骏[1] 伊文超[1] 李勇强[1] 张文通[1] 蔡可书[1] 单春雷[1,2]

摘要

目的:研究对侧控制型功能性电刺激(CCFES)对脑卒中患者上肢功能的影响。

方法:将60例脑卒中患者随机分为CCFES组(n=30)和对照组(n=30)。两组均接受常规康复训练。CCFES组在患侧腕背伸肌给予CCFES,将电极置于双侧腕背伸肌运动点,首先采取三点法对健侧产生轻微腕背伸动作(<10%完全动作幅度)、中等腕背伸动作(50%完全动作幅度)、完全腕背伸动作时的肌电值进行标定,然后调节刺激器使患侧腕关节产生与健侧三个相同幅度的动作,记录所需电流强度。治疗时健侧做腕背伸动作以触发刺激器,给予患侧腕背伸肌相对应强度的电刺激以产生与健侧相似的动作。输出波形为方波,电流频率60Hz,脉冲宽度200μs,持续时间20min。对照组在患侧腕背伸肌运动点给予神经肌肉电刺激(NMES),输出波形为方波,电流频率60Hz,脉冲宽度200μs。两组治疗方案均为每次20min,每日1次,每周5次,连续治疗3周。分别于治疗前、治疗3周后采用上肢Fugl-Meyer评分法、上肢运动力指数(MI)、偏瘫上肢功能测试-香港版(FTHUE-HK)、主动腕背伸活动度(AROM)对患者上肢功能进行评定。

结果:治疗3周结束时,CCFES组上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK评分及腕背伸AROM均较治疗前显著提高($P<0.05$);对照组上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK较治疗前有明显提高($P<0.05$);且CCFES组上肢Fugl-Meyer和FTHUE-HK评分均明显优于对照组($P<0.05$)。

结论:对侧控制型功能性电刺激能明显提高脑卒中患者上肢功能,较神经肌肉电刺激效果更佳。

关键词 对侧控制型功能性电刺激;脑卒中;上肢功能

中图分类号:R743.3, R454.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2014)-12-1119-05

Effects of contralaterally controlled functional electrical stimulation on upper limb functions in patients with stroke/SHEN Ying, YIN Zhifei, DAI Wenjun, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2014, 29(12):1119—1123

Abstract

Objective: To investigate the effects of contralaterally controlled functional electrical stimulation (CCFES) on upper limb functions in subjects with stroke.

Method: Sixty subjects with stroke were randomly assigned to treatment group (n=30) and control group (n=30). Subjects in treatment group received CCFES to the affected wrist extensors, while control group received neuromuscular electrical stimulation (NMES). The parameters of two kinds of electrical stimulation were square wave with pulse width of 200μs and frequency of 60Hz, and these electrical stimulation treatments lasted for 20min per session, 5 sessions per week for 3 weeks. The two groups all received traditional rehabilitation therapy in addition to the electrical stimulation treatment. The stimulation intensity of CCFES was based on myoelectric value got from the unaffected side while subjects voluntarily extended their wrist with minimal contrac-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.12.004

*基金项目:江苏省"六大人才高峰"项目(N2011-WS-100);江苏省卫生厅兴卫工程重点学科基金项目(XK20200903)

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科,南京,210029; 2 通讯作者

作者简介:沈滢,女,硕士,主管治疗师; 收稿日期:2014-07-29

tion (less than 10% maximal voluntary contraction[MVC]), moderate contraction (about 50% MVC) and complete contraction (=MVC). The myoelectric intensities of these 3 kinds contractions were recorded. Then during treatment, the unaffected wrist extended voluntarily to trigger affected wrist 3 contractions with the same amplitude by regulating the stimulation. Fugl-Meyer assessment (FMA) for upper limb function, upper limb motricity index (MI), FTHUE-HK score and active ROM (AROM) of wrist extension were measured before and after 3 weeks treatment.

Result: After treatment, subjects in treatment group showed significant improvements in all the measurements ($P < 0.05$); subjects in control group showed obviously improvements in upper limb FMA, MI and FTHUE-HK scores ($P < 0.05$). And subjects in treatment group showed significant higher FMA and FTHUE- HK scores than those in control group($P < 0.05$).

Conclusion: The CCFES could facilitate the improvement of upper limb function in stroke subjects, and had better effects than NMES.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, 210029

Key word contralaterally controlled functional electrical stimulation; stroke; upper limb function

上肢功能的丧失是脑卒中后常见的功能障碍，有30%—60%的脑卒中患者不能使用偏瘫侧上肢，上肢功能的恢复对提高患者日常生活活动能力和促进其回归社会有重要意义，因此上肢功能的康复尤其重要[1]。而上肢功能较为精细，恢复缓慢，一直是脑卒中康复的难题之一。神经肌肉电刺激（neuromuscular electrical stimulation, NMES）是脑卒中后上肢功能康复的一种常规、有效的治疗方法，已在国内外临床广泛应用，它可以促进肌力和运功功能的恢复。NMES属于被动治疗，不需要患者的主动参与。而对侧控制型功能性电刺激（contralaterally controlled functional electrical stimulation, CCFES）是脑卒中后瘫痪肢体康复的一种创新的功能性电刺激（functional electrical stimulation, FES）疗法，最早由Knutson等[2]于2007年提出，是用健侧手的运动来引导FES装置刺激患侧手相同部位做相似运动。它通过来自健侧肢体的控制信号来调节对患侧肢体的电刺激强度。本研究旨在研究CCFES对脑卒中上肢功能康复的疗效，并与NMES对比，现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2014年1月—6月间，在南京医科大学第一附属医院康复医学中心治疗的脑卒中患者60例。纳入标准：①符合1995年第四届全国脑血管病学术会议制定的《脑血管病诊断标准》中的脑卒中诊断标准，经CT或MRI证实[3]；②单侧发病；③生命体征稳定，意识清晰；④患侧上肢Brunnstrom分期为：Ⅱ—Ⅳ期；⑤年龄20—80岁；⑥病程3个月以内；⑦愿意签署知情同意书。排除标准：①进展型脑卒中；②合并严重心、肺、肝、肾及感染等疾病；③严重认知及交流障碍而不能配合；④戴有心脏起搏器；⑤发病前有其他原因所致运动功能障碍。

采用随机数字表法将上述患者分为CCFES组和对照组，每组30例。两组患者一般情况及病程组间差异均无显著性意义（$P > 0.05$）。见表1。

表1 两组患者一般情况及病情比较 （$\bar{x}\pm s$）

组别	例数	年龄（岁）	性别（例）		病程（d）	病变性质（例）		偏瘫侧别（例）	
			男	女		脑出血	脑梗死	左侧	右侧
CCFES组	30	59.7±15.2	24	6	49.7±30.4	9	21	14	16
对照组	30	60.9±13.5	20	10	45.3±35.6	12	18	16	14

1.2 治疗方法

两组患者均接受常规康复训练。

1.2.1 CCFES组：采用南京伟思医疗科技有限责任公司的瑞翼S4生物刺激反馈仪的CCFES处方，输出波形为方波，电流频率60Hz，强度0—60mA，脉冲宽度200μs，波升／波降比为1s／1s。将电极置于患

侧及健侧腕背伸肌运动点,首先采取三点法标定健侧活动的肌电值以及患侧在产生与健侧相同幅度动作时所需要的刺激电流强度。健侧先做出轻微伸腕动作(<10%完全动作幅度),并保持,记录完成此动作的肌电值;同时调节刺激器的电流强度使患侧达到与健侧相同幅度的轻微伸腕动作,并记录所需的电流强度。以相同的方法记录健侧做出中等伸腕动作(50%完全动作幅度)和完全伸腕动作时的肌电值以及患侧达到这两个相同幅度伸腕动作所需的电流强度。测定完成后,仪器会根据已记录的健侧三个肌电值以及对应的患侧三个刺激电流强度,自动成比例地计算出健侧上肢在完成其他不同幅度伸腕动作,即肌电值在已记录的三个肌电值之间变化时,患侧也完成相似动作所对应的刺激电流强度。治疗开始时,让患者健侧上肢主动做伸腕动作,并让患者尝试活动患侧肢体也做伸腕动作。当健侧上肢达到测定时做轻微伸腕动作(<10%完全动作幅度)所记录的肌电值时,就给予患侧上肢在测定时设定的刺激电流,使患侧达到与健侧相同幅度的轻微伸腕动作。随着健侧上肢伸腕幅度的加大,仪器会成比例的增加刺激电流强度,当健侧上肢达到测定时做中等伸腕动作(50%完全动作幅度)所记录的肌电值时,刺激电流强度即达到所设定的使患侧达到中等伸腕动作所需的电流强度。当健侧上肢的伸腕幅度进一步加大,直到健侧上肢达到测定时做完全伸腕动作所记录的肌电值时,患侧的刺激电流强度也会成比例地逐渐增加到设定的最大值,患侧最终完成与健侧相同幅度的完全伸腕动作。因此,治疗时当健侧肢体活动时,即能反馈性地引导仪器刺激患侧的肢体做相似的动作,其刺激强度与健侧肢体的活动强度成正比,完全由患者的健侧肢体控制。

1.2.2 对照组:采用南京伟思医疗科技有限责任公司的瑞翼S4生物刺激反馈仪的NMES处方,将电极置于腕背伸肌运动点,治疗中患侧上肢可出现伸腕动作,输出波形为方波,电流频率60Hz,脉冲宽度200μs,强度0—60mA,通电/断电比为5s/5s,波升/波降比为1s/1s。

两组患者治疗方案均为每次20min,每日1次,每周5次,连续治疗3周。

1.3 评定方法

治疗前、治疗3周结束时,分别进行如下评测。

1.3.1 上肢Fugl-Meyer评分[4]:上肢运动功能部分包括反射、肩、肘、腕、手等9大项,33个小项,分级为3级(0—2分),总积分为66分。

1.3.2 上肢运动力指数(motricity index, MI)[5]:包括抓捏动作、屈肘动作、外展肩关节动作三个项目,每个项目满分为33分,整个上肢分值是三个项目的积分加1,功能正常应为100分。

1.3.3 偏瘫上肢功能测试(香港版)(Hong Kong edition of functional test for the hemiplegic upper extremity, FTHUE-HK)[6]:包括联合反应(级别二)、患手放大腿(级别二);健手将患侧衣服塞入裤子里(级别三)、提着袋子(级别三);稳定瓶子,开瓶盖(级别四)、将湿毛巾拧干(级别四);搬移小木块(级别五)、用勺子进食(级别五);提举盒子(级别六)、拿茶杯喝水(级别六);用钥匙开锁(级别七)、利手拿筷子,非利手捏夹子(级别七)。共12个测试项目,最高级别为七级。

1.3.4 主动腕背伸活动度(active range of motion, AROM):使用量角器测量主动腕背伸活动度。

1.4 统计学分析

计量资料符合正态分布以均数±标准差表示,应用SPSS 19.0版软件分析。采用单因素方差分析比较组内及组间患者上肢功能差异,多重比较采用最小显著差异法(least-significant difference, LSD)。

2 结果

治疗前两组患者上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK、腕背伸AROM评分组间差异均无显著性意义($P>0.05$)。治疗3周结束时,CCFES组上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK、腕背伸AROM评分均较治疗前有显著提高($P<0.05$)。对照组上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK评分较治疗前明显提高($P<0.05$),腕背伸AROM评分治疗前后比较差异无显著性意义($P>0.05$)。且治疗后CCFES组上肢Fugl-Meyer、FTHUE-HK评分明显优于对照组($P<0.05$)。见表2。

3 讨论

3.1 CCFES的疗效优于NMES

国外已有文献报道CCFES在提高脑卒中患者上肢功能方面的疗效优于NMES。Knutson等[7]对3例

表2　治疗前后两组患者上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK、AROM比较　($\bar{x}\pm s$)

组别	上肢Fugl-Meyer(分)	上肢MI(分)	FTHUE-HK(级别)	AROM(°)
对侧控制组				
治疗前	22.23±7.87	41.70±12.24	2.70±0.65	5.80±12.27
治疗3周后	29.87±7.60①②	54.13±11.65①	3.50±0.51①②	15.33±11.78①
对照组				
治疗前	21.33±6.56	41.00±9.82	2.60±0.67	5.23±12.54
治疗3周后	26.20±6.27①	51.13±11.47①	2.93±0.74①	9.43±10.00

与组内治疗前比较:①$P<0.05$;与对照组治疗后比较:②$P<0.05$

脑卒中发病6个月后的偏瘫患者进行为期12周的CCFES,结果有2例患者的主动手指伸展活动度明显提高,3例患者盒子积木测试(box and block test, BBT)和上肢Fugl-Meyer评分均明显提高。Knutson等[8]又将21例脑卒中发病6个月以后的患者随机分为两组,一组给予CCFES,一组给予NMES,两组均进行康复训练。治疗6周结束后,接受CCFES的患者在手指最大伸展角度、手指运动跟踪误差、上肢Fugl-Meyer、BBT以及手臂运动能力测试(arm motor abilities test, AMAT)方面的得分均明显优于接受NMES的患者($P<0.05$)。脑卒中6个月以后属于后遗症期,患者的上肢和手功能不易提高,而以上研究表明CCFES即使对于脑卒中6个月以后的患者,也能明显提高其上肢和手功能,说明CCFES是一种疗效显著的电刺激疗法。本研究也得出了相同的观点,且本研究的样本量更大,患者入组标准是脑卒中后3个月以内,属于恢复期,因此本研究中CCFES组患者在治疗3周结束时所有上肢量表及腕背伸AROM评分均较治疗前显著提高($P<0.05$)。对照组虽然三组上肢功能量表评分也较治疗前明显提高($P<0.05$),但腕背伸AROM评分治疗前后比较差异无显著性意义($P>0.05$)。组间比较CCFES组上肢Fugl-Meyer和FTHUE-HK评分均明显优于对照组($P<0.05$),说明CCFES相比NMES能够更好地促进偏瘫上肢功能的恢复。本研究结果虽然CCFES组腕背伸AROM评分较治疗前显著提高($P<0.05$),对照组腕背伸AROM治疗前后无显著差异($P>0.05$)。但两组间比较差异没有显著性意义($P>0.05$),这可能是由于治疗疗程相对较短。而治疗后两组患者上肢MI评分没有显著差异($P>0.05$),可能是由于上肢MI的评定内容只包括抓捏、屈肘、外展肩关节三个动作,相对来说较为简单。

3.2　CCFES作用原理及优点

与NMES比较,CCFES更加强调患者的自主运动意识,其增加了一对在健侧肢体上的感应电极,用于监测健侧肢体的主动活动程度,当健侧肢体活动时,在患者主动意识的基础上,反馈性地引导FES装置刺激患侧的肢体做相似的动作,其刺激强度与健侧肢体的活动强度成正比。CCFES的疗效优于NMES,可能与以下因素有关:

3.2.1　CCFES通过给患者成比例控制的刺激强度让大脑控制患侧肢体,这是利用意向性运动的原则,使运动意向(中枢神经活动)和刺激的运动反应(周围神经活动)最大程度的同步化。这种沿着中枢和周围运动感觉神经通路的神经活动的重复同步化可以促进突触的重塑和神经的重组,导致受损侧肢体中枢控制的改善[9—11]。CCFES的优点是其可通过健侧肢体的运动来控制患侧肢体的运动,患侧肢体运动的范围、速度、持续时间、休息时间都受患者自己控制,因此还有利于提高患者的注意力。而NMES属于完全被动的治疗,刺激完全由仪器控制,不能将患者的运动意向与刺激的运动反应结合起来。

3.2.2　脑卒中后双侧上肢重复的康复治疗似乎可以引起双侧大脑,尤其是受累侧大脑以及小脑的网络重组,从而引起功能的提高,明显减轻偏瘫上肢功能障碍[12]。在双侧运动中健侧肢体的随意运动可以刺激受累侧初级运动皮质区和辅助运动区,增加患侧肢体执行对称运动时靶肌群收缩的可能性[13],以及受累侧半球运动传导通路的兴奋性[14]。CCFES通过健侧肢体控制刺激以引起患侧肢体运动,因此也是利用了双侧运动原理,且进行CCFES时的双侧运动是同步的,同步的双侧运动可以促进半球间去抑制,可能通过从未受累侧半球发出的正常运动命令的共享从而使大脑重组,这种去抑制也可能促进募集病灶侧残留的神经元组建新的任务相关的神经网

络[15]。脑卒中后上肢功能训练方法很多,但大多是使用专注于患侧肢体的单侧强化训练和功能训练,NMES也是单独刺激患侧肢体,然而很多日常活动任务是需要双手的协调参与的[16],CCFES的双侧运动能够更好地模拟日常活动,提高双手的协调性。

3.2.3 CCFES建立了运动和感觉神经反馈,创建了一个恢复运动控制的强烈感知觉,因为被刺激侧肢体是根据患者的运动意图活动的[17]。在进行CCFES时,患者能看到自己的双手同时完成相似的动作,患者的大脑会"误以为"能同时控制双手。这种创造已恢复超出当前受累侧肢体能力的运动控制的错觉可激活支配受累侧肢体的运动神经元,引起神经改变,促进脑功能重组和运动恢复[18—19]。CCFES可通过幻想提高患手的存在意识,有利于减轻"习得性废用"[20]。进行CCFES时,患者被指示去尝试活动他们的患侧肢体和健侧肢体保持一致。这种想象疗法能更多地激活双侧运动前区、额叶前区、辅助运动区、同侧顶叶后区及尾状核等部位[21]。患者在观察到患侧上肢活动的过程中镜像神经元系统被激活,有助于M1区运动记忆的形成[22—23]。CCFES能很好地将运动的想象、模仿和观察有机地结合起来,因此可以很好地促进脑卒中患者的运动再学习。

4 结论

CCFES是促进脑卒中后瘫痪肢体康复的一种创新的、有效的FES疗法。进行CCFES时瘫痪侧肢体是根据患者的运动意图而运动,因此更能调动患者治疗的积极性,有利于提高患者的注意力。CCFES是一种双侧对称运动训练,可以更好地提高受累侧半球初级运动皮质区的兴奋性[24],有助于募集病灶侧残留的神经元组建新的任务相关的神经网络[15]。CCFES还可以产生恢复运动控制的强烈感知觉,建立良好的运动和感觉神经反馈和活动整合。因此,CCFES在脑卒中后上肢功能康复方面充满应用前景,今后还可以应用CCFES进行目标导向的功能性任务和较为精细的运动控制任务。

参考文献

[1] 章鑫,廖维靖,徐向东,等.肌电生物反馈疗法治疗脑卒中早期患者上肢功能障碍[J].中华物理医学与康复杂志,2011,33(10):779—781.

[2] Knutson JS, Harley MY, Hisel TZ, et al. Improving hand function in stroke survivors: a pilot study of contralaterally controlled functional electric stimulation in chronic hemiplegia[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(4):513—520.

[3] 中华神经内科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病的诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379—381.

[4] 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.

[5] Kong KH, Chua KS, Lee J. Recovery of upper limb dexterity in patients more than 1 year after stroke: Frequency, clinical correlates and predictors[J]. NeuroRehabilitation, 2011, 28(2):105—111.

[6] Fong K, Ng B, Chan D, et al. Development of the Hong Kong version of the functional test for the hemiplegic upper extremity (FTHUE-HK)[J]. Hong Kong Journal of Occupational Therapy, 2004, 14(1):21—29.

[7] Knutson JS, Hisel TZ, Harley MY, et al. A novel functional electrical stimulation treatment for recovery of hand function in hemiplegia: 12-week pilot study[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2009, 23(1):17—25.

[8] Knutson JS, Harley MY, Hisel TZ, et al. Contralaterally controlled functional electrical stimulation for upper extremity hemiplegia: an early-phase randomized clinical trial in subacute stroke patients[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2012, 26(3):239—246.

[9] Nudo RJ, Wise BM, SiFuentes F, et al. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct[J]. Science, 1996, 272(5269):1791—1794.

[10] Rushton DN. Functional electrical stimulation and rehabilitation: an hypothesis[J]. Med Eng Phys, 2003, 25(1):75—78.

[11] Kimberley TJ, Lewis SM, Auerbach EJ, et al. Electrical stimulation driving functional improvements and cortical changes in subjects with stroke[J]. Exp Brain Res, 2004, 154(4):450—460.

[12] Luft AR, McCombe-Waller S, Whitall J, et al. Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. JAMA, 2004, 292(15):1853—1861.

[13] Stewart KC, Cauraugh JH, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke rehabilitation: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neurol Sci, 2006, 244(1—2):89—95.

[14] Woldag H, Lukhaup S, Renner C, et al. Enhanced motor cortex excitability during ipsilateral voluntary hand activation in healthy subjects and stroke patients[J]. Stroke, 2004, 35(11):2556—2559.

[15] Mudie MH, Matyas TA. Can simultaneous bilateral movement involve the undamaged hemisphere in reconstruction of neural networks damaged by stroke?[J]. Disabil Rehabil, 2000, 22(1—2):23—37.

[16] Chan MK, Tong RK, Chung KY. Bilateral upper limb training with functional electric stimulation in patients with chronic stroke[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2009, 23(4):

(下转第1184页)