

基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗对偏瘫肩功能的影响

周亚飞, 陈庆珍, 李莹莹, 乔峰雷, 胡世红

【摘要】 目的:探讨基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗对偏瘫肩功能的影响。**方法:**将44例脑卒中偏瘫患者随机分为神经肌肉电刺激(NMES)组和对侧控制功能性电刺激(CCFES)组,每组各22例。所有患者均接受常规康复治疗,NMES组在此基础上接受常规的神经肌肉电刺激治疗,CCFES组患者在常规治疗基础上接受基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗,均每次20min,每天1次,每周治疗5d,连续治疗4周。于治疗前及治疗4周后,统计肩关节疼痛及半脱位发生率,采用表面肌电图(sEMG)、肩关节主动活动角度(AROM)、Fugl-Meyer量表上肢运动功能评估量表(U-FMA)对患者肩关节功能进行评定。**结果:**治疗后,CCFES组患者肩关节疼痛及半脱位例数比治疗前减少($P<0.05$);2组AEMG值、肩关节AROM、U-FMA评分均比治疗前有明显提高($P<0.05$),且CCFES组各指标改善程度优于NMES组($P<0.05$)。**结论:**基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗可用于防治脑卒中患者肩关节疼痛及半脱位,改善患者肩部及上肢的功能,且优于常规的神经肌肉电刺激。

【关键词】 脑卒中;偏瘫;对侧控制功能性电刺激;双侧训练;肩功能

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2021.07.004

Effects of contralaterally controlled functional electrical stimulation based on bilateral training theory on hemiplegic shoulder function Zhou Yafei, Chen Qingzhen, Li Yingying, et al. Department of Rehabilitation Medicine, Shanghai Fifth People's Hospital, Fudan University, Shanghai 200240, China

【Abstract】 Objective: To investigate the effects of contralaterally controlled functional electrical stimulation (CCFES) based on bilateral training theory on hemiplegic shoulder function. **Methods:** From June 2018 to December 2019, 44 patients with hemiplegia after stroke were divided into neuromuscular electrical stimulation (NMES) group (22 cases) and CCFES group (22 cases) according to the random number table. Patients in both groups all received conventional neurological treatment and rehabilitation treatment. The NMES group received conventional NMES therapy, while patients in the CCFES group received CCFES based on bilateral training theory. Before and after 4 weeks of the treatment, sEMG, shoulder active range of motion (AROM) and upper extremities motor function test of Fugl-Meyer movement assessment (U-FMA) were used to evaluate the shoulder function of patients. **Results:** After treatment, the number of shoulder pain and subluxation in CCFES group significantly decreased as compared with that before treatment ($P<0.05$). AEMG, shoulder AROM and U-FMA scores in both groups were significantly higher than those before treatment ($P<0.05$), and those in the CCFES group was superior to the NMES group ($P<0.05$). **Conclusion:** CCFES based on bilateral training theory can be used to prevent and treat hemiplegic shoulder joint pain and subluxation after stroke, improve the function of shoulder and upper limb, and is superior to conventional NMES.

【Key words】 stroke; hemiplegia; contralaterally controlled functional electrical stimulation; bilateral training theory; shoulder function

脑卒中后约69%幸存者留有不同程度上肢功能障碍^[1]。肩关节半脱位、脑卒中后肩痛(post-stroke shoulder pain, PSSP)是脑卒中偏瘫患者常见的肩部问题,其中脑卒中后肩关节半脱位发生率为17%~81%^[2], PSSP发病率为5%~84%^[3]。双侧运动训练(bilateral movement training, BMT)是脑卒中后改善上肢功能有效的手段之

一^[4],但需要患侧肢体保留有较好的运动功能,或者健侧(他人)辅助患侧完成动作,具有一定的局限性。对侧控制功能性电刺激(contralaterally controlled functional electrical stimulation, CCFES)是一种在电刺激辅助下健侧诱发患侧产生运动的功能性电刺激治疗方法,可用于改善上肢功能,其应用范围主要集中在上肢远端、手腕部^[5-8],作用于偏瘫肩部的研究鲜有报道。因此,本研究尝试基于双侧训练理论进行肩部的对侧控制功能性电刺激治疗,并探讨其对偏瘫患者肩关节及上肢功能的影响。

基金项目:上海市残疾人康复科研项目(K2018018)

收稿日期:2020-10-18

作者单位:复旦大学附属上海市第五人民医院,上海 200240

作者简介:周亚飞(1988-),男,主管技师,主要从事脑卒中康复方面的研究。

通讯作者:胡世红,2635396369@qq.com

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年6月~2019年12月在复旦大学附属上海市第五人民医院行康复治疗的脑卒中患者44例。本研究经复旦大学附属上海市第五人民医院伦理委员会审批,所有患者均签署知情同意书。纳入标准:经CT或MRI确诊为脑卒中,经神经科治疗后,神志清楚,生命体征稳定;初次发病,伴有单侧肢体瘫痪;年龄45~70岁;病程<3个月;上肢Brunnstrom分期I~III期;偏瘫肩痛患者视觉模拟评分 ≤ 7 分;非偏瘫侧上肢运动功能正常;可配合训练和评估;自愿签署知情同意书。排除标准:各种重要脏器疾病急性进展期和危重期;瘫痪侧肩部有金属异物、严重的骨关节疾病或周围神经损伤;治疗期间病情恶化,出现新的脑梗死灶或脑出血灶;肩部皮肤过敏、破损、感染、皮疹等。随机将44例脑卒中偏瘫患者分为神经肌肉电刺激(Neuromuscular Electrical Stimulation, NMES)组和CCFES组,每组各22例。2组患者一般资料比较差异无统计学意义。见表1。

1.2 方法 所有患者均接受脑卒中常规的神经内科治疗和康复治疗。常规康复治疗主要包括康复宣教、关节活动度训练、神经肌肉促进技术、体位转移训练、躯干及平衡功能训练、步行能力训练,以及物理因子治疗、作业治疗等。常规康复治疗由不确定分组、工作经验相仿的治疗师实施。在常规治疗基础上,NMES组患者接受常规的神经肌肉电刺激治疗,CCFES组患者接受基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗,以上治疗均每次20min,每天1次,每周治疗5d,连续治疗4周。①常规神经肌肉电刺激(neuromuscular electric stimulation, NMES):采用S4Plus生物刺激反馈仪,选择“神经肌肉电刺激”模块。刺激部位选择斜方肌上部、冈上肌及三角肌前束,刺激电极沿肌肉走向分别粘贴于肌腹部近端与远端。设置参数,频率60Hz,脉宽200 μ s,升波2s,降波1s。调节电流至患者可耐受的合适强度,以产生动作或肌肉收缩为宜。②基于双侧训练理论的CCFES:采用S4Plus生物刺激反馈仪,选择“对侧控制功能性电刺激——垂腕”模块。将表面肌电采集电极和刺激电极分别粘贴于健侧和患侧的斜方肌上部、冈上肌及三角肌前束,分别在患者健侧产生轻微幅度动作(<10%完全动作幅度)、中等幅度动作(50%完全幅度动作)、完全幅度动作时,标定健

侧的表面肌电值,并按比例分别设置患侧产生与健侧相同幅度动作或肌肉收缩所需要的刺激电流强度,从而使双侧产生同幅度或相似的动作。根据治疗仪指令“收缩”“放松”进行双侧肩部训练,训练动作主要包括耸肩、肩外展及肩前屈等,可配合抛球、够物等任务性活动。

1.3 评定标准 于治疗前及治疗4周后,统计肩关节疼痛及半脱位发生例数,采用表面肌电图(surface electromyography, sEMG)、肩关节主动活动角度(Active range of motion, AROM)、Fugl-Meyer量表上肢运动功能测试部分(upper extremities motor function test of Fugl-Meyer movement assessment, U-FMA)对患者肩关节功能进行评估。同一评估项目由同一康复医师执行。①疼痛评估:视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS):根据患者自觉疼痛程度在0~10分之间打分,0分表示无痛,10分表示最剧烈疼痛。②肩关节半脱位诊断标准^[9]:采用触诊法,患者取坐位,双上肢自然下垂于体侧,检查者用示指触诊患侧肩峰突起和肱骨头之间的距离,其间可容纳的横指数表示脱位的程度。肩峰和肱骨头的间隙可容纳1/2横指作为肩关节半脱位的诊断标准。③sEMG:采用XRHK型肢体功能评定与康复训练系统分别对受试者患侧的斜方肌上束、冈上肌及三角肌前束进行表面肌电评估。测试步骤:受试者取坐位,将电极片粘贴于被测肌肉,测试前给予3~5 min的训练,让患者理解整个测试过程,测试时要求患者用最大力气做耸肩、肩外展及肩前屈的等长收缩,坚持5s,然后休息10s,重复3次。设置灵敏度500 μ V/D、扫描速度2S/D采集表面肌电信号,波形RMS平滑处理,进行信号频谱分析,提取sEMG信号的时域指标-平均肌电值(average EMG, AEMG)。④肩关节AROM^[10]:使用通用型量

角器,分别测量受试者偏瘫侧肩关节前屈(参考范围0~180°)及外展角度(参考范围0~180°)。⑤U-FMA:共33个项目,每项的评分范围为0~2分,总分为66分,总分越高表示上肢运动功能越好^[11]。

1.4 统计学方法 采用SPSS 19.0版统计软件进行统计学分析处理。患者性别、病变性质及偏瘫侧别等计数资料以频数表示,组间比较采用 χ^2 检验。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,对数据进行正态分布检验以及方差齐性检验后,采用独立样本 t 检验进行组间比较;组内比较采用配对样本 t 检验。显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

表1 2组患者一般资料比较

组别	n	性别(例)		平均年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	脑卒中类型(例)		平均病程(d, $\bar{x} \pm s$)	偏瘫侧别(例)	
		男	女		脑出血	脑梗死		左侧	右侧
NMES组	22	17	5	56.82 $\pm$ 7.34	4	18	24.35 $\pm$ 12.87	9	13
CCFES组	22	16	6	58.90 $\pm$ 8.52	2	20	25.60 $\pm$ 10.36	12	10

2 结果

治疗前,NMES组肩痛7例、肩关节半脱位5例,CCFES组肩痛8例、肩关节半脱位5例;治疗4周后,NMES组肩痛5例(新增2例)、肩关节半脱位3例,CCFES组肩痛3例、肩关节半脱位1例,NMES组治疗前后差异无统计学意义,CCFES组治疗前后及治疗后组间差异具有统计学意义($P<0.05$)。

治疗前,2组AEMG值、肩关节AROM、U-FMA评分比较差异无统计学意义。治疗后,2组AEMG值、肩关节AROM、U-FMA评分均比治疗前有明显提高($P<0.05$),且CCFES组更高于NMES组($P<0.05$)。见表2。

3 讨论

CCFES是一种新型功能性电刺激治疗方法,由Knutson^[12]于2007年提出,该学者进行的一项临床随机对照试验显示CCFES的治疗效果优于常规的神经肌肉电刺激,因为CCFES刺激是由意图驱动的^[6],病人控制刺激强度,从而控制患手的张开程度。运动意图与运动反应的时间性重复耦合可能促进神经可塑性与重组,而后者是脑卒中患者功能恢复的基础。陈沫等^[13]总结CCFES可能的机制主要包括意向性运动、双侧同步运动、运动想象机制、目标导向性任务训练。郑雅丹等^[14]将14例患侧上肢功能中度到重度损伤皮质下梗死患者分为双侧训练组及对照组分别接受双侧上肢训练与常规单侧肢体训练,双侧训练组患者出现双侧主要运动区、主要感觉区以及辅助运动区激活,机制可能与促进两侧大脑皮质间抑制正常化及同侧皮质脊髓通路开放有关。以上研究表明,CCFES与双侧运动训练在作用机制、训练方法上有诸多的重叠和相似之处。两者可同时联合应用而不增加治疗时长,提高治疗效果。

肩关节作为一种复合体结构,其周围肌肉众多。斜方肌、前锯肌、肩胛提肌、菱形肌、胸小肌等肌肉起维持肩胛带静态及动态稳定性的作用^[15]。脑卒中患者由于中枢神经损伤,通常表现为肌肉无力、肌肉疲劳、软瘫或肌张力增高、神经肌肉控制异常、本体感觉障碍等,改变肩胛周围肌肉的协同收缩和平衡度^[16]。这些肌肉的功能改变

可影响肩胛骨的静态及动态稳定性,导致肩胛骨动力障碍的发生,引起肩痛、肩关节半脱位和肩肘功能障碍等^[17],影响上肢功能的恢复。蔡桂元等^[18]通过对脑卒中后偏瘫肩痛患者进行肩关节超声检查,观察卒中后偏瘫患者肩关节及其周围组织的超声影像特点,发现患者肩关节半脱位发生率肩痛组(81.3%)高于非肩痛组(40.0%),且卒中后偏瘫肩痛患者的肩胛下肌-喙突滑囊粘连、肩峰下撞击征及肩峰-三角肌下滑囊炎发生率显著高于非肩痛患者,提示卒中后偏瘫肩痛与肩关节周围软组织病变之间的相关性。本研究针对肩关节采用基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗,尽早激活肩周肌群,促进偏瘫肩关节建立正常的“锁定机制”和“肩关节律”^[19],降低了肩关节疼痛及半脱位发生率。

sEMG作为一种客观反映神经肌肉系统生物电活动的检测手段,已在脑卒中康复评估领域广泛应用。本研究采用AEMG对斜方肌上束、冈上肌及三角肌前束进行量化的评估。AEMG是指一定时间内瞬时肌电振幅的平均值,主要反映肌电信号的强度与参与活动的运动单位数目、类型及其放电频率同步化程度^[20]。另外还采用肩关节AROM和U-FMA量表,来评估偏瘫肩关节及上肢运动功能。治疗4周后,结果显示CCFES组AEMG值、肩关节AROM、U-FMA评分均比治疗前有明显提高,且CCFES组优于NMES组。究其作用机制可能包括:①双侧运动模式

起源于通过胼胝体连接的双侧大脑半球神经网络,通过这些网络双侧运动皮层可调控双侧肢体运动在时间和空间上的紧密耦合^[21],重复的双侧运动训练可促进大脑半球间的联系,重塑大脑半球间类似的神经网络^[22];②双侧CCFES和单侧NMES具有不同的神经生理机制,单侧NMES和自发性收缩引起的肌肉疲劳后,皮质脊髓兴奋性降低;与单侧NMES不同,双侧CCFES时对侧运动皮层的半球间抑制降低,这种抑制作用可能有助于克服因疲劳而导致的同侧输出减少,并维持对肢体的同侧输出^[23]。

由于条件限制,本研究治疗过程中主要选取了斜方肌上束、冈上肌及三角肌前束等三组肌群,具有一定的局限性,有待更深入的广泛研究。

表2 2组患者治疗前后评估结果比较

组别	n	时间	AEMG值(μ V)			AROM($^{\circ}$)		U-FMA (分)
			斜方肌上束	冈上肌	三角肌前束	肩前屈	肩外展	
NMES组	22	治疗前	32.92 $\pm$ 17.03	27.38 $\pm$ 10.72	37.38 $\pm$ 13.54	10.15 $\pm$ 9.13	8.78 $\pm$ 7.20	14.75 $\pm$ 7.54
		治疗后	55.61 $\pm$ 20.17 ^a	47.33 $\pm$ 18.47 ^a	65.71 $\pm$ 16.09 ^a	31.50 $\pm$ 16.47 ^a	27.15 $\pm$ 13.61 ^a	25.85 $\pm$ 8.38 ^a
CCFES组	22	治疗前	30.34 $\pm$ 15.86	25.80 $\pm$ 9.79	36.59 $\pm$ 13.70	9.06 $\pm$ 10.90	7.06 $\pm$ 6.76	13.80 $\pm$ 5.67
		治疗后	73.17 $\pm$ 29.12 ^{ab}	59.20 $\pm$ 21.75 ^{ab}	77.62 $\pm$ 31.10 ^{ab}	45.75 $\pm$ 17.19 ^{ab}	36.35 $\pm$ 15.69 ^{ab}	30.20 $\pm$ 9.21 ^{ab}

与治疗前比较,^a $P<0.05$;与NMES组比较,^b $P<0.05$

综上所述,基于双侧训练理论的对侧控制功能性电刺激治疗可改善患者肩部及上肢的功能,且比常规的神经肌肉电刺激具有一定的优势,其临床应用范围值得进一步探索和推广。

【参考文献】

- [1] 钟晓燕,彭生辉,汪孝红,等. 镜像视觉反馈疗法对脑卒中后上肢功能康复的研究进展[J]. 实用医学杂志, 2018, 34(8): 1383-1386.
- [2] 施伯瀚,厉坤鹏,胡寅虎,等. 肌内效贴对脑卒中患者肩关节半脱位后肩痛的疗效观察[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(3): 310-314.
- [3] 张倩,潘虹,何琴,等. 脑卒中后肩痛流行病学特征的 Meta 分析[J]. 中国循证医学杂志, 2020, 20(9): 1020-1026.
- [4] Han KJ, Kim JY. The effects of bilateral movement training on upper limb function in chronic stroke patients [J]. Journal of Physical Therapy Science, 2016, 28(8): 2299-2302.
- [5] 杨迪,王强,高正玉,等. 对侧控制型功能性电刺激对亚急性期脑卒中患者上肢运动功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(6): 523-527.
- [6] Knutson JS, Gunzler DD, Wilson RD, et al. Contralaterally Controlled Functional Electrical Stimulation Improves Hand Dexterity in Chronic Hemiparesis: A Randomized Trial. [J]. Stroke, 2016, 47(10): 2596-602.
- [7] Knutson JS, Harley MY, Hisel TZ, et al. Contralaterally controlled functional electrical stimulation for recovery of elbow extension and hand opening after stroke: A pilot case series study [J]. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2014, 93(6): 528-539.
- [8] Zheng Yu, Mao Mao, Cao Yinghui, et al. Contralaterally controlled functional electrical stimulation improves wrist dorsiflexion and upper limb function in patients with early-phase stroke: A randomized controlled trial [J]. Journal of rehabilitation medicine, 2019, 51(2): 103-108.
- [9] 缪鸿石. 中国康复医学诊疗规范[M]. 北京: 华夏出版社, 1999: 75-78.
- [10] 王玉龙. 康复功能评定学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 133-134.
- [11] 黄晓琳,燕铁斌. 康复医学[M]. 第 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 145.
- [12] Knutson JS, Harley MY, Hisel TZ, et al. Improving hand function in stroke survivors: A pilot study of contralaterally controlled functional electrical stimulation in chronic hemiplegia [J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2007, 88(4): 513-520.
- [13] 陈沫,董璐洁,刘雅丽. 对侧控制型功能性电刺激在脑卒中偏瘫康复中应用与研究[J]. 中国康复, 2018, 33(1): 56-59.
- [14] 郑雅丹,胡昔权,李奎,等. 双侧上肢训练影响脑梗死患者脑功能重组的 fMRI 研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2017, 39(5): 336-341.
- [15] 张玉倩,马燕红. 脑卒中后肩痛患者肩胛骨动力障碍的研究进展[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(4): 498-501.
- [16] 陈煜,管红波,黄桂兰,等. 偏瘫肩痛患者肩胛肌肉的表面肌电特征研究[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(4): 447-452.
- [17] Castelein B, Cagnie B, Parlevliet T, et al. Scapulothoracic muscle activity during elevation exercises measured with surface and fine wire EMG: A comparative study between patients with subacromial impingement syndrome and healthy controls[J]. Man Ther, 2016, 23(3): 3-9.
- [18] 蔡桂元,贺涓涓,李娜,等. 卒中后偏瘫肩痛患者肩周组织超声影像特点[J]. 中国康复医学杂志, 2019, 34(1): 37-42.
- [19] 华东,李文奇,冯晓东,等. 肩胛骨特异性训练对偏瘫患者上肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(12): 1158-1159.
- [20] 罗梦,周国平,杨路,等. 表面肌电图在脑卒中后运动功能障碍康复中的应用[J]. 中国康复, 2017, 32(1): 67-70.
- [21] Lee Y, Kim MY, Park JH, et al. Comparison of the effects of bilateral and unilateral training after stroke: A meta-analysis[J]. NeuroRehabilitation, 2017, 40(3): 301-313.
- [22] 李贞晶,孟宪忠,瞿昱,等. 双侧手功能训练对卒中患者手功能及手屈伸肌群表面肌电的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(8): 584-587.
- [23] Cunningham DA, Knutson JS, Sankarasubramanian V, et al. Bilateral Contralaterally Controlled Functional Electrical Stimulation Reveals New Insights Into the Interhemispheric Competition Model in Chronic Stroke [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2019, 33(9): 707-717.

作者·读者·编者

《中国康复》杂志实行网站投稿

《中国康复》杂志已经实行网上投稿系统投稿,网址 <http://www.zgkfzz.com>,欢迎广大作者投稿,并可来电咨询,本刊电话:027-69378389, E-mail:zgkf1986@163.com; kfk@tjh.tjmu.edu.cn.