

两种对侧控制型功能性电刺激方案对脑卒中患者上肢功能影响的研究*

章晓峰^{1,2,3} 张大威^{1,2,3} 郑雅思^{1,2,3} 俞李雯^{1,2,3} 杨凌佳^{4,5}

摘要

目的:探讨两种对侧控制型功能性电刺激(CCFES)方案对脑卒中患者的患侧上肢整体运动功能、抓握能力、肱三头肌和伸腕肌群表面肌电信号的影响。

方法:选取2021年1月至2021年11月期间在浙江省人民医院康复医学科住院治疗的脑卒中患者60例,随机分为观察组($n=30$)和对照组($n=30$),两组患者均给予常规康复治疗,对照组给予伸腕肌群CCFES,而观察组在对照组的基础上增加肱三头肌CCFES,每日1次,每次20min,连续治疗3个月。分别在治疗前后用上肢Fugl-Meyer评分法(FMA-UE)和盒子积木测试(BBT)评定上肢的整体运动功能和抓握能力,并获取上肢肱三头肌和伸腕肌群的RMS比值。

结果:治疗前两组患者各评定指标均无显著性差异($P>0.05$),具有可比性。治疗3个月后,两组患者的FMA-UE评分、BBT评分、肱三头肌RMS比值和伸腕肌群RMS比值均较治疗前有所提高($P<0.05$);观察组的FMA-UE评分、肱三头肌的RMS比值和伸腕肌群的RMS比值优于对照组($P<0.05$),两组患者间的BBT评分没有显著性差异($P>0.05$)。

结论:在伸腕肌群CCFES的基础上增加肱三头肌CCFES可显著改善脑卒中患者的上肢粗大运动功能。

关键词 对侧控制型功能性电刺激;脑卒中;上肢;表面肌电图

中图分类号:R743.3,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2023)-02-0207-05

Effects of two kinds of contralaterally controlled functional electrical stimulation on upper extremity motor function in patients with stroke/ZHANG Xiaofeng, ZHANG Dawei, ZHENG Yasi, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(2): 207—211

Abstract

Objective: To investigate the effect of two kinds of contralaterally controlled functional electrical stimulation (CCFES) on the upper limbs motor function of hemiplegic stroke patients.

Method: From January, 2021 to November, 2021, 60 stroke patients were randomly divided into Observation group($n=30$) and control group($n=30$). Both groups received routine exercise therapy. The control group was given wrist extensor muscles CCFES, while the observation group was given additional triceps CCFES on the basis of the control group. The Fugl-Meyer Assessment-upper Extremity (FMA-UE) and box and block test (BBT) were used to evaluate the upper limb gross and fine motor function; the root mean square (RMS) ratio was used to assess the recruitment of motor units and synchronization of excitement rhythm of triceps brachii and wrist extensor muscles.

Result: Before treatment, there was no statistical difference in the evaluation indexes between the two groups

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.02.011

*基金项目:浙江省基础公益研究计划项目(LGF21H170005)

1 浙江省人民医院康复医学中心,浙江省杭州市,310014; 2 杭州医学院附属人民医院康复医学科; 3 浙江省康复与运动医学研究所; 4 萧山区第一人民医院; 5 通讯作者

第一作者简介:章晓峰,男,硕士研究生,主管技师; 收稿日期:2021-12-13

($P>0.05$). After 3 months of treatment, the FMA-UE score, BBT score, RMS ratio of triceps brachii muscle and RMS ratio of wrist extensor muscles of the two groups increased compared with before treatment ($P<0.05$), and the FMA-UE score and the RMS ratio of triceps brachii and wrist extensors in the observation group were better than those in the control group ($P<0.05$), but there was no significant difference in BBT scores between the two groups ($P>0.05$).

Conclusion: On the basis of wrist extensor muscles CCFES, additional triceps brachii CCFES can significantly improve the upper limb gross motor function of stroke patients.

Author's address Rehabilitation Medicine Center of Zhejiang Provincial People's Hospital, Hangzhou, 310014

Key word contralaterally controlled functional electrical stimulation; stroke; upper limb; surface electromyography

研究显示,高达80%的急性期脑卒中患者存在各种程度的上肢功能障碍,经早期、合理的康复治疗后,仍有50—60%的患者遗留有不同程度的运动功能损害,严重影响了患者的日常生活能力和生活质量^[1-2]。对侧控制型功能性电刺激(contralaterally controlled functional electrical stimulation, CCFES)是一种新型神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES),文献报道CCFES在改善脑卒中患者运动功能方面优于NMES,但绝大部分研究只针对腕背伸或踝背屈等单关节的活动功能^[3],而脑卒中患者存在多关节或多肌群的运动功能障碍,患侧上肢的肱三头肌和伸腕肌群的运动障碍尤为严重^[4]。基于此,本研究通过比较肱三头肌和伸腕肌群CCFES与伸腕肌群CCFES这两种治疗方案对脑卒中患侧上肢的治疗作用,观察其对上肢粗大运动功能、抓握功能、肱三头肌和伸腕肌的均方根(root mean square, RMS)比值的影响,以期为临床更好地治疗该疾病提供新的参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

纳入标准:①均符合《中国脑血管疾病分类2015》中脑卒中的诊断标准^[5],首次发病,损伤部位为基底节区,并经CT或MRI确认;②病程≤3个月,年龄35—75岁;③生命体征稳定后48h;④无认知障碍,简易精神状态检查表(mini-mental state exami-

nation, MMSE)≥24分,自愿接受相关治疗、检查及测评;⑤知晓并签署知情同意书。

排除标准:①其他原因导致的偏瘫;②伴有其他重要器官衰竭或恶性肿瘤等影响生活质量的疾病;③发病前有吸毒、明显智力减退、失智症(痴呆)或认知障碍等情况。

选取2021年1—11月期间在浙江省人民医院康复医学科住院治疗的60例脑卒中后偏瘫恢复期患者作为研究对象,采用随机数字表法将上述入选患者分为观察组和对照组,每组30例。两组受试者在性别、平均年龄、平均病程、病灶、脑卒中类型及Brunnstrom分期等一般资料差异无显著性差异($P>0.05$),具有可比性,见表1。本研究经浙江省人民医院医学伦理委员会审核通过后实施(审批号:2021KT008)。

1.2 治疗方法

两组患者均接受常规的康复干预措施,其中对照组用CCFES刺激伸腕肌群,观察组用CCFES同时刺激肱三头肌和伸腕肌群。

1.2.1 常规康复治疗:包括药物治疗、物理疗法(physical therapy, PT)、作业疗法(occupational therapy, OT)。其中运动疗法主要包括神经肌肉促通训练、关节活动度训练、肢体主动和被动训练等。OT的内容主要包括:患肢协调性训练、转移物体训练、日常生活能力训练、诱发患侧腕关节主动背伸、手指抓握及伸展动作。PT和OT训练每天1次,每次30min,连续3个月。

表1 两组患者一般资料

($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	性别(例)		平均年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	平均病程 ($\bar{x}\pm s$,天)	病灶(例)		脑卒中类型(例)		Brunnstrom分期(例)					
		男	女			左	右	脑出血	脑梗死	I	II	III	IV	V	VI
对照组	30	14	16	58.37±11.20	35.40±12.86	13	17	14	16	6	10	9	5	0	0
观察组	30	15	15	59.73±12.12	35.67±9.12	14	16	18	12	4	12	10	4	0	0

1.2.2 伸腕肌群的对侧控制型功能性电刺激^[6]:采用江苏南京产的S4型CCFES治疗仪,电流频率60Hz,脉宽200 μ s,刺激时间/休息时间:10s/10s。治疗仪器的A、B通道刺激电极分别置于健侧和患侧前臂背侧下1/3处偏桡侧拇外展肌运动点及前臂2/3处腕背伸肌和指伸肌的运动点,以患者出现腕背伸、拇外展为目标,治疗时患者坐于桌前,桌上置一枕头,将双上肢放于其上。根据设备的语音提示,使健侧腕关节由完全屈曲的位置伸展至最大背伸位,保持3s后,设定好触发肌电值。调整B通道电流,使患侧腕背伸肌达到最大的收缩幅度,点击确定,锁定该刺激电流值。当设备语音提示“收缩”时,健侧腕关节主动背伸至一定角度时,设备便会输出电流刺激患侧腕背伸肌,使腕关节背伸至健侧相似的角度,维持5s后设备语音“放松”,健侧腕关节停止背伸,电流停止输出,即完成1次刺激。参数设置为双相矩形脉冲波,刺激强度在10mA—30mA,频率30Hz,脉宽200 μ s,波升/波降时间为2s/2s,通电/断电时间为5s/5s,20min/次。

1.2.3 肱三头肌和伸腕肌群的对侧控制型功能性电刺激^[7]:在常规CCFES基础上,用另外两通道分别刺激健侧和患侧肱三头肌,具体操作方案同上。当设备语音提示“收缩”时,要求健侧上肢同时伸肘和伸腕,设备便会输出电流刺激患侧肱三头肌和伸腕肌群,使患侧肘关节和腕关节伸展,随后设备语音“放松”,双侧肱三头肌和伸腕肌群放松,如此反复进行,参数设置同上,20min/次。

1.3 评定方法

分别于治疗前和治疗后3个月采用:①上肢Fugl-Meyer评分法(Fugl-Meyer assessment scale-upper extremity, FMA-UE)^[8]:用反射、肩、腕、手等9个大项目评定患侧的上肢运动功能,总分66分,分值越高代表功能越好;②盒子积木测试(box and block test, BBT)^[9]:用于评定上肢的抓握能力,是一种评定上肢灵敏度的工具。测试箱内有150个颜色各异的小立方体木块,尺寸为:25cm $\times$ 25cm $\times$ 25cm。要求患者在1min内尽可能多地拿出小木块,每次拿一个小木块,放入被一木板隔开的另一个盒内,患者须抬高手臂,方能完成该任务,记录患手拿出的木块数目;③表面肌电图(surface electromyography,

sEMG)^[10]:用CCFES仪器自带的表面肌电分析系统进行评定,患者取坐位,双上肢置于桌面,用酒精棉签对被测肌肉进行脱脂处理,将记录电极分别贴于双侧被测肌肉的肌腹处,参考电极置于尺骨鹰嘴周围。评估前向患者讲述肌电采集的要求和注意事项,评估时要求患者根据语音提示,同时尽最大努力伸展双侧肘关节和腕关节,并维持动作3—5s,休息5min,重复5次,评定双侧肱三头肌和伸腕肌群的复合肌肉动作电位(compound muscle action potential, CMAP)波幅。评定结束后仪器根据所获得的数据得到双侧肌肉的RMS值,因为个体间的RMS无法直接比较,为了解决该问题,采用RMS比值=患侧RMS/健侧RMS,数值越大代表患侧上肢功能恢复越好,分别测量肱三头肌和伸腕肌的RMS比值。

1.4 统计学分析

采用SPSS 26.0版统计软件进行数据分析,年龄、病程、Brunnstrom分期、FMA-UE评分、BBT评分、肱三头肌和伸腕肌群RMS比值符合正态分布和方差齐性,以均数 $\pm$ 标准差表示,治疗前后组内比较采用配对 t 检验,组间比较采用独立样本 t 检验,性别、脑卒中类型为计数资料,Brunnstrom分期为等级资料,计数资料采用Pearson χ^2 检验,等级资料采用秩和检验, $P<0.05$ 表示有显著性差异。

2 结果

2.1 两组患者治疗前后FMA-UE评分变化

治疗前两组患者FMA-UE评分无显著性差异($P>0.05$),具有可比性。治疗3个月后两组患者的FMA-UE评分均较治疗前有所提高($P<0.05$),观察组的FMA-UE评分与对照组相比具有显著性差异($P<0.05$),见表2。

2.2 两组患者治疗前后BBT评分变化

治疗前两组患者BBT评分无显著性差异($P>0.05$),具有可比性。治疗3个月后两组患者的BBT评分均较治疗前有所提高($P<0.05$),观察组的BBT评分与对照组相比无显著性差异($P>0.05$),见表3。

2.3 两组患者治疗前后肱三头肌RMS比值变化

治疗前两组患者该比值无显著性差异($P>0.05$),具有可比性。治疗3个月后两组患者的肱三头肌RMS比值均较治疗前有所提高($P<0.05$),观察

组的肱三头肌RMS比值与对照组相比具有显著性差异($P<0.05$),见表4。

2.4 两组患者治疗前后伸腕肌群RMS比值变化
治疗前两组患者该指标无显著性差异($P>0.05$),具有可比性。治疗3个月后两组患者的伸腕肌群RMS比值均较治疗前有所提高($P<0.05$),观察组的伸腕肌群RMS比值与对照组相比具有显著性差异($P<0.05$),见表5。

表2 两组患者FMA-UE评分的比较 ($\bar{x}\pm s$,分)					
组别	例数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	30	21.07±6.92	25.47±7.73	- 2.835	0.008
观察组	30	20.83±6.34	31.93±5.46	- 6.759	0.000
t 值		0.136	- 3.741		
P 值		0.892	0.000		

表3 两组患者BBT评分的比较 ($\bar{x}\pm s$,分)					
组别	例数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	30	4.00±1.86	17.30±3.51	- 18.911	0.000
观察组	30	3.57±1.99	16.53±3.93	- 15.923	0.000
t 值		0.871	0.797		
P 值		0.387	0.429		

表4 两组患者肱三头肌RMS比值的比较 ($\bar{x}\pm s$)					
组别	例数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	30	0.11±0.03	0.17±0.04	- 9.263	0.000
观察组	30	0.12±0.04	0.24±0.06	- 8.729	0.000
t 值		- 0.758	- 5.088		
P 值		0.452	0.000		

表5 两组患者伸腕肌群RMS比值的比较 ($\bar{x}\pm s$)					
组别	例数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	30	0.13±0.02	0.17±0.04	- 6.695	0.000
观察组	30	0.14±0.02	0.23±0.05	- 9.102	0.000
t 值		- 1.892	- 4.657		
P 值		0.064	0.000		

3 讨论

上肢功能障碍是脑卒中最常见的后遗症之一,研究发现仅有12%的脑卒中患者的上肢功能得到完全恢复,30%—60%的患者遗留永久性上肢功能障碍,严重影响患者的日常生活,因此寻找改善上肢功能的新疗法显得日益重要^[1]。脑卒中后的运动功能障碍主要是因为脑损伤后控制运动的大脑皮层面积和/或兴奋性下降,半球之间的平衡被打破,感觉运动传导束受损等原因,继而产生肌肉无力、上肢屈肌

运动模式等问题^[12]。其中肌肉无力是影响运动功能恢复的重要因素之一,研究发现偏瘫侧上肢的近端和远端肌肉无力程度相似,在够取物体过程中肱三头肌和伸腕肌群的募集减少,上肢伸肌群之间协同收缩降低^[13-14]。上肢屈肌运动模式也是干扰运动恢复的原因之一。程霜霜等^[15]研究发现,脑卒中后偏瘫侧上肢的运动以募集肱二头肌及屈腕肌等屈肌为主。因此,在上肢功能的训练中,应同时促进伸肘和伸腕肌群的肌力,同时抑制肱二头肌及腕屈肌的异常激活,降低异常协同运动,促进大脑的可塑性改变,提高运动功能^[16]。

CCFES是一种新型功能性神经肌肉电刺激疗法,通过采集健侧肢体运动时的肌电信号,产生一定的刺激电流强度来刺激患侧肢体相同部位做类似运动,在脑卒中运动功能的康复中取得了较好的治疗效果^[17]。Zheng等^[18]发现CCFES在改善伸腕速度、上肢运动功能和整体健康水平上优于NMES。CCFES可以使突触前神经元和突触后神经元的兴奋最大程度耦合,随着突触间信号的不断重复,神经通路内的突触效能不断被强化,把患者的运动意向与CCFES产生的运动结果最大程度地同步化,即促进了脉冲时序相关可塑性(spike-timing-dependent plasticity, STDP)^[19]。此外,研究发现CCFES不但能减少患者的“习得性废用”,增加患侧肢体的使用,提高主动使用患侧上肢的意识^[20];还能协调双侧肢体进行同步训练,促进大脑半球内和大脑半球之间的运动和感觉神经网络,改善功能^[21]。本研究发现对照组的FMA-UE、肱三头肌RMS比值、伸腕肌群RMS比值较治疗前有显著改善($P<0.05$),CCFES改善上肢整体运动功能以及肱三头肌、伸腕肌的运动功能明显,这与既往研究结果一致^[22]。

训练脑卒中患者的偏瘫侧肱三头肌不但可以增加其肌力,还能改善肱二头肌在运动中的过度激活,降低屈肌运动模式,促使肘关节伸展,增加上肢的活动范围,建立更正常的运动模式^[23]。观察组的CCFES方案比对照组的CCFES方案多刺激了肱三头肌,可同时改善上肢近端和远端的肌肉无力,具有促进上肢伸肘和伸腕的作用,能改善上肢的粗大运动功能。研究证实刺激桡神经等周围神经能显著改善脑损伤侧大脑皮层的兴奋性,促进中枢神经系统

的可塑性,改善脑卒中上肢功能^[24]。在本研究中肱三头肌刺激部位为上臂后侧的桡神经沟处,内含支配前臂所有伸腕肌群的桡神经^[25],因此,观察组的CCFES方案不但比对照组的CCFES方案多刺激了肱三头肌,而且还能更好地促进前臂伸腕肌群收缩,改善中枢神经的兴奋性,更有利于改善上肢的运动功能。此外,在观察组的CCFES方案中,各输出通道的刺激参数都可单独调节,可对肱三头肌和伸腕肌群设置特定电刺激强度,且各通道间相互独立,互不干扰;治疗过程中,根据健侧上肢肌群的收缩时序和时长刺激患侧对应肌群,促使患侧肘关节和腕关节及相应肌群产生正常的协调性运动,更符合人体的功能性运动的特征。因此,观察组通过不断重复协调的肢体运动,更有利于FMA-UE评分、肱三头肌RMS比值和伸腕肌群RMS比值的改善。

本研究还发现观察组和对照组在治疗后BBT评分较治疗前均有明显改善,但两组患者之间无显著性差异,表明尽管两种CCFES方案都能改善上肢远端的抓握功能,但观察组的CCFES方案在改善抓握功能上并不优于对照组的方案,与Knutson等^[26]的研究结果一致。原因可能是BBT是一款评定测试上肢抓握能力的工具,拥有良好的信度和效度^[27]。完整的上肢抓握动作由手眼协调、够取、抓握、释放等过程组成^[28]。两组受试者的刺激部位为偏瘫上肢伸肌群,促进了肢体的伸展运动,有利于改善肢体的够取和释放功能,但对抓握功能等无明显作用,从而导致治疗后两组患者的BBT评分无差异。

综上所述,本研究结果表明,在伸腕肌群CCFES的基础上增加肱三头肌的CCFES能显著改善患侧上肢的粗大运动功能、肱三头肌和伸腕肌群的运动功能,提高上肢的伸展能力,这对患者具有重要的意义。但两种CCFES方案在改善上肢的抓握功能上无明显差异,需要在将来的试验中进一步优化试验方案以改善该功能。本研究尚有其他不足之处,如未对患者的中、长期疗效进行随访,同时样本量较少,仍需多中心、大样本的研究,进一步探讨不同CCFES方案对脑卒中患者运动功能恢复的作用。

参考文献

[1] Richards LG, Cramer SC. Advances in stroke: therapies tar-

- geting stroke recovery[J]. *Stroke*, 2021, 52(1):348—350.
- [2] Grefkes C, Fink GR. Recovery from stroke: current concepts and future perspectives[J]. *Neurol Res Pract*, 2020, 2: 17.
- [3] 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.
- [4] Raghavan P. Upper limb motor impairment after stroke[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2015, 26(4):599—610.
- [5] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国脑血管疾病分类2015[J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(3):168—171.
- [6] 沈滢,殷稚飞,戴文骏,等.对侧控制型功能性电刺激对脑卒中患者上肢功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(12):1119—1123+1184.
- [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]. *Am J Phys Med Rehab*, 2014, 93(6):528—539.
- [8] Hernández ED, Galeano CP, Barbosa NE, et al. Intra- and inter-rater reliability of Fugl-Meyer assessment of upper extremity in stroke[J]. *J Rehabil Med*, 2019, 51(9):652—659.
- [9] Everard G, Otmanc-Tolba Y, Rosselli Z, et al. Concurrent validity of an immersive virtual reality version of the Box and Block Test to assess manual dexterity among patients with stroke[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2022, 19(1):7.
- [10] 黄崧华,白玉龙,陈婵,等.对侧控制型功能性电刺激对脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2018, 37(6):519—523.
- [11] Stinear CM, Lang CE, Zeiler S, et al. Advances and challenges in stroke rehabilitation[J]. *Lancet Neurol*, 2020, 19(4):348—360.
- [12] 高蓓瑶,江山,谢欲晓.脑卒中后运动功能代偿和神经可塑性机制[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(8):1015—1020.
- [13] Ingram LA, Butter AA, Brodie MA, et al. Quantifying upper limb motor impairment in chronic stroke: a physiological profiling approach[J]. *J Appl Physiol*, 2021, 131(3):949—965.
- [14] Pan B, Sun Y, Xie B, et al. Alterations of muscle synergies during voluntary arm reaching movement in subacute stroke survivors at different levels of impairment[J]. *Front Comput Neurosci*, 2018, 12:69.
- [15] 程霜霜,高晓平,朱晓斐,等.脑卒中患者痉挛上肢肌肉协调性的表面肌电研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39(5):342—346.
- [16] Fujiwara T. The role of spinal reciprocal inhibition and intracortical inhibition in functional recovery from stroke[J]. *Exp Brain Res*, 2020, 238(7—8):1701—1705.
- [17] 刘文权,徐武华,曾德良,等.对侧控制型功能性电刺激对

(下转第221页)