运动想象训练联合经颅直流电刺激对脑卒中偏瘫患者上肢功能的影响

高政 杨婷 王晓菊 许亮 李雪萍

南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)康复医学科,南京 210006

通信作者:李雪萍,Email:lixueping6504@163.com

【摘要】 目的 观察分析脑卒中偏瘫患者实施运动想象训练联合经颅直流电刺激(tDCS)的临床治疗效果及其对患者上肢功能的影响。**方法** 纳入符合标准的脑卒中偏瘫患者 90 例,按随机数字表法分成常规组(采用 tDCS 治疗)和联合组(采用运动想象训练联合 tDCS 治疗),每组 45 例,所有患者在常规康复训练的基础上,常规组选取 IS200 型智能电刺激仪行 tDCS 治疗,每日 1 次,20 min/次,6 次/周,共治疗 4 周;联合组患者则接受 tDCS 治疗后,立即进行运动想象训练,每日 1 次,40 min/次,每周运动想象训练 6 d,共治疗 4 周。分别于治疗前和治疗 4 周后(治疗后),采用上肢 Fugl-Meyer 量表(FMA-UE)和香港版偏瘫上肢功能测试(FTHUE-HK)对 2 组患者的上肢运动功能和偏瘫上肢的使用能力进行评定;检测患者上肢的表面肌电图(sEMG)采集上肢做最大主动肩前屈、伸肘时三角肌前部、肱三头肌肌腹的肌电信号,信号处理内容采用均方根值(RMS)和积分肌电值(iEMG)来表示,评估患者的患肢肌力。**结果** 治疗前,常规组和联合组患者的 FMA-UE [(17.8±6.9)和(17.7±6.8)分]、FTHUE-HK 评分[(2.9±0.9)和(2.8±0.7)分]及表面肌电图指标 RMS[(2.5±0.5)和(2.4±0.3)μV]和 iEMG 值[(24.5±10.8)和(23.3±11.9)μV·s]组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);治疗后,2 组患者的 FMA-UE 评分[(26.5±13.4)和(38.6±11.9)分]、FTHUE-HK 评分[(3.2±0.5)和(4.2±0.3)分]及表面肌电图指标[RMS(4.3±1.1)和(6.8±0.9)μV;iEMG(35.7±7.5)和(44.3±6.9)μV·s]均较组内治疗前明显改善,且联合组改善情况显著优于常规组($P<0.05$)。**结论** 脑卒中偏瘫患者实施运动想象训练联合 tDCS 治疗,可进一步提高患者上肢运动功能,增强其肌肉力量。

【关键词】 脑卒中; 偏瘫; 运动想象训练; 经颅直流电刺激; 上肢功能

基金项目:南京市医学科技发展项目(YKK17122)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.07.007

Combining motor imagery training with transcranial direct current stimulation improves the upper limb functioning of hemiplegic stroke survivors

Gao Zheng, Yang Ting, Wang Xiaoju, Xu Liang, Li Xueping

Department of Rehabilitation Medicine, The First Hospital of Nanjing City, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China

Corresponding author: Li Xueping, Email: lixueping6504@163.com

【Abstract】 Objective To observe and analyze the clinical effect of combining motor imagery training (MIT) with transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving the upper limb functioning of hemiplegic stroke survivors. **Methods** Ninety stroke survivors with hemiplegia were randomly divided into a conventional group (treated with tDCS) and a combination group (treated with MIT combined with tDCS), each of 45. The conventional group received 20min of tDCS using the IS200 intelligent electrical stimulator once daily, 6 times/week, for 4 weeks. The combination group received 40min of motor imagery training right after the tDCS treatment. Before and after the treatment, upper limb motor functioning was evaluated using the Fugl-Meyer assessment for the upper extremities (FMA-UE) and the Hong Kong version of a functional test for the hemiplegic upper extremity (FTHUE-HK). Surface electromyographs were recorded from the anterior deltoid and the triceps brachii muscles during maximum active shoulder flexion and elbow extension. The muscle strength of the affected limb was evaluated using the root mean square values of the integrated electromyograms (IEMGs). **Results** There were no significant differences between the groups before the treatment. Afterward, significant improvement was observed in the average FMA-UE scores, FTHUE-HK scores, surface EMG indexes and iEMG values in both groups. The improvement in the combination group was significantly greater than in the conventional group. **Conclusion** Combining MIT with tDCS can better improve upper limb motor functioning and muscle strength after a stroke survivors than tDCS alone.

【Key words】 Stroke; Hemiplegia; Motor imagery training; Transcranial direct current stimulation;

Upper limb functioning

Funding: A Nanjing Medical Science and Technology Development Project (YKK17122)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.07.007

临床研究发现,多数脑卒中患者上肢功能障碍重于下肢,若康复治疗不及时,会加重其废用性萎缩,导致患者上肢功能的恢复进程停滞不前^[1],因此有必要探索高效合理的治疗手段,以帮助脑卒中偏瘫患者尽快恢复上肢功能。运动想象训练(motor imagery training, MIT)是通过人体大脑去模仿某一行为动作但不伴明显肢体活动的一种新型康复治疗方法,可以改善偏瘫患者的运动功能^[2]。经颅直流电刺激(transcranial direct current stimulation, tDCS)是非侵袭性神经调控康复治疗新技术,主要通过微电流对人体脑部皮质神经细胞活动进行调节,阳极可加强病灶侧大脑皮质的活跃程度,阴极则减弱健侧脑组织的过度活动,可进一步激活病灶侧脑运动神经元,在阴极与阳极共同作用下,协同改善脑卒中患者偏瘫肢体的肌力,提高其运动功能^[3]。临床上发现部分脑卒中偏瘫患者无法集中注意力,甚至治疗期间呈睡眠状态,导致偏瘫一侧脑运动神经元不能很好地被激活,从而影响了康复疗效。因此,本研究基于“中枢-外周-中枢”的闭环康复理论,设计应用 tDCS 联合运动想象训练,以调动患者的注意力,更好地进行康复治疗,改善上肢功能。

资料与方法

一、病例资料及分组

入选标准:①符合 1995 年全国第 4 届脑血管疾病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[4],经颅脑 CT 或 MRI 检查证实为脑卒中;②单侧发病,患侧上肢及手的 Brunnstrom 分期为 II ~ IV 期,上肢及手部肌张力的改良 Ashworth 量表(modified Ashworth scale, MAS)分级 ≤ 2 级;③初次发病;④不曾用过抗痉挛药物;⑤病程 < 3 个月;⑥简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)评分 > 17 分,且无意识障碍;⑦签署知情同意书。

排除标准:①认知功能严重障碍而无法主动配合;②装有心脏起搏器或者是金属支架等;③急性脑梗死且大面积梗死、颅内压升高;④视听严重障碍;⑤癫痫;

⑥肾功能衰竭、心脏病;⑦各项体征大幅度波动或电解质失衡;⑧存在出血征兆;⑨局部刺激部位痛觉过敏,或皮肤炎症和受损。

选取 2019 年 8 月至 2020 年 8 月南京医科大学附属南京医院康复医学科收治且符合上述标准的脑卒中偏瘫患者 90 例,按随机数字表法分为常规组和联合组,其中联合组 45 例,年龄 34 ~ 77 岁,病程 11 ~ 60 d;常规组 45 例,年龄 35 ~ 79 岁,病程 9 ~ 72 d。2 组患者的性别、平均年龄、平均病程、偏瘫侧别及脑卒中类型等一般临床资料经统计学分析比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,详见表 1。本研究获南京医科大学附属南京医院伦理委员会审核批准(KY20180713-05-KS-01)。

二、治疗方法

所有患者入院后,在继续给予抗高血压、调脂、抗血小板、改善脑代谢等临床药物治疗的基础上,实施常规康复治疗。治疗师根据患者的功能障碍情况,选取针对性康复训练:①神经肌肉促通技术,如 Brunnstrom 技术、PNF 技术、Bobath 技术、Rood 技术等;②患侧肢体被动、助力、主动关节活动训练,肌力训练;③坐位、站位平衡训练,协调训练,步行训练;④物理因子疗法,如低频电刺激、中频电刺激、气压治疗等;⑤中国传统康复疗法,如针灸、推拿等;⑥作业治疗。

常规组:选取 IS200 型智能电刺激仪(四川省智能电子实业有限公司)对患者进行 tDCS 治疗,采用等渗盐水 35 cm² 明胶海绵电极片,设置直流电刺激模式,电流刺激密度调整为 0.057 mA/cm²,强度调整为 2 mA。阳极放置于卒中后受损侧半球 C3/C4 头皮上(受损侧控制上肢运动功能的初级运动区 M1),阴极置于健侧脑区对称部位。每日 1 次,20 min/次,6 次/周,共治疗 4 周。

联合组:患者接受 tDCS 治疗后,立即进行运动想象训练。①保证环境安静、干净、卫生、舒适,指导患者放松全身,仰卧于床;由治疗师向患者进行讲解并亲身示范,首先指导患者利用健侧完成治疗师制定的一个

表 1 2 组患者的一般临床资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	平均病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	偏瘫侧别(例)		脑卒中类型(例)	
		男	女			左	右	脑出血	脑梗死
常规组	45	24	21	56.1 ± 10.7	33.9 ± 13.3	25	20	23	22
联合组	45	23	22	55.8 ± 10.9	33.6 ± 12.9	24	21	22	23

行为动作,其目的是让患者了解掌握正确的运动模式,并在大脑中形成流程图,对治疗师制订的动作流程进行反复想象;②引导患者想象,所有注意力放在患侧上肢活动上,如上肢肘关节屈伸活动、上肢前屈、上肢前臂旋后旋前,还包括梳头、用筷子夹菜、穿衣、洗脸、刷牙、端水杯等与上肢功能紧密有关的日常生活作业活动,由治疗师引导,循序渐进,由简入繁,因人而异;③各组作业活动实施之前,先进行运动想象,然后再进行实际活动,二者结合穿插,结束当前一组活动后再实施下一组活动;当前想象的运动部分快要结束时,由治疗师倒数一直到“1”,患者再睁开眼睛,结束治疗;④各组活动的想象训练时间 10 min,每组活动需间隔 2~3 min;期间注意保护患者安全,以防患者不适,比如肌张力升高、紧张过度。每日 1 次,40 min/次,每周运动想象训练 6 d,共治疗 4 周。

三、观察及评定指标

分别于治疗前和治疗 4 周后(治疗后),双盲法对 2 组患者的上肢运动功能及偏瘫上肢使用能力进行评估,并采用表面肌电图(surface electromyography, sEMG)检测评估患者的患肢肌力。

1. 上肢运动功能评定:采用上肢 Fugl-Meyer 量表(Fugl-Meyer assessment upper extremity, FMA-UE)作为主要评估工具,包括 33 项指标 9 个部分,各项结合 3 级评分法进行评价,其中 0 分完全达不到、1 分基本能达到、2 分完全达到,总分 66 分,分值越高,说明患者上肢功能恢复质量越好^[5]。

2. 偏瘫上肢使用能力评定:采用香港版偏瘫上肢功能测试(functional test for the hemiplegic upper extremity-Hong Kong Version, FTHUE-HK)评估患者的上肢使用能力,测试成绩分为 1~7 分,评分越高,表示患者在日常生活任务中使用上肢的能力越强^[6]。

3. 表面肌电图(Surface electromyography, sEMG)检测:采集上肢做最大主动伸肘时肱三头肌肌腹的肌电信号,信号处理内容采用均方根值(root mean square, RMS)和积分肌电值(integrated electromyography, iEMG)来表示,RMS 和 iEMG 越大,表明肌肉力量越大。

四、统计学方法

使用 SPSS 25 版统计学软件对所得数据进行统计学分析处理,计数资料采用卡方检验,计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示,采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前后的 FMA-UE 及 FTHUE-HK 评分比较

治疗前,2 组患者的 FMA-UE 及 FTHUE-HK 评分

的组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,2 组患者的 FMA-UE 及 FTHUE-HK 评分均较组内治疗前明显升高($P < 0.05$),且治疗后组间比较,联合组明显高于常规组($P < 0.05$),详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前后 FMA-UE 及 FTHUE-HK 评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA-UE 评分		FTHUE-HK 评分	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
常规组	45	17.8±6.9	26.5±13.4 ^a	2.9±0.9	3.2±0.5 ^a
联合组	45	17.7±6.8	38.6±11.9 ^{ab}	2.8±0.7	4.2±0.3 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与常规组治疗后比较,^b $P < 0.05$

二、2 组患者治疗前后的表面肌电图比较

治疗前,2 组患者的表面肌电图指标 RMS 和 iEMG 值组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,2 组 RMS 和 iEMG 值均较组内治疗前明显改善($P < 0.05$),且治疗后组间比较,联合组明显优于常规组($P < 0.05$),详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前后的表面肌电图比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	RMS(μV)		iEMG($\mu V \cdot s$)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
常规组	45	2.5±0.5	4.3±1.1 ^a	24.5±10.8	35.7±7.5 ^a
联合组	45	2.4±0.3	6.8±0.9 ^{ab}	23.3±11.9	44.3±6.9 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与常规组治疗后比较,^b $P < 0.05$

讨 论

以镜像神经元理论为基础的运动想象训练,是一种比较现代化的中枢神经刺激康复治疗措施,可以促进中枢神经系统重塑和脑功能重组^[7],是一种非常有潜力的针对脑卒中偏瘫上肢功能障碍的康复训练方法。临床研究发现,实际运动与运动想象具有十分密切的关联性脑激活,通过反复想象训练运动神经元、运动皮质之中已经存在的运动模式,进而激活患者大脑中特定部位的运动神经元细胞,使想象的运动效果等同于实际运动效果^[8]。脑卒中患者发病后,由于大脑组织相应部位受损,使得偏瘫一侧脑组织对运动记忆处于睡眠状态,不能有效激活偏瘫一侧肢体功能^[9]。早期运动想象训练的实施,可通过视觉、听觉等感官传导,让睡眠状态的潜伏通路、突触活化,优化脑组织循环,再灌注缺血半暗带,以减轻患者脑神经功能受损程度^[10]。通过运动想象训练,可让人体大脑周围组织神经元、坏死区域的脑组织保持较高的活跃程度^[11]。运动想象训练可进一步紧密脑神经网络,激活对应的脑组织^[12]。

tDCS 疗法主要通过微电流刺激人体脑组织中皮质神经细胞,激活大脑皮质并促使其兴奋^[13]。脑卒中发病之后,左右脑半球神经网络失去平衡,为了纠正失衡,tDCS 治疗过程中,一方面通过阳极电极片刺激损

伤侧大脑半球 M1 区神经活跃,另一方面通过阴极电极片刺激健侧大脑皮质对应部位,抑制健侧脑神经过度兴奋,最终达到平衡左右半球神经网络的目的,从而在降低脑卒中患者偏瘫肢体肌张力的同时,改善脑卒中偏瘫患者的运动功能^[14]。

本研究通过对照分析发现,与仅接受 tDCS 治疗的常规组比较,接受 tDCS 治疗联合运动想象训练的联合组患者治疗后的 FMA-UE 评分、FTHUE-HK 评分以及表面肌电图的 RMS、iEMG 值均呈升高趋势,且治疗后组间差异均有统计学意义($P < 0.05$),证实了运动想象训练的实施,能够充分发挥患者的主观能动性,不仅加强了视听感官的传导输入,还可以通过模块化的运动,使患者大脑深入理解精细动作和再学习运动技巧^[15],而且还可以抑制部分健侧脑组织活性,激活偏瘫一侧脑皮质,对脑卒中偏瘫患者上肢功能的改善效果确切。

运动想象训练、tDCS 疗法安全可靠、操作比较简单且患者依从性较好,不仅充分体现出了康复活动中患者的主体地位,并在康复治疗过程中增加了趣味性,还可达到满意理想的恢复效果^[16]。周艳平等^[17]研究对照分析了 94 例脑卒中偏瘫患者临床干预效果,联合治疗组 FMA-UE 评分 $[(37.8 \pm 12.8)$ 分]和 MBI 评分 $[(57.8 \pm 7.3)$ 分],均高于运动想象组[FMA-UE 评分 (31.4 ± 15.5) 分]和 MBI 评分 (51.9 ± 9.4) 分],且联合治疗组 FTHUE 分级显著高于运动想象组($P < 0.05$),这与本研究结果相似。因此认为,运动想象联合 tDCS 治疗的疗效更佳,对脑卒中偏瘫患者上肢功能具有积极的改善作用。

综上所述,脑卒中偏瘫患者采用运动想象训练联合 tDCS 治疗可显著改善患者的上肢功能,但由于本研究纳入样本量偏少且观察时间尚短,对于患者远期预后的影响尚有待于进一步验证。

参 考 文 献

- [1] Marchina S, Pisegna JM, Massaro JM, et al. Transcranial direct current stimulation for post-stroke dysphagia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Neurol, 2021, 268(1): 293-304. DOI: 10.1007/s00415-020-10142-9.
- [2] 邹飞,王礼强,刘波.阴极经颅直流电刺激对脑卒中偏瘫患者上肢功能康复的影响[J].中国康复医学杂志,2020,35(6):732-734. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.06.018.
- [3] 孙武东,蔡倩,徐亮,等.经颅直流电刺激联合双侧训练对脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(3):205-208. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.03.004.
- [4] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经科杂志,1996,29(6):379-380.

- [5] 许光旭,高晓阳,陈文红.Fugl-Meyer 运动功能评分的敏感性及其实用性[J].中国康复,2001,16(1):18-19. DOI:10.3870/j.issn.1001-2001.2001.01.008.
- [6] 张妍昭,黄琴,王刚,等.香港版偏瘫上肢功能测试评定脑卒中患者上肢功能的效度和信度研究[J].中华物理医学与康复杂志,2016,38(11):826-828. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.11.007.
- [7] 顾小元,负国俊,曹建国,等.经颅直流电刺激结合任务导向性训练对偏瘫型脑瘫上肢功能的影响[J].中国实用医药,2019,14(21):185-186. DOI:10.14163/j.cnki.11-5547/r.2019.21.106.
- [8] Abraham M, Pouloupoulos N, Larson E. Clinical utility of transcranial direct current stimulation (tDCS) following traumatic brain injury and stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2019, 100(10):705-706. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.08.454.
- [9] 张胜利.抗阻运动联合经颅直流电刺激治疗对卒中后偏瘫患者肢体功能影响观察[J].齐齐哈尔医学院学报,2019,40(12):1499-1500.
- [10] 金景,蒋苏,潘晓励,等.经颅直流电刺激联合康复训练对脑卒中偏瘫患者认知功能及肢体运动功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(6):415-417. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.004.
- [11] 李亚斌,冯海霞,王红霞,等.经颅直流电刺激结合镜像神经元康复训练对脑卒中患者上肢功能及体感诱发电位的影响[J].中国康复,2019,34(4):187-190. DOI:10.3870/zgkf.2019.04.005.
- [12] Elsner B, Kugler J, Pohl M, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving aphasia in adults with aphasia after stroke [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2019, 5(5): CD009760. DOI: 10.1002/14651858.CD009760.pub4.
- [13] 罗卫欢,黄晓煌,凌水桥.经颅直流电刺激联合计算机辅助认知功能康复训练对脑卒中后认知功能障碍康复效果研究[J].中国处方药,2019,17(2):119-121. DOI:10.3969/j.issn.1671-945X.2019.02.074.
- [14] 努尔加依·沙黑窝拉,贾杰,张定国.经颅直流电刺激结合功能性电刺激对脑卒中平台期患者上肢运动功能康复影响的研究[J].中国康复医学杂志,2017,32(9):1000-1005. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.09.006.
- [15] Elsner B, Kwakkel G, Kugler J, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) for improving capacity in activities and arm function after stroke: a network meta-analysis of randomised controlled trials [J]. J Neuroeng Rehabil, 2017, 14(1):95. DOI:10.1186/s12984-017-0301-7.
- [16] 王成秀,杨凤翔,邹伟庚.经颅直流电刺激联合常规康复治疗在脑卒中偏瘫上肢运动功能和失语症康复中的作用[J].中国实用神经疾病杂志,2016,19(4):48-49. DOI:10.3969/j.issn.1673-5110.2016.04.027.
- [17] 周艳平,张妍昭,王刚,等.经颅直流电刺激联合运动想象疗法改善脑卒中患者上肢功能的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2018,40(09):657-661. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.09.005.

(修回日期:2021-04-17)

(本文编辑:汪玲)