

# 重复经颅磁刺激结合反复促通疗法对脑卒中后下肢运动功能的影响

吕亚希<sup>1</sup>, 庞争争<sup>1</sup>, 谭大洲<sup>1</sup>, 周锐<sup>2</sup>

**【摘要】** 目的:观察重复经颅磁刺激(rTMS)结合反复促通疗法对脑卒中后下肢运动功能的影响。方法:采用随机数字表法将80例符合纳入标准的脑卒中患者分为对照组40例和观察组40例。2组均接受常规康复与rTMS治疗,观察组在此基础上再给予反复促通疗法;每周6次,持续4周。治疗前后分别采用Fugl-Meyer量表下肢部分(FMA-LE)、功能性步行量表(FAC)、Berg平衡量表(BBS)及10m最大步行速度测试(10MWT)评定患者下肢运动功能。结果:治疗4周后,2组患者FMA-LE、FAC、BBS评分及10MWT均较治疗前有所提高( $P<0.05$ ),且观察组各项评分及10MWT均高于对照组( $P<0.05$ )。结论:重复经颅磁刺激结合反复促通疗法治疗脑卒中患者可有效改善下肢平衡能力及运动功能,促进步行功能恢复。

**【关键词】** 脑卒中;重复经颅磁刺激;反复促通疗法;下肢运动功能;步态

**【中图分类号】** R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2024.06.003

**Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with repetitive facilitative exercise on motor function of lower limbs after stroke** Lv Yaxi, Pang Zhengzheng, Tan Dazhou, et al. Department of Acupuncture and Moxibustion, Wuhan No. 1 Hospital, Wuhan 430030, China

**【Abstract】** **Objective:** To observe the effect of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with repetitive facilitative exercise on lower limb motor function after stroke. **Methods:** A random number table was used to divide 80 stroke patients who met the inclusion criteria into a control group of 40 cases and an observation group of 40 cases. Both groups received routine rehabilitation and rTMS treatment, while the observation group received repetitive facilitative exercise on this basis, 6 times a week for 4 weeks. Before and after treatment, the lower limb motor function of patients was evaluated using the Fugl Meyer Scale (FMA-LE), Functional Walking Scale (FAC), Berg Balance Scale (BBS), and 10m Maximum Walking Speed Test (10MWT). **Results:** After 4 weeks of treatment, the scores of FMA-LE, FAC, BBS, and 10MWT in both groups were improved compared to those before treatment ( $P<0.05$ ), and those in the observation group were higher than those in the control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** The combination of rTMS and repetitive facilitative exercise can effectively improve lower limb balance and motor function, and promote the recovery of walking function in stroke patients.

**【Key words】** stroke; repetitive transcranial magnetic stimulation; repeated facilitation therapy; lower limb motor function; gait

脑卒中作为致残率极高的脑血管病,给人们健康生活带来了很大威胁。恢复期患者往往伴随着肢体功能障碍,而下肢主要以平衡及步行功能受累为主,常可表现出步行缓慢、足内翻下垂及体力消耗大等特征,很多患者呈现出“划圈步态”<sup>[1]</sup>。近年来,各种脑刺激及促通技术广泛应用,均在临床取得了肯定疗效<sup>[2]</sup>。重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimu-

lation, rTMS)作为一种新兴脑刺激技术,通过调节大脑皮质兴奋性促进运动功能恢复,已逐渐受到神经康复领域的关注。反复促通技术(repetitive facilitative exercise, RFE)是一种新的脑卒中后运动功能促通技术,以重建和强化神经传导通路为目标,利用高频重复刺激及特定的神经诱发模式促使患者恢复正常运行<sup>[3]</sup>。本研究结合两种方法治疗脑卒中患者,观察对下肢运动功能的临床效果,现报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年7月~2022年12月于我院针灸科住院治疗的80例脑卒中患者,均参照2019中国各类主要脑血管病诊断要点中的脑卒中诊断标准,经头颅MRI或CT检查确诊<sup>[4]</sup>。纳入标准:

基金项目:武汉市卫健委面上项目-重点项目(武卫通[2020]70号WX20B15)

收稿日期:2024-03-15

作者单位:1. 武汉市第一医院,武汉430030;2. 武汉市第四医院,武汉430030

作者简介:吕亚希(1992-),男,技师,主要从事神经康复及肌骨疼痛康复领域的研究。

通讯作者:周锐,13006123077@163.com

初次发病,病程3~12周;年龄20~80岁;明确单侧病灶;偏瘫侧下肢Brunnstrom≥Ⅲ期;悉知本研究并签署知情同意书。排除标准:体内金属器物植入,如心脏起搏器等;严重心、肺等脏器疾病;颅内压增高、癫痫或伴随其他神经系统疾病等;伴严重认知障碍或失语症;偏瘫侧下肢有严重痉挛或关节外伤等。本研究经我院伦理委员会审批同意(W2022-12-1)。按随机数字表法将80例患者随机分为2组各40例。2组一般资料比较差异均无统计学意义。见表1。

表1 2组患者一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	病程 (d, $\bar{x} \pm s$ )	偏瘫侧(例)		卒中类别(例)	
		男	女			左	右	脑出血	脑梗死
对照组	40	24	16	56.73±8.54	29.61±9.55	23	17	12	28
观察组	40	22	18	55.61±8.46	31.26±8.36	21	19	13	27
$t/\chi^2$ 值		0.065		0.612	0.105	0.511			0.078
P 值		0.708		0.537	0.316	0.428			0.769

1.2 方法 2组患者均给与常规康复与rTMS治疗。常规康复包括患侧肢体主被动活动、翻身训练、床椅转移、平衡训练及步态训练等<sup>[5]</sup>,每次训练45min。rTMS治疗:使用RAPID2型重复经颅磁刺激仪(“8”字形线圈,直径70mm,强度可达2.0T,作用可至皮下2cm处)。患者首次接受rTMS治疗时,需测定静息运动阈值(resting motor threshold, RMT),患者仰卧位,标记患侧头部第一躯体皮质运动区(患侧颅骨顶点处旁开4~6cm),设置单脉冲刺激模式,调节80%最大输出强度,将线圈置于患侧标记区域来回移动,确定静息状态时引起胫前肌运动的最大诱发电位(motor-evoked potential, MEP)的位置,将线圈固定于此,调节刺激强度至连续10次刺激中,至少5次能引起胫前肌MEP振幅>50 $\mu$ V的最小刺激强度为RMT。治疗时在患侧第一躯体皮质运动区进行rTMS治疗,调节刺激频率为10HZ,强度为80%RMT,20min/次,共1200个脉冲<sup>[6]</sup>。观察组做完常规康复与rTMS后即接受RFE治疗,主要包括下肢的特定运动模式及强调健侧下肢负重<sup>[7]</sup>。前者具体包括:侧卧位,屈膝90°,髋关节屈曲/伸展;仰卧位,屈膝90°,髋关节内旋/外旋;仰卧位,屈膝135°,髋外展/内旋/后伸—髋内收/外旋/屈曲;仰卧位,踝关节背屈/跖屈;仰卧位,髋屈曲/内收/外旋,膝关节屈曲,踝关节跖屈—髋后伸/外展/内旋,膝关节伸展,踝关节背屈;坐位,髋屈曲90°,膝关节屈曲/伸展;站立位,踝关节背屈0°,患肢进行迈步训练。根据每个患者的功能情况选择5~7个模式进行治疗,在同一接受过RFE技术培训的康复治疗师的辅助下每个运动模式做200次,50次/组,分4组训练,组间休息1min,每次训练45min。健侧下肢负重主要为站起,坐下反复练习,鼓励健侧多负重,每天练习200次,可分多组完成。以上所有治疗1次/d,6

次/周,持续4周。治疗过程中,治疗师需对患者的体征及运动状态进行观察,若患者出现心慌、恶心等反应及时终止,视其评估结果调整治疗。

1.3 评定标准 治疗前后由同一不知情患者治疗方案的资深治疗师对患者进行评定。分别采用Fugl-Meyer量表下肢部分(fugl-meyer assessment of lower extremity, FMA-LE)、功能性步行量表(functional ambulation category scale, FAC)、Berg平衡量表(berg balance scale, BBS)及10m最大步行速度(10m maximum walking test, 10MWT)评估患者下肢运动功能及步行能力。

①FMA-LE:包括下肢屈伸肌反射活动、共同运动及运动速度与协调性等方面,共17项,每项按指定动作完成度可记0、1、2分,共34分,总分越高,表示运动功能越好<sup>[8]</sup>。②FAC:根据行走所需的辅助程度分为0~5级,不能行走为0级,能独立行走为5级,本研究为方便统计分析,将0~5级分别赋分0~5分,得分越高,功能越好<sup>[9]</sup>。③BBS:包括独立坐与站、坐站转移、单腿站立等方面,共14项,按指定动作完成度可记0~4分,共56分,得分越高表明平衡功能越好。④10MWT:患者在平坦地面以最稳定且最快步态行走15m,用秒表记录在第2~12m段所需的时间,计算出速度(m/s),取3次测试平均值进行分析<sup>[10]</sup>。

1.4 统计学方法 采用SPSS 22.0统计学软件进行数据处理,计数资料用百分率表示,采用 $\chi^2$ 检验;符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内比较采用配对样本t检验,组间比较采用独立样本t检验。非正态分布的计量资料采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

治疗4周后,2组患者FMA-LE评分、FAC评分、BBS评分及10MWT均较治疗前有不同程度的提高( $P < 0.05$ );且观察组FMA-LE、FAC、Berg评分及10MWT均高于对照组( $P < 0.05$ )。见表2~5。

表2 2组患者FMA-LE评分治疗前后比较 分,  $\bar{x} \pm s$

组别	n	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	40	11.48±3.76	20.52±3.69	-20.347	<0.001
观察组	40	12.25±4.21	26.74±3.75	-6.698	<0.001
t 值		-0.576	-8.623		
P 值		0.581	<0.001		

表3 2组患者FAC评分治疗前后比较 分,  $\bar{x} \pm s$

组别	n	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	40	1.62±0.67	2.67±0.57	-9.434	<0.001
观察组	40	1.65±0.68	4.13±0.78	-17.742	<0.001
t 值		0.389	-9.889		
P 值		0.713	<0.001		

表 4 2 组患者 BBS 评分治疗前后比较 分,  $\bar{x} \pm s$ 

组别	n	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	40	24.71±4.65	37.17±5.46	-27.542	<0.001
观察组	40	24.92±4.97	47.69±5.35	25.416	<0.001
t 值		-0.169	-8.391		
P 值		0.862	<0.001		

表 5 2 组患者 10MWT 治疗前后比较 m/s,  $\bar{x} \pm s$ 

组别	n	治疗前	治疗后	t 值	P 值
对照组	40	0.31±0.02	0.43±0.01	-70.264	<0.001
观察组	40	0.29±0.03	0.61±0.05	-61.143	<0.001
t 值		1.762	18.387		
P 值		0.697	<0.001		

### 3 讨论

脑卒中患者由于脑血管的病变常损害上运动神经元,导致高级中枢无法正常控制运动系统,因而释放出被抑制的、原始的及大脑皮层以下中枢控制的运动反射,引起患者出现异常运动模式,形成运动功能障碍<sup>[11]</sup>。下肢常可见足下垂内翻、伸肌群张力增高、关节活动能力下降,影响患者的平衡及步行等功能,降低了日常生活活动能力。目前,针对脑卒中后运动功能障碍的治疗技术及物理设备众多,如运动再学习、Bobath 疗法、功能性电刺激、电子生物反馈等<sup>[12]</sup>,探求优化的治疗方案仍可帮助患者最大限度的恢复肢体功能,提高生活质量。

正常大脑两侧半球的兴奋性均处于一定范围,且相互抑制保持平衡<sup>[13]</sup>。当一侧大脑半球受损时,平衡状态即遭到破坏,患侧半球兴奋性降低,同时受到健侧半球抑制进一步降低调节能力,致使支配的肢体产生功能障碍。rTMS 可在大脑皮质的特定区域作用,产生的磁场可无衰减地穿透颅骨和大脑皮层,并在大脑深部形成感应电流,进而影响大脑内的生物电活动<sup>[14]</sup>。通过连续、重复、规律性的 rTMS 作用,不仅可调节大脑半球间的失衡状态,还可诱发大脑皮层中间神经元形成感应电流,促使脊髓前角运动神经元去极化,产生的诱发电位可沿轴突传导至支配的肌肉,使之收缩而达到治疗目的<sup>[15]</sup>。不同频率的 rTMS 刺激脑皮质发挥的作用往往不同,高频 rTMS 可增强皮质兴奋性,而低频 rTMS 则可发挥抑制作用<sup>[16]</sup>。通过高频 rTMS 刺激患侧可增强下肢运动皮质兴奋性,有效改善下肢运动功能<sup>[17]</sup>。临床还发现 rTMS 结合其他方法均较单一使用效果更佳。陶峰等<sup>[18]</sup>在研究中发现 rTMS 结合镜像疗法对偏瘫患者下肢运动及步行功能有较好疗效。龚海洋等<sup>[19]</sup>指出 rTMS 联合功能性伸展可改善下肢痉挛及运动能力。

RFE 是运用多种感官刺激及高频重复与特定模式的运动训练,诱导重建神经元通路,进而帮助实现主

动运动意图的促通技术<sup>[20]</sup>。Shimodozono 等<sup>[21]</sup>指出大量的运动训练及感觉输入可扩大激活大脑运动皮层,促使受损皮层细胞再生及恢复功能。脑卒中后下肢运动功能障碍常会直接影响患者平衡及步行功能。姜增明等<sup>[22]</sup>研究表明 RFE 可提高脑卒中患者平衡与步行功能,且改善步行节律。Kawahira 等<sup>[23]</sup>指出 RFE 可对脑卒中患者 ADL 及生存质量产生积极影响。RFE 注重步行时让健侧充分负重,更好地维持躯干平稳,使患肢更容易向前迈步;站立位迈步训练则提高了患肢前移能力;仰卧位髋、膝、踝关节的训练可减少痉挛肌群对站立位时平衡功能的影响,增强步行功能。多种下肢特定模式运动的训练,可增强大脑受损皮层处神经组织的兴奋性,患者熟练掌握特定动作后,反复强化可促进形成新的神经通路,进而获得更好的运动功能<sup>[24]</sup>。本研究结合 rTMS 与 RFE 治疗脑卒中患者下肢运动功能障碍,发现患者下肢运动功能、平衡与步行功能均有更好的改善,且步行速度有明显提高,表明结合应用效果更佳。主要作用机制可能是:①二者均基于脑具有可塑性理论,rTMS 通过直接刺激作用患侧大脑皮层,提升中枢神经元兴奋性,而 RFE 则通过多感官刺激及患者的主观运动意识持续传导至大脑,共同构成“中枢—外周—中枢”的多重刺激,实现闭环康复模式,促进脑功能重塑<sup>[25]</sup>;②rTMS 可调节大脑皮层神经元活动,传导至脊髓前角,形成下行通路,使患侧下肢完成自主运动;RFE 可通过重复大量下肢运动,刺激运动通路上的神经元,不断强化本体感觉反馈,将正常运动模式及皮肤感觉的冲动传入中枢,二者可产生协同作用,促进重建神经通路<sup>[26]</sup>;③rTMS 刺激患侧皮质区可调节两侧半球间的平衡,减轻健侧对患侧的兴奋性抑制,降低了患肢在步行功能中的影响,而 RFE 可缓解患肢肌肉痉挛,强化了健侧负重,提升了平衡能力及步态稳定性。

综上所述,重复经颅磁刺激结合反复促通疗法治疗脑卒中患者可有效改善下肢运动功能,增强平衡功能及步行能力。研究中仍有欠缺,今后进一步的研究将增加样本数量,延长观察周期,以作深入研究。

### 【参考文献】

- [1] 胡川,杨晓,顾莹,等.基于正常行走模式的功能性电刺激对老年脑卒中患者步行功能的影响[J].中华老年心脑血管病杂志,2018,20(7):742-745.
- [2] 刘进,蔡倩,徐亮,等.低频重复经颅磁刺激联合任务导向性镜像疗法对脑梗死患者上肢运动功能的影响[J].中国康复理论与实践,2018,24(11):1320-1323.
- [3] 李琦,程瑞,闻万顺,等.反复促通疗法结合低频重复经颅磁刺激对脑卒中后上肢功能障碍的疗效评估[J].中国现代医生,

- 2018,56(26):1-5.
- [4] 曾进胜,刘鸣,崔丽英.中国各类主要脑血管病诊断要点2019[J].中华神经科杂志,2019,25(9):710-715.
- [5] 蒋燕萍,曾玉萍,吴波.脑血管病临床研究进展[J].中国现代神经疾病杂志,2018,8(2):9-94.
- [6] 马启寿,李中元,符卫卫,等.重复经颅磁刺激对恢复期脑卒中患者步行的效果[J].中国康复理论与实践,2023,29(2):167-173.
- [7] Hdionisio A,Duarte IC,Patricio M,et al. The use of repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: a systematic review[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis,2018,27(1):1-3.
- [8] 牟谷萼,刘瑶杰,阮智利,等.低频rTMS对恢复早期脑卒中患者下肢运动功能的影响[J].中国康复,2021,36(8):465-468.
- [9] 彭素华,吴樊,李静.意识关注下的下肢运动训练对卒中后下肢运动功能的改善[J].神经损伤与功能重建,2018,13(1):51-54.
- [10] 朱娟,钮金圆,张文通,等.计时起立行走与最大步行速度评估脑卒中步行功能的对比分析[J].中国康复医学杂志,2017,32(9):1026-1029.
- [11] 梁辉,卢英,刘夕霞,等.脑卒中肌痉挛治疗的研究进展[J].中国临床新医学,2019,12(11):1251-1254.
- [12] 吴毅.脑卒中患者的脑功能检测及脑刺激新技术[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(2):81-83.
- [13] Etoh S,Noma T,Takiyoshi Y,et al. Effects of repetitive facilitative exercise with neuromuscular electrical stimulation, vibratory stimulation and repetitive transcranial magnetic stimulation of the hemiplegic hand in chronic stroke patients[J]. Int J Neurosci, 2016,126(11):1007-1012.
- [14] Handelzalts S,Kenner- Furman M,Gray G,et al. Effects of perturbation- based balance training in subacute persons with stroke: a randomized controlled trial[J]. Neurorehabilitation and Neural Repair,2019,33(3):213-224.
- [15] 朱平安,钟立达,马贤聪,等.动作观察疗法联合重复经颅磁刺激对脑卒中后下肢功能障碍的影响[J].中国康复,2023,38(4):208-212.
- [16] 王璐,钟明华,高呈飞,等.基于双峰平衡恢复模型探究重复经颅磁治疗脑卒中患者上肢运动功能障碍[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(6):503-508.
- [17] Xie Y J,Chen Y ,Tan H X, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for lower extremity motor function in patents with stroke: a systematic review and network meta-analysis [J]. Neural Regen Res,2021, 16(6):1168-1176.
- [18] 陶峰,王传杰,陈本梅,等.低频重复经颅磁刺激联合镜像疗法对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及平衡能力的影响[J].中国康复医学杂志,2022,7(5):611-615.
- [19] 龚海洋,陶瑛瑛.功能性伸展运动联合巴氯芬、重复经颅磁刺激对脑卒中后下肢痉挛性偏瘫患者的临床疗效[J].神经损伤与功能重建,2018,13(12):611-615.
- [20] 叶祥明.反复促通疗法对脑卒中患者后遗症期下肢运动功能及步态影响[J].护理与康复,2021,20(2):82-84.
- [21] Shimodozono M,Noma T,Nomoto Y,et al. Benefits of a repetitive facilitative exercise program for the upper paretic extremity after subacute stroke: a randomized controlled trial[J]. Neurorehabil Neural Repair,2013,27(4):296-305.
- [22] 姜增明,施加林,鲁俊玲. rTMS结合镜像疗法治疗脑卒中后偏瘫的效果[J].中国卫生标准管理,2020,11(15):42-45.
- [23] Kawahira K,Shimodozono M,Etho S,et al. Effects of intensive repetition of a new facilitation technique on motor functional recovery of the hemiplegic upper limb and hand[J]. Brain Injury, 2010,24(10) :1202-1213.
- [24] 陈忠强,杨帆,朱鑫鑫,等.反复促通技术联合针灸对脑梗死患者功能恢复及生存质量的影响分析[J].中国康复,2022,37(5):276-278.
- [25] 贾杰."中枢-外周-中枢"闭环康复——脑卒中后手功能康复新理念[J].中国康复医学杂志,2016,31(11):1180-1182.
- [26] 杨喜兵,杨帆,陈忠强,等.反复促通技术联合针刺对中风患者上肢功能恢复的疗效观察[J].中国全科医学,2020,3(31):3983-3987.

## · 外刊拾粹 ·

### 骨形态发生蛋白信号传导与骨关节炎

尽管骨关节炎(OA)的全球患病率迅速上升,但是改变疾病进展的治疗方法仍然未被完全明确。最近,研究者发现了远端增殖区(DPZ),这是一个双潜能增殖细胞的区域,受骨形态发生蛋白(BMP)信号的影响。这项动物研究评估了在关节软骨内 BMP 信号诱导的短暂软骨分化是否为 OA 发病机制的分子基础。成年小鼠通过进行前交叉韧带横断术(ACLT)以诱导 OA 模型。然后,将他莫昔芬(Tamoxifen)注射到小鼠腹腔内,以激活 BMP 信号传导。此外,小鼠关节内注射 LDN-193189,以阻断 BMP 的信号传导。然后通过使用 Micro-CT、组织学染色和免疫组织化学法以评估 OA 的进展。Micro-CT 结构检查显示,ACLT+他莫昔芬组关节表面广泛损伤,骨赘形成。在使用 LDN-193189 注射阻断 BMP 后,ACLT 术后 OA 发展的表型和分子变化显著减少。当关节内注射 LDN-193189 的时间延迟到至术后第 35 天时,OA 的表型和分子变化有所减少,但并未达到 OA 发病前的程度。结论:这项动物研究表明,骨形态发生蛋白信号传导是 OA 发病过程中的关键组成部分。

(朱林森译)

Jaswal A, et al. BMP Signaling: A Significant Player and Therapeutic Target for Osteoarthritis. Osteoarthr Cartil. 2023, 31(11): 1454-1468.

中文翻译由 WHO 康复培训与研究合作中心(武汉)组织

本期由四川大学华西医院 何成奇教授主译编