

· 临床研究 ·

重复性外周磁刺激联合运动疗法对脑卒中患者踝跖屈肌痉挛的影响

宋鹏飞 马明 蔡倩 杨玺 徐亮 刘进 何逸康 张云

【摘要】 目的 观察重复性外周磁刺激联合运动疗法对脑卒中患者踝跖屈肌痉挛的影响。**方法** 选取脑卒中患者 60 例,按随机数字表法分为治疗组和对照组,每组 30 例,2 组患者均行常规运动疗法,治疗组在此基础上辅以重复性外周磁刺激疗法。分别于治疗前及治疗 4 周后(治疗后),采用表面肌电图记录踝关节背伸最大等长收缩时胫前肌及腓肠肌的积分肌电值(IEMG),计算协同收缩率(CO);采用 Fugl-Meyer 下肢运动功能评分(FMA-LE)、Holden 功能性步行分级(FAC)和综合痉挛量表(CSS)分别评定 2 组患者的下肢运动功能、步行功能以及踝跖屈肌张力。**结果** 治疗后,2 组患者踝背伸最大等长收缩时的胫前肌积分肌电值(IEMG)[治疗组(52.25 ± 6.97) $\mu V \cdot s$ 、对照组(47.01 ± 9.02) $\mu V \cdot s$]、FMA-LE 评分[治疗组(20.13 ± 6.20)分、对照组(16.07 ± 5.10)分]及 FAC 分级[治疗组(2.53 ± 0.90)分、对照组(2.03 ± 0.81)分]均较组内治疗前明显提高($P < 0.05$);2 组患者的综合痉挛评分(CSS)[治疗组(8.90 ± 1.81)分、对照组(9.83 ± 1.49)分]及踝背伸协同收缩率(CO)[治疗组(33.50 ± 4.95)%、对照组(39.93 ± 4.58)%]均较组内治疗前明显降低($P < 0.05$);组间比较,治疗组治疗后的上述指标改善较对照组更为明显,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 重复性外周磁刺激联合运动疗法可以更有效的减轻脑卒中患者踝跖屈肌痉挛,同时提高下肢的运动功能和步行能力。

【关键词】 磁刺激; 运动疗法; 脑卒中; 痉挛; 表面肌电图

基金项目:江苏省卫生和计划生育委员会科研课题资助项目(MS201509);南京市体育局课题(NJTY2015-501)

Repeated magnetic stimulation improves the effectiveness of exercise therapy in relieving ankle spasticity after stroke Song Pengfei, Ma Ming, Cai Qian, Yang Xi, Xu Liang, Liu Jin, He Yikang, Zhang Yun. Department of Rehabilitation Medicine, The Affiliated Zhongda Hospital of Southeast University, Nanjing 210009, China
Corresponding author: Ma Ming, Email: NJ9868@163com

【Abstract】 Objective To study the effect of repetitive peripheral magnetic stimulation combined with exercise on spasticity in the ankle plantar flexors among stroke survivors. **Methods** Sixty stroke survivors with spasticity in their ankle plantar flexors were randomly divided into a treatment group and a control group, each of 30. Both groups were given conventional kinesiotherapy, while the treatment group were additionally provided with repetitive peripheral magnetic stimulation for 4 weeks. The myoelectric activity of the agonist and antagonist muscles was recorded using surface electromyography during maximum isometric voluntary contractions of the ankle dorsiflexors and co-contraction ratios (CRs) were calculated. The motor function, walking ability and ankle plantar flexor spasticity were evaluated using the Fugl-Meyer lower extremity assessment (FMA-LE), functional ambulation categories (FACs) and a composite spasticity scale (CSS). **Results** Before the intervention there was no signification difference between the two groups in terms of any of the assessments. After 4 weeks of treatment, the average integrated EMG of the anterior tibialis in the treatment group was significantly better than in the control group. That group's average FMA-LE and FAC scores were also significantly better. The experimental group's average spasticity score and co-contraction ratio during maximum isometric voluntary contractions of the ankle dorsiflexors had both decreased significantly. All of the improvements in the treatment group were significantly better than those in the control group. **Conclusion** Repetitive peripheral magnetic stimulation combined with the exercise therapy can effectively reduce ankle plantar flexor spasticity while improving motor function and walking ability. It is more effective than exercise alone.

【Key words】Magnetic stimulation; Exercise therapy; Stroke; Spasticity; Surface electromyography

Fund program:Scientific Research Foundation of the Jiangsu Province Health and Family Planning Commission (grant MS201509); Research Foundation of Nanjing Municipal Sports Bureau (grant NJTY2015-501)

脑卒中的发病率和致残率高,我国每年新发脑卒中患者约 200 万人,其中大部分患者遗留有不同程度的残疾,不能独立生活^[1]。临床康复治疗发现,多数脑卒中患者均存在不同程度的下肢运动障碍,而踝跖屈肌的痉挛是限制下肢运动功能恢复的重要原因;近年来磁刺激被广泛应用于神经康复领域,如运用经颅磁刺激疗法改善脑卒中患者的运动功能和认知功能^[2],功能性磁刺激治疗脊髓损伤患者的神经源性膀胱^[3]。然而利用外周磁刺激疗法改善下肢痉挛尚鲜见报道。本研究利用重复性外周磁刺激联合运动疗法治疗脑卒中后踝跖屈肌痉挛,旨在观察其对下肢运动功能恢复的影响。

对象与方法

一、研究对象及分组

入选标准①:符合全国第 4 届脑血管疾病会议通过的脑卒中诊断标准^[4],并经头颅 CT 或 MRI 检查证实;②年龄 30~80 岁;③病程≥3 个月;④踝跖屈肌改良 Ashworth 分级≥1⁺级;⑤首次发病且单侧肢体瘫痪;⑥认知功能正常;⑦签署知情同意书。

排除标准:①合并严重心肺、肾脏管疾病;②合并严重精神疾病或认知障碍;③近期内有肉毒素注射(踝跖屈肌);④下肢有严重骨关节疾病不能进行训练;⑤膝部有金属固定物。

选取 2015 年 1 月至 2016 年 12 月东南大学附属中大医院康复医学科收治且符合上述标准的脑卒中偏瘫患者 60 例,按随机数字表法分为治疗组和对照组,每组 30 例。2 组患者的性别、年龄、病程等一般临床资料经统计学分析比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。详见表 1。本研究获本院医学伦理委员会批准。

表 1 患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (月, $\bar{x}\pm s$)
		男	女		
治疗组	30	16	14	60.80±10.20	5.6±1.7
对照组	30	15	15	60.53±8.43	5.8±1.9

组别	例数	偏瘫侧别(例)		脑卒中类型(例)	
		左侧	右侧	脑出血	脑梗死
治疗组	30	17	13	20	10
对照组	30	16	14	19	11

二、治疗方法

2 组患者均给予常规运动疗法,包括每次 30 min 的一般运动治疗:①教育患者各种姿势下下肢的抗痉

挛体位摆放;②下肢关节的各方向的被动活动;③自我放松训练——通过呼吸,肢体摆动等方法进行全身或局部肌肉的放松;④平衡及步行训练;⑤体位转移及负重训练;⑥Bobath 疗法、本体感觉神经肌肉促进疗法等神经促通技术;⑦核心肌群控制训练等。治疗结束后,再行每次 30 min 降低踝跖屈肌痉挛的针对性运动治疗:①患者自我小腿三头肌被动牵伸训练,让患者脚掌前 1/3 站于台阶上,后 2/3 足部悬空,让患者保持直立姿势用自己身体重量向下加压完成小腿三头肌自我牵伸,每次牵伸保持 2 min,休息 30 s,共 3 组;②增强踝背屈肌肌力训练,患者仰卧位,下肢伸髋伸膝,利用弹力带进行踝背屈抗阻肌力训练,10 个/组,共 3 组。上述治疗每日 2 次,每周 6 d,持续 4 周。

治疗组患者在常规运动疗法结束后增加重复性外周磁刺激治疗:使用北京君德 LM-4000B 型磁刺激仪,该仪器输出的最大磁场强度为 4 T。首先在该磁刺激仪上选择连续的重复性刺激模式刺激胫神经,将磁刺激线圈对准腓窝的中心,用于降低踝跖屈肌的痉挛(小腿三头肌),频率为 20 Hz,治疗持续 5 min,治疗强度以患者产生舒适的刺激感为宜;在连续模式结束后立即使用间歇的重复性刺激模式刺激腓总神经,将磁刺激线圈置于腓骨头的正后方,以提高踝背屈和外翻的运动控制,频率为 20 Hz,脉冲列持续 3 s,间歇 6 s,治疗持续刺激 15 min,治疗强度以引起明显的肌肉收缩为宜,每日 2 次,每周 6 d,持续 4 周。应在皮肤上标记出神经刺激点的位置,以确保整个治疗过程中刺激线圈的位置准确一致。

三、临床疗效及评价标准

分别于治疗前和治疗 4 周后(治疗后),由同一治疗师对 2 组患者进行表面肌电图检测及下肢运动功能、步行功能和踝跖屈肌张力评定。

1. 表面肌电图检测:使用 Noraxon Myosystem 1400A 型表面肌电图仪(美国产)记录踝背伸最大等长收缩时主动肌及拮抗肌的肌电活动,用 Myoresearch 软件进行分析。开始测试前,先让患者熟悉实验过程,测试时患者取仰卧位,被测下肢屈髋屈膝,踝关节保持中立位。记录电极置于胫前肌肌腹中点及腓肠肌外侧头肌腹中点,电极间中心间距 2 cm,参考电极放于腓骨小头处。测试时,嘱患者用最大的力背伸踝关节并保持 10 s(分析时统一取中间 3 s 图像),每次踝关节背伸 3 次,每次测量间隔 10 s 左右,取最大值进行分析^[5]。采用表面肌电图记录踝关节背伸最大等长收

缩时胫前肌及腓肠肌的积分肌电值(integrated eletromyography, IEMG),并按公式(1)计算协同收缩率(co-contraction ratio, CO)。

$$CO = \frac{\text{拮抗肌 IEMG}}{\text{主动肌 IEMG} + \text{拮抗肌 IEMG}} \times 100\% \quad (1)$$

2. 下肢运动功能评定:采用简化 Fugl-Meyer 下肢功能评分量表(Fugl-Meyer assessment of lower extremity, FMA-LE)对患者下肢运动功能进行评定,该量表共有 17 项,满分为 34 分,得分越高表示患者下肢运动功能越好^[6]。

3. 踝跖屈肌张力评定:采用综合痉挛量表(composite spasticity scale, CSS)评定踝跖屈肌的张力,包括腱反射、肌张力和阵挛三个方面,总分 16 分,分数越高表示痉挛越严重^[6]。

4. 步行功能评定:采用功能性步行量表(functional ambulation category scale, FAC)对患者步行功能进行评定,其结果分为 0~5 级共 6 个级别,评级越高表示患者步行功能越好^[6]。

四、统计学方法

使用 SPSS 17.0 版统计学软件包对数据进行统计学分析处理,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,正态分布资料采用 *t* 检验,非正态分布资料采用秩和检验,计数资料比较采用卡方检验, $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后胫前肌及腓肠肌的肌电信号变化

治疗前,2 组患者胫前肌 IEMG 值、腓肠肌 IEMG 值及踝背伸 CO 值组间差异均无统计学意义($P < 0.05$)。经 4 周治疗后,2 组患者胫前肌 IEMG 值较组内治疗前显著提高($P < 0.05$),而腓肠肌 IEMG 值及踝背伸 CO 值评分均较组内治疗前降低($P < 0.05$),且治疗组上述指标均较对照组改善更为显著,2 组患者治疗后的组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。具体数据详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后踝背伸最大等长收缩时表面肌电信号比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	IEMG($\mu V \cdot s$)		踝背伸 CO 值 (%)
		胫前肌	腓肠肌	
对照组				
治疗前	30	38.60±9.22	36.72±7.45	48.92±2.80
治疗后	30	47.01±9.02 ^a	31.03±5.18 ^a	39.93±4.58 ^a
治疗组				
治疗前	30	37.43±7.68	36.09±7.81	49.06±2.06
治疗后	30	52.25±6.97 ^{ab}	26.81±7.22 ^{ab}	33.50±4.95 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P < 0.05$

二、2 组患者治疗前、后各项功能评定指标比较

治疗前,2 组患者 FMA-LE、CSS 及 FAC 评分组间差异均无统计学意义($P < 0.05$)。经 4 周治疗后,2 组患者的 FMA-LE 及 FAC 评分较组内治疗前均有显著提高($P < 0.05$),而 CSS 评分较组内治疗前降低($P < 0.05$),且治疗组较对照组改善更为显著,2 组患者治疗后的组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。具体数据详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前、后下肢各项功能评定指标比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA-LE 评分	CSS 评分	FAC 评分
对照组				
治疗前	30	10.80 $\pm$ 3.35	11.73 $\pm$ 1.86	1.03 $\pm$ 0.67
治疗后	30	16.07 $\pm$ 5.10 ^a	9.83 $\pm$ 1.49 ^a	2.03 $\pm$ 0.81 ^a
治疗组				
治疗前	30	11.37 $\pm$ 3.35	11.33 $\pm$ 1.84	1.07 $\pm$ 0.78
治疗后	30	20.13 $\pm$ 6.20 ^{ab}	8.90 $\pm$ 1.81 ^{ab}	2.53 $\pm$ 0.90 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P < 0.05$

讨 论

肌肉痉挛是脑损伤所致的以速度依赖性肌张力增加和牵张反射亢进为主要特征的运动功能障碍^[7],跖屈肌痉挛是脑卒中患者常见的并发症,导致患者步态改变,平衡能力减低,跌倒的风险增加^[8]。目前治疗痉挛的主要方法包括被动牵伸、主动运动、夹板固定、药物、注射肉毒杆菌毒素和外科手术治疗等^[9],其中运动疗法是最常用的方法,其主要作用在于纠正异常的运动模式、维持肌肉的长度,预防肌肉挛缩、促进主动肌收缩,从而抑制拮抗肌痉挛。

目前临床上大多数使用改良的 Ashworth 痉挛评分对于痉挛进行评定,虽然简单方便,但易受评定者的主观影响,故本研究使用表面肌电图进行客观量化肌张力。IEMG 和 CO 是表面肌电图的常用分析指标,IEMG 反映单位时间内骨骼肌的放电总量^[10],肌肉静力性收缩时与肌力呈正相关^[11];CO 反映拮抗肌在主动肌收缩过程中所占的比例,主要用于评定患侧肌张力的变化状况。本研究中,对照组患者经过 4 周的运动疗法治疗后,下肢 FMA 评分、FAC 评分及胫前肌 IEMG 均较治疗前明显提高,踝背伸 CO 及 CSS 评分明显降低,但降低痉挛程度的运动疗法普遍比较费时费力,因而患者耐受性较差。

磁刺激是一种无痛无创的治疗方法,其基本原理是通过线圈产生脉冲磁场,进而在局部诱发感应电流,当感应电流超过组织兴奋阈值时引起细胞膜局部去极化,促使组织兴奋。近年来磁刺激被逐渐应用于神经康复领域,如解东风等^[12]对重度偏瘫患者髂腰肌给予

磁刺激,证明此方法可以明显改善偏瘫患者的下肢运动功能和步行能力;李宁等^[13]将磁刺激作用于颈髓损伤患者 C₅₋₇ 及 T₉₋₁₀,与腹直肌电刺激联合可以改善通气效率,提高肺通气功能。本研究中,治疗组患者增加重复性外周磁刺激治疗后,患者各项评分指标均较对照组改善更明显,表明外周磁刺激联合运动疗法可以更加有效地降低踝跖屈肌的痉挛程度,提高胫前肌的收缩能力,促进 2 组患者的肌肉协同收缩。其可能的作用机制:感觉缺失已经被证明是痉挛发生的重要危险因素,因此,增加本体感觉和躯体感觉的输入被认为可能对抑制痉挛有利^[14];而重复性外周磁刺激作用于外周神经可以大量兴奋本体感觉传入神经,从而通过丘脑皮层和皮质纤维增强初级运动皮质(M1 区)的兴奋性^[15-18],这种兴奋性的增加可能会改善受损运动系统的可塑性,从而改善大脑活动的模式^[16,18]。但重复性外周磁刺激对脊髓通路的直接作用目前尚不十分清楚。本研究首先利用连续的重复性刺激作用于胫神经产生大量不间断的本体感觉,流向痉挛患者功能受损的脊髓和皮质网^[19],可能通过上述作用机制降低踝跖屈肌痉挛,随后对腓总神经应用间断的重复性刺激产生周期性的肌肉收缩以模仿正常踝背屈模式,提高踝背屈和外翻的运动控制。

综上所述,在运动疗法的基础上增加重复性外周磁刺激可以进一步增强脑卒中患者胫前肌的肌力,降低腓肠肌的痉挛程度,并在痉挛改善的同时提高下肢的运动功能和步行能力。

参 考 文 献

- [1] 周龙华,卢君艳,林海燕,等.运动再学习联合针刺法对脑梗死患者下肢痉挛的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2015,37(4):280-284. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.04.011.
- [2] 张娜,刘献志,张凤江.经颅磁刺激对脑卒中患者功能恢复的影响[J].中国物理医学与康复医学杂志,2014,36(9):689-690. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2010.06.016.
- [3] 刘海杰,张立新,张志强.功能性磁刺激治疗神经源性膀胱的研究进展[J].中国物理医学与康复医学杂志,2012,34(5):390-392. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.05.022.
- [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] 黄美玲,杨万章,范佳进,等.早期使用踝足矫形器对脑卒中偏瘫患者步行功能影响的表面肌电信号研究[J].中国康复医学杂志,2014,29(5):446-450. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.05.010.
- [6] 王玉龙.康复功能评定学[M].北京:人民卫生出版社,2008:164-168.
- [7] Nielsen JB, Crone C, Hultborn H. The spinal pathophysiology of spasticity-from a basic science point of view[J]. Acta physiol, 2007, 189(2):171-180. DOI:10.1111/j.1748-1716.2006.01652.x.
- [8] 李哲,王国胜,郭钢花.全身振动疗法治疗偏瘫患者踝关节跖屈痉挛的疗效观察[J].中国康复医学杂志,2014,29(5):451-454. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2014.05.011.
- [9] 冯小军,高晓平.脑卒中后肌痉挛的康复治疗进展[J].中华物理医学与康复医学杂志,2010,32(5):391-394. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2010.05.024.
- [10] 杨坚,张颖.表面肌电图在神经肌肉病损功能评估中的应用[J].中国临床康复,2004,8(22):4580-4581.
- [11] Onishi H, Yagi R, Akasaka K, et al. Relationship between EMG signals and force in human vastus lateralis muscle using multiple bipolar wire electrodes[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2000, 10(1):59-67.
- [12] 解东风,李奎,陈颖蓓,等.膝踝足矫形器训练联合外周磁刺激对重度偏瘫患者下肢功能恢复的影响[J].中华物理医学与康复医学杂志,2014,36(9):694-697. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.09.010.
- [13] 李宁,袁华,牟翔,等.重复功能性磁刺激联合腹直肌电刺激对颈髓损伤患者肺通气功能的影响[J].中华物理医学与康复医学杂志,2013,35(11):875-878. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.11.013.
- [14] Wissel J, Schelosky LD, Scott J, et al. Early development of spasticity following stroke: a prospective, observational trial[J]. J Neurol, 2010, 257(7):1067-1072. DOI:10.1007/s00415-010-5463-1.
- [15] Struppler A, Havel P, Müller-Barna P. Facilitation of skilled finger movements by repetitive peripheral magnetic stimulation (RPMS) - a new approach in central paresis[J]. NeuroRehabilitation, 2003, 18(1):69-82.
- [16] Krause P, Straube A. Peripheral repetitive magnetic stimulation induces intracortical inhibition in healthy subjects[J]. Neurol Res, 2008, 30:690-694. DOI:10.1179/174313208X297959.
- [17] Wolters A, Schmidt A, Schramm A, et al. Timing-dependent plasticity in human primary somatosensory cortex[J]. J Physiol, 2005, 565(3):1039-1052. DOI:10.1113/jphysiol.2005.084954.
- [18] Struppler A, Binkofski F, Angerer B, et al. A fronto-parietal network is mediating improvement of motor function related to repetitive peripheral magnetic stimulation: a PET-H 2015 study[J]. Neuroimage, 2007, 36:T174-T186. DOI:10.1016/j.neuroimage.2007.03.033.
- [19] Lamy JC, Wargon I, Mazevet D, et al. Impaired efficacy of spinal pre-synaptic mechanisms in spastic stroke patients[J]. Brain, 2009, 132(3):734-748. DOI:10.1093/brain/awn310.

(修回日期:2017-09-12)

(本文编辑:汪 玲)