

·临床研究·

重复经颅磁刺激对脑卒中患者运动功能障碍的影响

赵晓琳¹ 刘天龙¹ 周禹鑫¹ 张立新^{1,2}

摘要

目的:观察低频rTMS治疗对于卒中后运动功能障碍恢复的作用,同时观察脑出血患者低频rTMS治疗的安全性。

方法:选取75例患者,采用随机数字表法随机分组:对照组(n=39),治疗组(n=36)。2组患者均予常规康复训练,治疗组除常规康复治疗外,予健侧M1区低频rTMS治疗,每日1次,共20天。治疗前后分别对各组患者进行Fugl-Meyer评分(包括上肢及下肢评分)、FIM、Berg评分。

结果:①Fugl-Meyer评分:治疗后2组患者Fugl-Meyer评分均升高,与对照组相比,治疗组评分(特别是上肢评分)升高更明显($P<0.05$)。②Berg评分:2组患者在治疗后Berg评分较治疗前均有升高,且治疗组明显高于对照组($P<0.05$)。③FIM评分:2组患者在治疗后FIM评分较治疗前均有升高,但是2组未显示显著性差异($P>0.05$)。④安全性:治疗过程中所有观察对象均未出现不良反应,安全性较好。

结论:健侧M1区低频rTMS能明显提高卒中后患者偏瘫肢体的运动功能及平衡功能,对上肢功能作用更显著,且治疗安全性好。

关键词 脑卒中;重复经颅磁刺激;运动障碍

中图分类号:R743.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2018)-07-0800-06

The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on dyskinesia in stroke patients/ZHAO Xiaolin, LIU Tianlong,ZHOU Yuxin, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33(7): 800—805

Abstract

Objective: To study the effect of low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on dyskinesia in stroke patients, and its safety for patients with cerebral hemorrhage.

Method: Seventy-five stroke patients were randomly assigned to treatment group(n=36)and control group(n=39). Both groups received conventional rehabilitation, and the treatment group received rTMS in M1 region,once a day, a total of 20 days. Both groups were assessed with Fugl-Meyer Assessment (FMA),Functional Independence Measure(FIM)and Berg before and after treatment.

Result: ①Fugl-Meyer Assessment:Fugl-Meyer scores of the 2 groups were both elevated after treatment. Compared with the control group,the treatment group score for the upper limb increased more significantly ($P<0.05$). ②Berg scale:The scores of Berg scale in 2 groups were higher than those before treatment, and the treatment group was significantly higher than the control group($P<0.05$). ③FIM: The post treatment scores of FIM in 2 groups were higher than those before treatment, however, no significant difference was found between the 2 groups($P>0.05$). ④Safety: No side-effects were observed during treatment, and the safety is good.

Conclusion: rTMS is safe and can improve motor function (especially for upper limb) and balance function significantly for stroke patients.

Author's address Rehabilitation Center of Shengjing Hospital of China Medical University,110000

Key word stroke; transcranial magnetic stimulation;dyskinesia

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.07.009

1 中国医科大学附属盛京医院康复中心,辽宁省沈阳市,110000; 2 通讯作者
作者简介:赵晓琳,女,硕士研究生,住院医师; 收稿日期:2016-12-16

脑卒中包括缺血性卒中和出血性卒中,具有高致残率及高病死率的特点,是当今世界危害人类生命健康的最主要疾病之一。而在我国,脑卒中在致死性疾病中已跃居第1位^[1]。随着医疗技术的不断发展,虽然卒中病死率逐年下降,却也导致致残率居高不下。脑卒中存活患者中,约50%—70%将遗留不同程度的功能障碍,给家庭及社会带来较重的经济负担。如何有效改善卒中患者功能障碍,提高其日常生活自理能力,减轻家庭及社会负担,将是康复医学中需要持续研究的问题。

重复经颅磁刺激(repetitivetranscranial magnetic stimulation, rTMS)是在磁刺激基础上发展起来的,具有连续可调、重复刺激的磁刺激技术,几乎可以无衰减地通过颅外组织,产生一个足够引起浅表轴突去极化的电场,并且激活皮质的神经网络^[2]。由于其具有无创、无痛、不衰减、直接作用局部、安全有效、操作简便等特点,近几年来迅速发展,已经成为康复研究中一种新兴的治疗手段。本研究的目的是

于利用重复经颅磁刺激可改变大脑皮质兴奋性的观点来研究低频rTMS对卒中后患者运动功能障碍的影响,同时观察其对脑出血患者治疗的安全性,为rTMS治疗脑卒中后运动功能障碍的深入研究和临床应用提供依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

于2015年6月—2016年6月期间,收集我科住院的符合条件的脑卒中患者,共75例。用随机数字表法随机分为:对照组(n=39),治疗组(n=36)。两组患者在性别、年龄、卒中类型、发病部位等方面分层见表1。表中数据经统计学分析,治疗前组间比较差异均无显著性意义($P>0.05$),具有可比性。

两组患者在年龄、病程、病灶大小等一般情况方面,经统计学分析,组间比较差异均无显著性意义($P>0.05$),具有可比性(表2)。

1.2 入选标准

表1 研究对象基线资料分层情况 (例)

组别	例数	性别		病变类型		病灶部位		年龄(岁)			
		男	女	脑梗死	脑出血	左	右	30—40	41—50	51—60	61—70
对照组	39	24	15	20	19	20	19	6	5	13	15
治疗组	36	23	13	18	18	19	17	6	4	14	12

表2 研究对象基线资料比较

组别	例数	年龄(岁)	病程(周)	病灶大小(占内囊后肢比例)
对照组	39	56.2±12.7	4.3±3.1	0.695±0.348
治疗组	36	54.0±11.4	4.0±2.0	0.687±0.285
<i>t</i>		-0.760	-0.459	-0.1
<i>P</i>		0.450	0.648	0.92

①符合缺血性^[3]或出血性^[4]脑卒中诊断标准;且为首次发病或既往发病未遗留后遗症;②经CT或MRI确诊;③病程2—12周,年龄30—70岁;④偏瘫侧肢体肌力0—3⁺级;⑤既往无癫痫、脑外伤、严重心脏病史;⑥颅内无金属植入物。

1.3 排除标准

①有严重认知及交流障碍而不能配合者;②戴有起搏器或其他植入设备(如电子耳蜗、内置泵、人工心脏金属瓣膜、眼球内金属异物)或有颅骨缺损者;③心肺肝肾等重要脏器功能减退或衰竭;严重躯体疾病;④有颅内压明显增高指征者;⑤有癫痫病史、精神病史或家族史者(包括婴儿时期的热惊厥),

或近期服用三环类等降低痫性发作阈值者^[5];⑥有严重颈椎病变包括严重椎管狭窄、颈椎不稳定者;⑦既往银夹动脉瘤结扎术病史,尤其是旧式动脉瘤夹;⑧孕妇,儿童。

1.4 实验方法

两组患者均视患者情况给予常规康复治疗,如:电动起立床、等速肌力训练、高压氧、PT、OT、关节松动、针灸、低频电治疗等。治疗组予相应参数的重复经颅磁刺激治疗,而对照组不予磁刺激治疗。

1.4.1 重复经颅磁刺激(rTMS):采用国产YRD CCY-1磁刺激器(线圈直径12.5cm,最大强度为3.0T)。

1.4.2 重复经颅磁刺激方案:治疗组予健侧大脑M1区(施加刺激时,先用定位帽确定M1区的大致位置,然后在其附近,使圆形线圈与颅骨表面相切,寻找能够诱发健侧拇短展肌最大运动的位置,即M1区,将线圈中心对准该点,手柄垂直指向枕侧)低频(1Hz)磁刺激治疗,强度:0.8—1.2RMT(resting

motor threshold, 静息运动阈值), 刺激 8—10s, 间歇 2—5s, 总刺激数 1000 次, 时间 20—30min。每天 1 次, 连续 20 天。

1.4.3 疗效评定: 两组患者在治疗前及治疗后分别由不知晓分组情况的医生予康复评定。收集患者 Fugl-Meyer 评分(包括上肢及下肢运动评分)、FIM、Berg 评分, 进行统计分析。

Fugl-Meyer 运动功能评分量表(Fugl-Meyer assessment of motor recovery, FMA): FMA 量表能够对脑卒中偏瘫患者的肢体功能做出准确的定量评定, 分为上肢功能评分及下肢功能评分, 结果确切, 内容详尽, 与患者日常生活的活动功能密切相关, 能够直观反映患者的异常运动模式变化^[6]。共 50 项, 每个项目分为 3 级(0—2 分), 总分 100 分, 其中上肢 33 项, 共 66 分, 下肢 17 项, 共 34 分。

功能独立性评定(Functional Independence Measure, FIM)量表: FIM 量表是由美国纽约州功能评估中心的研究人员于 1987 年提出的, 主要用于评估患者的功能独立性。FIM 量表不仅仅是针对自理活动, 而且还针对括约肌控制、交流、转移、行进、认知等进行评定。共 18 项, 每项 1—7 分, 总分 18—126 分。大量住院患者的应用结果表明, FIM 具有良好的信度和效度^[7], 康复医师能够用统一可信的方法来进行残疾严重程度的评定。

Berg 量表: Berg 量表共 14 项, 每项 0—4 分, 总分 56 分。Berg 平衡量表主要用来评定患者的平衡功能, 效度、信度和敏感度均较好^[8]。

1.5 统计学分析

计数资料采用 χ^2 检验, 计量资料: 组内治疗前后比较采用配对 t 检验, 组间均数比较采用独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有显著性意义。统计分析采用 SPSS21.0 统计软件包。

2 结果

2.1 2 组观察对象 FMA 指数变化

本实验观察到, 2 组患者在治疗后 FMA 评分较治疗前均有升高, 且与治疗前相比, 具有显著性意义($P < 0.01$), 常规康复治疗及重复经颅磁刺激均能提高患者肢体功能, 改善患者运动功能障碍程度。

2 组患者在治疗前 FMA 评分经独立样本 t 检

验, 无显著差异($P > 0.05$), 具有可比性。治疗后经独立样本 t 检验, $P < 0.05$, 提示治疗组(39.25 ± 24.88)较对照组(26.90 ± 21.46)更能提高患者 FMA 评分(表 3)。

2.2 2 组观察对象 FMA-上肢、下肢指数变化

有研究表明, rTMS 对上肢功能恢复, 尤其是手的功能恢复有更为明显的促进作用^[9], 因此本研究亦将 FMA 评分上、下肢部分评分分开统计, 来研究 rTMS 是否对上肢或下肢有更为明显的促进作用。

2.2.1 2 组观察对象 FMA-上肢指数变化: 本研究显示, 2 组患者在治疗后 FMA-上肢评分较治疗前均有升高, 且与治疗前相比, 具有显著性意义($P < 0.01$)。

2 组患者在治疗前 FMA-上肢评分, 无显著差异($P > 0.05$), 具有可比性。治疗后经统计学分析, 提示治疗组 FMA-上肢评分(21.33 ± 18.11)较对照组(12.85 ± 15.47)升高更明显($P < 0.05$), 表 4。

2.2.2 2 组观察对象 FMA-下肢指数变化: 本研究显示, 2 组患者在治疗后 FMA-下肢评分较治疗前均有升高, 且与治疗前相比, 具有显著性意义($P < 0.01$)。

2 组患者在治疗前 FMA-下肢评分, 无显著差异($P > 0.05$), 具有可比性。治疗后, 两组患者评分均较前升高, 治疗组(17.92 ± 9.49)较对照组(14.21 ± 8.08)升高更多, 但经统计学分析, 未显示明显显著性差异($P = 0.072 > 0.05$)(表 5)。

2.3 2 组观察对象 FIM、Berg 评分变化: 本实验观察到, 2 组患者在治疗后 FIM、Berg 评分较治疗前均有升高, 且与治疗前相比, 具有显著性意义($P < 0.01$), 常规康复治疗及重复经颅磁刺激均能提高患者肢体功能独立性及平衡功能, 改善患者运动功能障碍程度。

2 组患者在治疗前 FIM 评分及 Berg 评分经统计未见显著差异($P > 0.05$), 具有可比性。治疗后, 两组患者评分均较前升高, 治疗组升高更多, 经统计学分析, FIM 评分未显示显著性差异($P > 0.05$), 而 Berg 评分显示两组有显著性差异, 治疗组(15.13 ± 12.85)较对照组(8.73 ± 10.11)升高更明显($P < 0.05$)(表 6)。

2.4 不良反应及安全性

治疗过程中所有观察对象均未出现头痛、癫痫发作等常见不良反应。由于经颅磁刺激无创且不接触皮肤, 避免了交叉感染等不良反应的发生, 安全性较好。

表3 2组观察对象FMA评分治疗前后及组间比较

组别	例数	FMA		t	P
		治疗前	治疗后		
对照组	39	22.87±20.79	26.90±21.46 ^①	-4.658	0.000
治疗组	36	27.25±23.10	39.25±24.88 ^{①②}	-8.29	0.000
t		0.864	2.307		
P		0.390	0.024		

注:①与本组治疗前比较, P<0.01;②治疗后治疗组与对照组比较, P<0.05

表4 2组观察对象FMA-上肢评分治疗前后及组间比较

组别	例数	FMA-上肢		t	P
		治疗前	治疗后		
对照组	39	11.49±15.13	12.85±15.47 ^①	-3.132	0.003
治疗组	36	14.47±16.55	21.33±18.11 ^{①②}	-6.785	0.000
t		0.816	2.187		
P		0.417	0.032		

注:①与本组治疗前比较, P<0.01;②治疗后治疗组与对照组比较, P<0.05

表5 2组观察对象FMA-下肢评分治疗前后及组间比较

组别	例数	FMA-下肢		t	P
		治疗前	治疗后		
对照组	39	11.23±7.70	14.21±8.08 ^①	-4.861	0.000
治疗组	36	12.72±8.76	17.92±9.49 ^①	-7.313	0.000
t		0.785	1.828		
P		0.435	0.072		

注:①与本组治疗前比较, P<0.01

表6 2组观察对象FIM评分、Berg评分治疗前后及组间比较

组别	FIM		Berg	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	60.18±20.50	68.21±21.54 ^①	3.70±6.22	8.73±10.11 ^①
治疗组	63.42±22.39	73.61±21.76 ^{①②}	7.32±10.84	15.13±12.85 ^{①③}
t	0.424	1.055	1.509	2.030
P	0.673	0.295	0.140	0.049

注:①与本组治疗前比较, P<0.01; 治疗后治疗组与对照组比较:② P>0.05, ③ P<0.05; 对照组39例, 治疗组36例

3 讨论

1831年, Michael Faraday 陈述了他的法则:时变电场可以产生一个磁场, 相反, 时变磁场也可诱发出感应电场, 因此能够在附近的介质中产生一个二次电流。之后, 在1985年, Barker等第一次提出利用经颅磁刺激来刺激大脑, 并于1999年用于临床^[10]。经颅磁刺激即基于Faraday提出的电磁原理, 在头颅附近放一导电线圈, 使快速变化的电流在数毫秒内通过线圈, 从而产生可以穿透头皮及头骨的变化磁场, 而这一不断变化场强的磁场就可以使线圈下方的局部大脑皮质(面积约3cm², 深度约2cm) 产生持

续数百微秒的电流并激活相应区域皮质及皮质下神经元轴突^[2]。

Levy等^[11]通过动物实验发现, 显微镜下切断皮质脊髓束后, 运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)的大部分波形消失, 指出MEP的主要传导通路为皮质脊髓束。有研究表明, MEP异常与临床运动功能障碍密切相关, 可以反映脑卒中患者病情的轻重^[12]。基于健康人群的MEP的测量结果的不同研究, 一些共识认为低频rTMS(≤1Hz)的作用为抑制性, 可以降低大脑皮质的兴奋性, 而高频rTMS(≥5Hz)的作用结果为兴奋性, 可提高皮质的兴奋性^[13]。卒中后, 两侧大脑半球间相互抑制的平衡被破坏, 健侧大脑半球的过度兴奋会通过胼胝体投射, 反过来降低患侧脑的兴奋性, 这对于临床结局来说是个不好的预后因素^[14]。有证据证明, 两侧半球间神经突的平衡及竞争可以影响到M1区^[15], 因此, 我们可以利用不同频率的rTMS作用于M1区来调节半球间抑制(interhemispheric inhibition, IHI), 使之趋于平衡。

综上所述, rTMS利用电生磁、磁生电的原理, 作用于神经系统, 从而改变颅内代谢及电生理活动, 调节皮质兴奋性, 改变脑代谢及局部脑血流等, 从而达到改善神经系统活动, 促进神经功能恢复的作用。利用rTMS作为治疗目的或作为部分神经康复策略只是近期才提出, 而且首次临床试验始于2001年^[16]。治疗目的在于增加患侧脑或降低健侧脑的兴奋性, 以降低对患侧脑的抑制作用^[17]。

目前对于rTMS治疗脑卒中的研究较少, 且多针对脑梗死患者, 针对脑出血患者的研究更少, 尚未见到针对研究对象的病灶部位、大小及卒中类型进行分层的研究。由于rTMS的治疗参数尚无统一定论, 目前的研究大多针对不同频率等参数对于脑卒中的运动功能影响。在2014年的欧洲rTMS治疗指南中, 健侧M1区低频rTMS在慢性运动障碍患者及卒中后慢性恢复期患者的治疗中仅仅得到了B级推荐^[18]。对于卒中后运动障碍的治疗, 如何选择刺激参数, 仍然有待进一步研究。

对于磁刺激治疗的安全性而言, 目前研究提示经颅磁刺激是相对安全的治疗方法, 人体不良反应小, 常见的有头痛, 服用止痛药或休息后可缓解, 罕见有诱发癫痫的报道^[19]。除此之外, 还有研究提示,

磁刺激可能还有治疗癫痫发作的潜力^[20]。由于经颅磁刺激无创且不接触皮肤,避免了交叉感染等不良反应的发生,安全性较好。但目前尚未见到对于脑出血患者磁刺激治疗的安全性报道。

本文旨在研究低频rTMS治疗对卒中后(包括脑梗死及脑出血)运动功能障碍的改善作用,同时观察低频rTMS对脑出血患者治疗的安全性。

本次治疗过程中,治疗组脑梗死及脑出血患者在治疗中均未发生头痛、癫痫发作等现象,提示对于脑出血患者来说,健侧M1区低频磁刺激对于脑出血患者亦具有较好的安全性。

从研究结果可知,2组研究对象经治疗后各个评分均较治疗前好转,提示无论是rTMS还是常规康复治疗,对脑卒中患者的恢复均有效,但效果不全相同。具体如下:

①2组患者治疗后FMA(包括上肢、下肢)、FIM、Berg评分均较前升高,差异具有显著性意义($P<0.01$)。

②治疗组在FMA评分、FMA上肢评分、Berg评分中显示较对照组升高更明显($P<0.05$),提示rTMS对患侧肢体功能(尤其对于上肢)、机体平衡功能有明显改善作用。

③对于FMA下肢评分,两组患者治疗后FMA下肢评分显示 $P>0.05$,有疗效趋向,但未显示显著性差异,可能除了与样本量较小有关外,还考虑下肢在皮质定位较深有关。据研究目前新型的双锥成角线圈,具有更强的聚焦功能,可以达到更深层组织,如两侧半球间M1区下肢代表区^[18]。而本次实验中用的线圈为圆形线圈,刺激深度为2—4cm,可能不能很好刺激到下肢的皮质代表区,因此对下肢功能影响不如上肢明显。

④对于FIM评分,治疗组及对照组治疗后FIM评分显示 $P>0.05$,提示两组治疗后评分不存在显著性差异,不能提示rTMS对卒中患者肢体功能独立性有改善作用。考虑原因如下:磁刺激对于上肢的精细功能影响较大,而FIM量表中不仅包含上肢功能(如进食、梳洗修饰等)、下肢功能(转移、步行、上下楼梯等),还包含了认知、括约肌控制、语言等方面,上肢功能评分占比例较少,因此在FIM评分中磁刺激未显示明显优势。目前有研究提示,多次磁

刺激可能会产生持续效应^[21],治疗后效应的持续时间会随着刺激次数的增加而延长^[22],因此,对于多次治疗,于治疗结束一段时间后给予再次评估可能会得到独立性改善的结果。而本研究观察时间尚短,需要进一步随访追踪脑卒中患者的远期预后,以做进一步的观察比较。同时考虑因为个体差异的存在,仍需加大样本量、对患者进行长期观察或增加疗程来得出确切结论。

⑤对于治疗组FMA下肢评分无显著改善,而Berg评分有所改善,考虑原因如下:FMA下肢评分中不仅有联合运动的评定,还有分离运动的评定,对下肢功能要求较高。而Berg量表中对于平衡功能的测定中,从坐位站起、从站位坐下、转移三项,可用上肢帮助完成;还有无靠背坐位、无支持站立等对下肢要求相对较低,Berg量表更侧重于平衡功能评定,因此可得出在下肢运动功能改善不明显情况下平衡功能有所改善的结论。

综上所述,低频rTMS对患侧肢体功能(尤其对于上肢)、平衡功能有明显改善作用,这一结论与目前国内外大部分研究结果一致^[23-25]。而对卒中后患者肢体功能独立性是否有改善作用,仍需进一步研究。除运动功能的影响外,本研究显示低频rTMS对脑出血患者治疗的安全性也较好。本实验中的rTMS治疗方案对卒中后患者的神经功能恢复有意义,但仍需大样本、长期对患者进行观察来加以证实。

本研究也存在一些缺陷:①对于卒中后运动功能的影响及其安全性,我们只观察了1Hz rTMS,而对于不同频率的磁刺激没有进行观察。②目前国内外对于磁刺激的研究中,比较难解决的是假性刺激实施。比较理想的假性刺激需要具备与真性刺激相同的声音、头部产生的感觉等,本次研究由于条件限制,未能进行假性刺激作为对照组。如何使rTMS的方案及技术达到最优,寻找更佳的刺激参数,是目前仍然需要解决的问题,需要进一步的临床研究和探索。

参考文献

- [1] 陈竺.全国第三次死因回顾抽样调查报告[M].北京:中国协和医科大学出版社,2008.14—17.
- [2] Kobayashi M,Pascual-Leone A.Transcranial magnetic stimulation in neurology[J]. Lancet Neurol,2003,2(3):145—156.

- [3] 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.中国急性缺血性脑卒中诊治指南2014[J].中华神经科杂志,2015,48(4):246—257.
- [4] 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.中国脑出血诊治指南(2014)[J].中华神经科杂志,2015,48(6):435—444.
- [5] 刘逢山.可致药源性癫痫的药物分析[J].医学综述,2009,15(12):1856—1858.
- [6] 卢赛瑶.Fugl-Meyer量表在脑卒中康复评定中的应用分析[J].临床医药文献杂志,2016,3(11):2032—2034.
- [7] Grill E, Stucki G, Scheuringer M, et al.Validation of International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF) core sets for early post acute rehabilitation facilities: comparisons with three functional measures[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2006, 85(8): 640—649.
- [8] 金冬梅,燕铁斌,曾海辉.Berg平衡量表的效度和信度研究[J].中国康复医学杂志,2003,18(1):25—27.
- [9] 乐趣,屈云,朱守娟,等.低频重复经颅磁刺激对脑卒中后手部运动功能康复疗效的荟萃分析[J].生物医学工程学杂志,2013,30(6):1229—1234.
- [10] Barker AT.The history and basic principles of magnetic nerve stimulation[J].Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Supplement,1999,51:3—21.
- [11] Levy WJ, York DH,McCaffrey M, et al.Motor evoked potentials from transcranial stimulation of the motor cortex in humans[J].Neurosurgery,1984,15(3):287—302.
- [12] 黄福南,段晓红,刘鹏,等.脑梗死患者的磁刺激运动诱发电位检测及临床相关性初步研究[J].中华老年心脑血管病杂志,2000,2(4):243—246.
- [13] Siebner HR,Rothwell J.Transcranial magnetic stimulation: new insights intoRepresentational cortical plasticity[J].Experimental Brain Research,2003,148(1):1—16.
- [14] Traversa R,Cicinelli P,Pasqualetti P,et al.Follow-up of inter-hemispheric differences of motor evoked potentials from the 'affected' and 'unaffected' hemispheres in human stroke [J].Brain Research,1998,803(1-2):1—8.
- [15] Schambra HM,Sawaki L,Cohen LG.Modulation of excitability of human motor cortex (M1) by 1 Hz transcranial magnetic stimulation of the contralateral M1[J].Clin Neurophysiol,2003,114(1):130—133.
- [16] Hummel FC, Celnik P, Pascual-Leone A, et al.Controversy: noninvasive and invasive cortical stimulation show efficacy in treating stroke patients[J].Brain Stimulation, 2008,1(4): 370—382.
- [17] 吴涛,李蕴琛,Martin Sommer,等.经颅重复磁刺激对人脑皮层兴奋性的影响[J].中华神经科杂志,2001,34(1):40—42.
- [18] Lefaucheur JP,André-Obadia N,Antal A,et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)[J].Clinical Neurophysiology,2014,125(11):2150—2206.
- [19] 杨昉,刘玲,郭芮兵,等.重复经颅磁刺激治疗卒中后运动功能障碍有效性和安全性的Meta分析[J].中国脑血管病杂志,2016,9(6):284—290.
- [20] 杨霄鹏,杨颜滋,杨瑞玲.重复经颅磁刺激治疗癫痫的临床疗效及安全性分析[J].中国实用神经疾病杂志,2016,19(12):85—86.
- [21] Helmich RC,Siebner HR,Bakker M,et al.Repetitive transcranial magnetic stimulation to improve mood and motor function in Parkinson's disease[J].Neurol Sci,2006,248(2):84—96.
- [22] Gangitano M,Valero-Cabre A,Tormos JM,et al.Modulation of input-output curves by low and high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex[J].ClinNeurophysiol,2002,113(8):1249—1257.
- [23] 沈滢,单春雷,殷稚飞,等.不同频率重复经颅磁刺激对脑梗死患者上肢功能的影响[J].中国康复医学杂志,2012,27(11): 997—1001.
- [24] 薛慧,王宝军,刘国荣,等.高频及低频重复经颅磁刺激对急性期脑梗死患者运动功能恢复的临床研究[J].中国康复医学杂志,2013,28(11):1030—1034.
- [25] 傅彩峰,高朝,苏天慧,等.低频重复经颅磁刺激对脑梗死患者恢复期运动功能的影响[J].中国康复医学杂志,2016,31(2): 150—153.