

不同频率重复经颅磁刺激对脑梗死患者上肢功能的影响*

沈 滢¹ 单春雷¹ 殷稚飞¹ 孟殿怀¹ 侯 红¹ 戴文骏¹ 励建安^{1,2}

摘要

目的:比较不同频率的重复经颅磁刺激(rTMS)对脑梗死患者上肢功能的影响。

方法:将30例患者随机分为0.5Hz组、1Hz组和2Hz组,常规药物治疗和康复训练基础上对健侧大脑皮质M1区进行不同频率(0.5Hz、1Hz、2Hz)的rTMS治疗,持续治疗20d,于治疗前、治疗第10天及第20天时对各组患者进行疗效评定,采用上肢Fugl-Meyer评分法、上肢运动力指数(MI)、偏瘫上肢功能测试(香港版)对患者上肢功能进行评定,同时检测各组患侧脑区运动诱发电位(MEP)皮质潜伏期及中枢运动传导时间(CMCT)。

结果:①上肢功能变化:治疗后3组上肢功能均明显提高,治疗10d时,0.5Hz组上肢MI评分明显高于2Hz组($P < 0.05$),1Hz组与其他两组组间差异无显著性意义($P > 0.05$);治疗20d时,0.5Hz组各项评分均优于2Hz组($P < 0.05$),1Hz组上肢MI评分优于2Hz组($P < 0.05$),0.5Hz组与1Hz组组间差异不具有显著性意义($P > 0.05$)。②神经电生理学变化:治疗后3组MEP皮质潜伏期及CMCT均较治疗前明显缩短,治疗10d时,0.5Hz组CMCT明显短于2Hz组($P < 0.05$);1Hz组与其他两组组间差异无显著性意义($P > 0.05$);治疗20d时,0.5Hz组MEP皮质潜伏期明显短于2Hz组($P < 0.05$),CMCT明显短于1Hz组和2Hz组($P < 0.05$);1Hz组CMCT较2Hz组缩短明显($P < 0.05$)。

结论:0.5Hz或1Hz的重复经颅磁刺激作用于脑梗死患者健侧半球均可明显提高患侧脑区运动皮质的兴奋性,促进患侧上肢功能的恢复,且0.5Hz的刺激频率对提高患侧运动皮质的兴奋性最有效。

关键词 重复经颅磁刺激;脑梗死;上肢功能;运动诱发电位

中图分类号:R743.3,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2012)-11-997-05

Effect of repetitive transcranial magnetic stimulation with different frequencies for upper limb function in patients with cerebral infarction/SHEN Ying, SHAN Chunlei, YIN Zhifei, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2012, 27(11):997—1001

Abstract

Objective: To compare the effect of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) with different frequencies for upper limb function in patients with cerebral infarction.

Method: Thirty patients were randomly assigned to three groups receiving 0.5Hz, 1Hz, and 2Hz rTMS on M₁ area of the unaffected hemisphere for 20d, respectively. In the same period, all patients were also treated with conventional medical treatment and rehabilitation training. The treatment effectiveness was assessed with upper limb function scales using Fugl Meyer assessment(FMA), motricity index(MI) and HongKong edition of functional test for the hemiplegic upper extremity(FTHUE-HK), as well as the motor evoked potential(MEP) cortical latency and central motor conduction time(CMCT) in affected brain area. The evaluation was performed before and at the 10th and 20th d over the treatment.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2012.11.003

*基金项目:江苏省医学重点学科(实验室)——江苏省人民医院康复医学科开放课题资助项目(XK201110);江苏省卫生厅“科教兴卫工程”项目(XK20 200903)

1 南京医科大学第一附属医院康复医学中心,210029; 2 通讯作者

作者简介:沈滢,女,硕士,主管治疗师; 收稿日期:2012-08-28

Result: ①Upper limb function improved in all 3 groups after the treatment. At the 10th day of treatment, 0.5Hz group exhibited significantly higher MI score compared with 2Hz group($P>0.05$). All other indices were not statistically different among the three groups($P>0.05$). At the 20th d of treatment, 0.5Hz group showed superior scores for all indices compared with those of 2Hz group($P>0.05$). The indices of 1Hz group fell in the middle of the other two groups. No statistical significance was observed except for a higher MI score compared with 2Hz group($P>0.05$). ②The cortical latency of MEP and CMCT of the 3 groups reduced after treatment. At the 10th d, CMCT of 0.5Hz group was significantly shorter than that of 2Hz group($P<0.05$). There was no statistical between group 1Hz and the other two groups ($P>0.05$). At the 20th d, CMCT in both 0.5Hz and 1Hz group were significantly shorter than that in 2Hz group($P<0.05$). Cortical latency of MEP in both groups was also shorter than that in 2Hz group($P<0.05$), statistical significance was observed only in 0.5Hz group($P<0.05$).

Conclusion: rTMS on the unaffected hemisphere of patients with cerebral infarction could improve the excitability of motor cortex of affected brain area and promote the recovery of upper limb function. Compared with 1Hz and 2Hz, 0.5Hz could provide the most effective treatment.

Author's address First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, 210029

Key word repetitive transcranial magnetic stimulation;cerebral infarction;upper limb function;motor evoked potential

重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)是一种无创、无痛刺激大脑皮质的技术。近年来,已逐渐成为改善脑卒中后上肢功能障碍的有效方法之一^[1]。rTMS的刺激参数很多,不同的参数设置会产生不同的效果。关于不同频率之间的疗效及副作用差别,很多研究都是将健侧半球低频刺激与患侧半球高频刺激做对比,结果大多认为脑梗死后健侧半球 1Hz 的低频 rTMS 疗效最好且最安全^[2]。此类研究本质上是探讨脑梗死后 rTMS 刺激靶点的最佳半球。然而,在脑梗死的治疗中健侧和患侧 rTMS 各自的最佳刺激参数尚无定论,这就导致了一些研究结果的不一致。最佳刺激参数的确定是深入研究 rTMS 疗效的重要前提。本研究旨在研究健侧半球 rTMS 的频率对脑梗死患者上肢功能康复的影响,为 rTMS 治疗脑梗死的深入研究和临床应用提供依据。

1 资料与方法

1.1 病例资料

选取 2012 年 1—8 月间在南京医科大学第一附属医院康复医学中心治疗的脑梗死患者 30 例。

1.1.1 入选标准:①符合 1995 年第四届全国脑血管病学术会议制定的《脑血管病诊断标准》中的脑梗死诊断标准^[3];②初次、单侧发病或虽既往有发作但未遗留有神经功能障碍;③生命体征稳定,意识清晰;④患侧上肢 Brunnstrom 评定:Ⅱ—Ⅳ期;⑤年龄 20—

85 岁;⑥病程 1 年以内;⑦可测出患侧脑区运动诱发电位;⑧入选者可自己本人签署知情同意书。

1.1.2 排除标准:①有癫痫病史、一级亲属中有特发性癫痫病史及使用致痫药物;②心、肺、肝、肾等重要脏器功能减退或衰竭;③严重认知及交流障碍而不能配合;④戴有起搏器、颅内金属植入物,或有颅骨缺陷;⑤有严重颈椎病变包括严重颈椎管狭窄、颈椎不稳定;⑥颈内动脉完全闭塞;⑦主要运动皮质区的直接损伤;⑧妊娠期妇女。

1.1.3 一般资料:采用随机数字表法将上述患者分为 0.5Hz 组、1Hz 组及 2Hz 组,每组 10 例。3 组患者一般情况及病程见表 1,表中数据组间差异均无显著性意义($P>0.05$),具有可比性。

表 1 研究对象一般情况及病情比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁)	病程 (d)	病灶侧别(例)	
		男	女			左侧	右侧
0.5Hz 组	10	7	3	66.2±10.5	71.7±66.3	4	6
1Hz 组	10	7	3	63.7±12.6	63.7±52.0	3	7
2Hz 组	10	8	2	61.4±11.7	60.1±55.3	5	5

1.2 治疗方法

3 组患者均给予常规药物治疗和康复训练,同时对健侧大脑皮质 M1 区进行不同频率的 rTMS,磁刺激器为武汉依瑞德公司的 YRD CCY-I 型经颅磁刺激仪,最大磁场强度 3T,圆形线圈。施加刺激时,使圆形线圈与颅骨表面相切,寻找可引发健侧肢体拇短展肌最大运动诱发电位(motor evoked poten-

tial, MEP)波幅的位置,即“运动热点”^[4],将线圈中心对准该点,手柄垂直指向枕侧。三组治疗参数均采用90%运动阈值(motor threshold, MT)强度,每个序列脉冲8个,间歇时间3s,根据刺激频率分组为:①0.5Hz组:每个序列刺激持续时间16s,重复48个序列,脉冲总数384个;②1Hz组:每个序列刺激持续时间8s,重复82个序列,脉冲总数656个;③2Hz组:每个序列刺激持续时间4s,重复129个序列,脉冲总数1032个。3组治疗时间均为15min/次,1次/d,连续治疗20d。

1.3 评定方法

治疗前、治疗10d及治疗20d时,分别评定每组患者偏瘫上肢功能和患侧脑区的神经电生理学指标,具体方法如下。

1.3.1 上肢功能。

1.3.1.1 上肢Fugl-Meyer评分^[5]:上肢运动功能部分包括反射、肩、肘、腕、手等9大项,33个小项,分级为3级(0—2分),总积分为66分。

1.3.1.2 上肢运动力指数(motoricity index, MI)^[6]:包括抓捏动作、屈肘动作、外展肩关节动作三个项目,每个项目满分为33分,整个上肢分值是三个项目的积分加1,功能正常应为100分。

1.3.1.3 偏瘫上肢功能测试(香港版)(Hong Kong edition of functional test for the hemiplegic upper extremity, FTHUE-HK):偏瘫上肢功能测试是由Wilson等在1984年设计的,用来评价脑卒中患者在恢复期间日常生活任务中使用上肢的能力,而FTHUE-HK则考虑了中国人的手部功能,做了一部分调整,其信度和效度均较好^[7]。且国内已有文献报道使用该量表^[8]。共12个测试项目,最高级别为7级。

1.3.2 神经电生理学检查。

1.3.2.1 MEP皮质潜伏期:在受试者患侧大脑M1区给予阈上强度的TMS,在对侧拇短展肌记录MEP,取重复性好波幅较大的五条波形,记录其潜伏期值,并取平均值,即为在拇短展肌记录的皮质潜伏期。

1.3.2.2 中枢运动传导时间(central motor conduction time, CMCT):将磁刺激线圈置于受试者患肢同侧第7颈椎棘突旁,给予阈上强度的TMS,再记录MEP,取重复性好波幅较大的五条波形,并取平均

值,即为在拇短展肌记录的脊髓潜伏期。计算CMCT,即皮质运动区和脊髓TMS刺激诱导的MEP潜伏期之差^[9]。

1.4 统计学分析

采用SPSS19.0版统计学软件包进行数据分析,组内及组间均数比较采用单因素方差分析,如有显著性差异,进一步用最小显著差法(the least significant difference, LSD)法进行多重比较, $P < 0.05$ 表示差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 上肢功能

治疗前各组患者上肢量表评分(表2)组间差异均无显著性意义($P > 0.05$)。治疗10d时,0.5Hz组的评分较治疗前显著提高($P < 0.05$),且上肢MI评分明显高于2Hz组($P < 0.05$),1Hz组上肢Fugl-Meyer和MI评分较治疗前也有所改善($P < 0.05$)。治疗20d时0.5Hz组与1Hz组评分均较治疗前显著提高($P < 0.05$),0.5Hz组三项上肢量表评分均优于2Hz组($P < 0.05$),1Hz组MI评分优于2Hz组($P < 0.05$),0.5Hz组与1Hz组间差异不显著($P > 0.05$)。2Hz组治疗前后变化不显著($P > 0.05$)。

2.2 神经电生理指标

治疗前各组患者MEP皮质潜伏期及CMCT的数值(表3)均无显著差异($P > 0.05$)。治疗10d时,0.5Hz组MEP皮质潜伏期及CMCT较治疗前显著缩短($P < 0.05$),1Hz组CMCT较治疗前明显缩短($P < 0.05$),0.5Hz组和1Hz组组间差异不显著($P > 0.05$),但是0.5Hz组CMCT明显短于2Hz组($P < 0.05$)。治疗20d时,0.5Hz组和1Hz组MEP皮质潜伏期及CMCT均较治疗前显著缩短($P < 0.05$),0.5Hz组MEP皮质潜伏期明显短于2Hz组($P < 0.05$),0.5Hz组CMCT明显短于1Hz组和2Hz组($P < 0.05$),1Hz组CMCT也较2Hz组明显缩短($P < 0.05$)。2Hz组治疗前后变化不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 rTMS的适宜频率值得研究

现有文献中对促进脑梗死上肢功能恢复健侧半球rTMS频率几乎都是选择1Hz,且已证明健侧1Hz

表2 治疗前后各组患者上肢Fugl-Meyer、MI、FTHUE-HK比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	治疗前	治疗10d	治疗20d
上肢Fugl-Meyer(分)			
0.5Hz组	20.70 ± 10.72	33.60 ± 9.82 ^①	41.9 ± 11.18 ^{①②}
1Hz组	21.50 ± 9.88	30.50 ± 9.76 ^①	36.70 ± 9.66 ^①
2Hz组	21.60 ± 12.86	26.90 ± 11.68	30.70 ± 11.80
上肢MI(分)			
0.5Hz组	42.50 ± 16.77	61.90 ± 9.60 ^{①②}	70.10 ± 8.37 ^{①②}
1Hz组	41.40 ± 10.85	55.10 ± 11.90 ^①	66.00 ± 13.56 ^{①②}
2Hz组	42.50 ± 17.64	47.90 ± 16.91	53.00 ± 15.41
FTHUE-HK(级别)			
0.5Hz组	2.8 ± 0.63	3.6 ± 0.70 ^①	4.3 ± 0.48 ^{①②}
1Hz组	2.8 ± 0.63	3.2 ± 0.92	3.8 ± 0.63 ^①
2Hz组	2.9 ± 0.74	3.0 ± 0.67	3.5 ± 0.85

①与治疗前比较 $P < 0.05$; ②与2Hz组相同时间点比较 $P < 0.05$ 。表3 治疗前、后各组患者MEP潜伏期及CMCT比较 ($\bar{x} \pm s, ms$)

组别	治疗前	治疗10d	治疗20d
MEP皮质潜伏期			
0.5Hz组	25.43 ± 1.04	24.39 ± 0.88 ^①	23.49 ± 0.69 ^{①②}
1Hz组	25.38 ± 1.07	24.76 ± 1.07	24.21 ± 1.00 ^①
2Hz组	25.36 ± 0.96	25.06 ± 0.94	24.83 ± 0.96
CMCT			
0.5Hz组	11.07 ± 0.69	10.05 ± 0.46 ^{①②}	9.19 ± 0.41 ^{①②③}
1Hz组	11.05 ± 0.46	10.50 ± 0.47 ^①	10.03 ± 0.45 ^{①②}
2Hz组	11.11 ± 0.64	10.84 ± 0.64	10.63 ± 0.68

①与治疗前比较 $P < 0.05$; ②与2Hz组相同时间点比较 $P < 0.05$; ③与1Hz组相同时间点比较 $P < 0.05$ 。

的rTMS可有效改善运动功能,而刺激强度基本都采用阈下刺激($\leq 100\%MT$)^[2]。而rTMS在脑梗死后偏侧忽略、失语症的治疗中健侧半球刺激的频率选择范围已扩展到0.5Hz^[10-11]。目前为止,没有研究比较过健侧半球不同频率的rTMS($\leq 100\%MT$)对脑梗死上肢功能的影响。本研究在1Hz阈下刺激对脑梗死上肢功能恢复有效的基础上,将频率的选择范围扩大,增加了0.5Hz和2Hz组,探讨这两种频率是否同样有效或疗效更好,旨在探索健侧半球rTMS的适宜频率范围,为寻找最佳刺激频率的研究提供依据。

3.2 rTMS的最适宜频率可能低于文献报告

本研究发现,0.5Hz组和1Hz组患者经治疗后上肢功能均显著改善,且疗效优于2Hz组。治疗10d时,1Hz组虽上肢Fugl-Meyer和MI评分较治疗前明显提高($P < 0.05$),但FTHUE-HK评分变化不显著($P > 0.05$),这可能是由于FTHUE-HK分级针对的是脑卒中患者上肢总体功能的恢复,分级的提高比单纯Fugl-Meyer评分的提高难度要大^[8]。为了对运动功能进行客观定量的检查,我们使用了经颅磁刺激

运动诱发电位技术,它可以无创性检查锥体束运动功能,检测运动神经系统皮质神经元和脊髓神经元的兴奋性。MEP可反映中枢运动传导通路的功能,比临床功能指标更加客观,可靠地反映运动神经元的损害程度,为脑卒中患者运动功能的预后提供重要的临床信息^[12]。缺血性脑卒中患者受损半球MEP皮质潜伏期和CMCT均有所延长,且MEP皮质潜伏期及CMCT与神经功能缺损的严重性呈正相关^[13]。Barker等^[14]的研究表明损伤对侧肢体MEP潜伏期的下降与上肢功能的改善呈正相关。本研究也得出了相同的结论,治疗前三组患者MEP皮质潜伏期和CMCT均较正常值有所延迟。治疗后0.5Hz组与1Hz组MEP皮质潜伏期和CMCT较治疗前明显缩短($P < 0.05$),与这种改变相对应的是两组患者上肢功能均较治疗前明显提高($P < 0.05$),而2Hz组MEP皮质潜伏期和CMCT虽有缩短的趋势,但与其上肢功能指标一样,与治疗前差异不显著($P > 0.05$)。CMCT反映的是MEP在颅内传导时间,所以比MEP皮质潜伏期更能直接反映大脑皮质兴奋性的情况,更能准确的评估疾病进程和预后。0.5Hz组和1Hz组CMCT在治疗20d时明显短于2Hz组($P < 0.05$),且0.5Hz组CMCT缩短程度比1Hz组好($P < 0.05$)。说明当刺激频率为0.5Hz时,rTMS能更好地提高患侧皮质的兴奋性。而本研究中在治疗20d时0.5Hz组与1Hz组虽在CMCT上有差异($P < 0.05$),但两组上肢功能的差异不明显($P > 0.05$),这可能是和样本量较小或治疗时间过短有关。研究结果表明,频率为0.5Hz或1Hz的rTMS作用于脑梗死患者健侧半球均可明显提高患侧脑区运动皮质的兴奋性,促进上肢功能的恢复,且0.5Hz的刺激频率对提高患侧半球运动皮质的兴奋性最有效。在相同的治疗时间里,0.5Hz组患者所接受的磁刺激脉冲总数几乎为1Hz组的1/2,为2Hz组的1/3,因此0.5Hz组患者接受的磁刺激最少,患者更容易耐受。本研究为rTMS在脑梗死治疗中找到了比1Hz更有效的频率,且0.5Hz的rTMS更安全,在治疗中可优先考虑。

3.3 低频磁刺激的作用机制

虽然健侧半球0.5Hz的rTMS对提高患侧皮质兴奋性效果最好,但其作用机制未明,可能与以下因素有关:①0.5Hz的rTMS对健侧皮质的抑制作用或调

节半球间抑制(interhemispheric inhibition, IHI)路径平衡的作用较强。正常状态下人体大脑双侧半球皮质存在一种程度相似的经胼胝体的相互抑制,即IHI^[15]。脑卒中后大脑两半球间这一抑制路径的平衡被打破,表现为患侧半球皮质兴奋性的降低和健侧半球皮质兴奋性的增高,这将阻碍运动功能的恢复。因此,可通过降低健侧半球M1区的兴奋性来纠正脑卒中后大脑半球间过度的相互抑制^[2]。宋为群等^[10]报道了0.5Hz的rTMS作用于脑卒中患者健侧半球顶叶后部可以有效地改善视觉空间忽略症状,该研究支持注意网络的半球竞争理论,认为健侧顶叶后部0.5Hz的低频rTMS,降低了健侧顶叶活动水平,达到新的平衡状态。②0.5Hz组刺激持续时间最长,对运动皮质产生了较强的抑制效应。Jung等^[4]报道了作用于健康人大脑皮质M1区10Hz的高频rTMS对运动皮质兴奋性的改变与刺激的持续时间有关,当刺激持续时间为1.5s时,刺激侧MEP的波幅增大;而当刺激持续时间为5s时,刺激侧和刺激对侧MEP的波幅反而降低,说明随着刺激持续时间的延长,即使高频刺激也可能对运动皮质的兴奋性产生抑制作用。本研究中三组采用了不同的频率,在保证每个序列脉冲个数相同的情况下所用的刺激持续时间不同,0.5Hz组每次刺激持续时间时间最长,为16s,是1Hz组的2倍,2Hz组的4倍。③0.5Hz的rTMS治疗可以改善脑缺血大鼠的神经功能,并导致健侧突触结构参数的改变,使突触界面曲率、突触后致密物质厚度增加,突触间隙变窄而使健侧突触传递功能增强,表明了0.5Hz的rTMS可促进健侧脑的代偿作用^[17]。

3.4 研究的局限

rTMS的刺激参数较多且作用机制较为复杂,不同的参数组合可能会产生不同的效果,给最佳刺激参数的研究带来很大的困难。本研究得出健侧半球0.5Hz的rTMS比1Hz的rTMS能更好地提高患侧半球运动皮质兴奋性,但由于样本量较小、观察时间较短等原因,0.5Hz组上肢功能的改善程度与1Hz组差异不显著。今后有必要观察rTMS对脑梗死治疗的长期效应,并制定适宜的疗程。对于频率的研究,还需要进一步的深入,探讨0.5Hz以下频率的疗效,以期找到最佳频率。此外,刺激的持续时间、间歇时间

以及脉冲总数等对疗效的影响以及rTMS对不同病程、不同功能分级患者的疗效是否有差别、如何达到最佳化,也有待进一步研究。

参考文献

- [1] Emara TH, Moustafa RR, Elnahas NM, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation at 1Hz and 5Hz produces sustained improvement in motor function and disability after ischaemic stroke[J]. Eur J Neurol, 2010, 17(9):1203—1209.
- [2] Hoyer EH, Celnik PA. Understanding and enhancing motor recovery after stroke using transcranial magnetic stimulation[J]. Restor Neurol Neurosci, 2011, 29(6):395—409.
- [3] 中华神经内科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病的诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6):379—381.
- [4] Jung SH, Shin JE, Jeong YS, et al. Changes in motor cortical excitability induced by high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of different stimulation durations[J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119(1):71—79.
- [5] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2002, 16(3):232—240.
- [6] Kong KH, Chua KS, Lee J. Recovery of upper limb dexterity in patients more than 1 year after stroke: Frequency, clinical correlates and predictors[J]. NeuroRehabilitation, 2011, 28(2): 105—111.
- [7] Fong K, Ng B, Chan D, et al. Development of the Hong Kong version of the functional test for the hemiplegic upper extremity (FTHUE-HK). Hong Kong Journal of Occupational Therapy, 2004, 14(1):21—29.
- [8] 邹智, 张英, 王珊珊, 等. 镜像治疗结合任务导向性训练对脑卒中患者上肢功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(9):693—696.
- [9] 马玉娟, 黄杰, 方征宇, 等. 高频重复经颅磁刺激对脑梗死大鼠运动诱发电位皮质潜伏时和中枢运动传导时间的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2011, 26(10):898—902.
- [10] 宋为群, 李永忠, 杜博琪, 等. 低频重复经颅磁刺激治疗视觉空间忽略的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(6):483—486.
- [11] 陈升东, 于苏文, 赵建法, 等. 重复经颅磁刺激联合多奈哌齐治疗脑梗死失语的疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(3):212—215.
- [12] Jang SH, Ahn SH, Sakong J, et al. Comparison of TMS and DTT for predicting motor outcome in intracerebral hemorrhage[J]. J Neurol Sci, 2010, 290(1-2):107—111.
- [13] Stulin ID, Savchenko AY, Smyalovskii VE, et al. Use of transcranial magnetic stimulation with measurement of motor evoked potentials in the acute period of hemispheric ischemic stroke[J]. Neurosci Behav Physiol, 2003, 33(5):425—429.
- [14] Barker RN, Brauer SG, Barry BK, et al. Training-induced modifications of corticospinal reactivity in severely affected stroke survivors [J]. Exp Brain Res, 2012, 221(2):211—221.
- [15] Kirton A, Chen R, Friefeld S, et al. Contralesional repetitive transcranial magnetic stimulation for chronic hemiparesis in subcortical paediatric stroke: a randomised trial[J]. Lancet Neurol, 2008, 7(6):507—513.
- [16] Rossi S, Hallett M, Rossini PM, et al. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research[J]. Clin Neurophysiol, 2009, 120(12):2008—2039.
- [17] 刘传玉, 梅元武, 张小乔. 经颅磁刺激对脑缺血大鼠功能恢复和健侧突触结构的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2005, 27(12):707—710.