

· 临床研究 ·

成对关联刺激对脑卒中患者上肢运动功能恢复的影响
及其与运动皮质兴奋性改变之间的相关性分析

随燕芳 宋振华 童良前 杨露 郭铁成

【摘要】目的 观察成对关联刺激(PAS)对脑卒中患者上肢运动功能恢复的影响,并分析脑卒中患者运动功能恢复与运动皮质兴奋性改变之间的相关性。**方法** 选取脑卒中患者 30 例,按照随机数字表法将其分为治疗组和对照组,每组 15 例。对照组采用常规康复治疗,治疗组在此基础上加以频率为 0.05 Hz、强度为 120% 静息运动阈值(RMT)、刺激间隔(ISI)为 10 ms(称为 PAS10)、共 90 对脉冲的 PAS 干预。治疗前及治疗 4 周后,采用简式 Fugl-Meyer 评分(FMA)、Brunnstrom 偏瘫运动功能评价标准及改良 Barthel 指数(MBI)对患者的上肢功能、前臂及手的 Brunnstrom 分期、ADL 能力等作出评价,分析患侧上肢 FMA 评分差值与健侧半球运动诱发电位(MEP)波幅差值及 RMT 差值间的相关性。**结果** 治疗前,治疗组患者 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分分别为(15.72 ± 17.70)分、(2.58 ± 1.38)期、(1.40 ± 0.52)期、(48.18 ± 24.42)分;对照组患者上述指标分别为(14.90 ± 16.99)分、(2.83 ± 1.53)期、(1.40 ± 0.55)期、(47.27 ± 21.60)分。治疗前,2 组患者 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 4 周后,治疗组患者 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分分别为(26.63 ± 19.19)分、(3.25 ± 1.70)期、(1.56 ± 0.53)期、(63.63 ± 25.74)分,对照组患者上述指标分别为(17.54 ± 18.24)分、(3.42 ± 1.44)期、(1.50 ± 0.52)期、(55.45 ± 19.29)分,与组内治疗前比较均有所改善($P < 0.05$),与对照组比较,治疗组治疗 4 周后各指标均有改善趋势,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗前,治疗组 MEP 波幅、潜伏期及 RMT 分别为[(1.29 ± 0.66)mV]、[(20.79 ± 1.48)ms]、[(42.75 ± 9.91)%],对照组 MEP 波幅、潜伏期及 RMT 分别为[(1.54 ± 0.93)mV]、[(21.90 ± 1.46)ms]、[(53.23 ± 8.65)%];治疗 4 周后,治疗组 MEP 波幅[(0.88 ± 0.77)mV]、潜伏期[(22.03 ± 2.17)ms]及 RMT[(48.18 ± 10.65)%]与治疗前比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),对照组 MEP 波幅[(1.67 ± 0.95)mV]、潜伏期[(20.96 ± 1.46)ms]及 RMT[(46.86 ± 8.37)%]与治疗前比较,差异亦有统计学意义($P < 0.05$),与对照组治疗 4 周后比较,治疗组仅 MEP 波幅较对照组差异有统计学意义($P < 0.05$)。治疗 4 周前、后,患侧上肢 FMA 差值与健侧半球 MEP 波幅差值间呈正相关, $r = 0.431$, $P < 0.05$;患侧上肢 FMA 差值与健侧半球 RMT 差值间亦呈正相关, $r = 0.608$, $P < 0.01$ 。**结论** 给予脑卒中患者健侧半球 PAS10 干预可促进其患侧上肢运动功能恢复,且其运动功能恢复与健侧半球运动皮质兴奋性改变之间呈正相关。

【关键词】 脑卒中; 经颅磁刺激; 成对关联刺激; 运动功能; 运动皮质兴奋性

The effects of paired associative stimulation on motor cortex excitability and the recovery of motor function after stroke SUI Yan-fang, SONG Zhen-hua, TONG Liang-qian, YANG Lu, GUO Tie-cheng. Department of Rehabilitation Medicine, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Corresponding author: GUO Tie-cheng, Email: pmr@tjh.tjmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the effects of paired associative stimulation (PAS) on the recovery of upper limb motor function in stroke patients, and to analyze the relationship between the change of motor cortex excitability in the contralesional hemisphere and the recovery of motor function in the affected upper limb. **Methods** Thirty hemiplegic stroke patients were divided randomly into a treatment group and a control group. Both groups were given routine rehabilitation therapy, but the treatment group also received PAS consisting of transcranial magnetic stimulation (TMS) of the intact motor cortex and electrical stimulation (ES) of the median nerve at the wrist of the intact arm with an interval of 10 ms between the TMS and ES (PAS10). The PAS10 was delivered at a frequency of

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.09.008

基金项目:国家科学自然科学基金(81272156)

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院康复医学科[随燕芳(现在中南大学湘雅医学院附属海口医院康复医学科)、杨露、郭铁成];中南大学湘雅医学院附属海口医院康复医学科(宋振华、童良前)

通信作者:郭铁成,Email:pmr@tjh.tjmu.edu.cn

0.05 Hz and an intensity of 120% the resting motor threshold (RMT), once daily for 30 minutes, five times a week for 4 weeks. Corticospinal excitability was measured using motor evoked potentials (MEP) and the RMT. The Fugl-Meyer upper limb assessment (FMA), Brunnstrom staging and the modified Barthel index (MBI) were also applied before and at the end of the 4 weeks of treatment. Correlation was sought between any changes in MEP amplitude, the RMT of the contralesional hemisphere and changes in the FMA results. **Results** Before the intervention there were no significant differences between the two groups in terms of any of the assessments. After 4 weeks of treatment, all the assessments had changed significantly compared to those before the treatment, but there were still no significant differences between the two groups in terms of any the assessments. After 4 weeks of treatment, the differences in MEP amplitude from the contra-lesional hemisphere and the differences in FMA scores were positively and significantly correlated with a correlation coefficient of $r = 0.431$. The lesioned hemisphere was also positively correlated with the differences in FMA scores with a significant correlation coefficient of $r = 0.608$. **Conclusion** PAS10 can facilitate the recovery of upper limb motor function. The change in motor cortex excitability of the contra-lesional hemisphere significantly correlates with functional recovery in the upper limb.

【Key words】 Stroke; Transcranial magnetic stimulation; Paired associative stimulation; Motor function; Motor cortex excitability

脑卒中具有较高的死亡率,幸存者致残率高达 70%~80%,是当今世界危害人类健康的最主要疾病之一,其所导致的并发症和后遗症直接影响着患者的日常生活活动(activities of daily living, ADL)能力,给家庭和社会带来了沉重负担^[1-2]。目前,有关脑卒中患者功能恢复的常规康复方法种类繁多,但疗效尚不能令人十分满意。成对关联刺激(paired associative stimulation, PAS)是由周围神经电刺激和大脑运动皮质经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)共同组成,可诱导长时程增强(long-term potentiation, LTP)或长时程抑制(long-term depression, LTD)效应,使皮质水平的突触联系发生改变,从而引起皮质发生可塑性变化^[3-6]。其所诱导产生的皮质可塑性变化与 PAS 神经电刺激及 TMS 刺激间隔(interstimulation interval, ISI)有密切联系^[3,7]。国外学者和我们的前期研究发现^[3,5-6,8],当 ISI 为 10 ms (PAS10)时,周围神经电刺激脉冲会在 TMS 之后到达 M1 区,从而产生 LTD 作用,导致脑卒中患者健侧半球运动皮质的兴奋性降低。促进大脑半球间抑制性恢复平衡可帮助脑卒中患者提高运动能力^[5-6,9-11]。PAS 能否通过运动皮质兴奋性调节作用改善躯体功能目前尚鲜见报道。本研究采用 PAS10 对脑卒中患者进行干预,观察其对患者上肢运动功能恢复的影响,并分析其与运动皮质兴奋性改变之间的相关性,旨在为临床应用提供理论依据。

资料与方法

一、研究对象

纳入标准:①符合 1995 年第四届全国脑血管病学术会议修订的脑卒中诊断标准^[12],并经头颅 CT 或 MRI 确诊;②首次发病,病程 1~12 个月;③体内无金

属植入物、心脏起搏器;④年龄 40~70 岁;⑤病情平稳,无新梗死灶或出血灶;⑥无癫痫及意识障碍病史;⑦无严重的心律失常、失语、偏侧忽略、偏身感觉障碍等;⑧患者均签署治疗知情同意书。排除标准:①蛛网膜下腔出血及短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA);②有癫痫发作史;③患有心、肺、肝、肾等重要脏器损害或衰竭;④治疗不配合者。

选择 2010 年 10 月至 2011 年 12 月在武汉同济医院康复医学科住院的脑卒中患者 30 例,按随机数字表法将其随机分为治疗组与对照组,每组 15 例。2 组患者年龄、性别、病程及脑卒中类型等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	脑卒中类型(例)	
		男	女		脑出血	脑梗死
对照组	15	13	2	44.83 $\pm$ 5.98	6	9
治疗组	54	12	3	47.50 $\pm$ 11.95	5	10

二、治疗方法

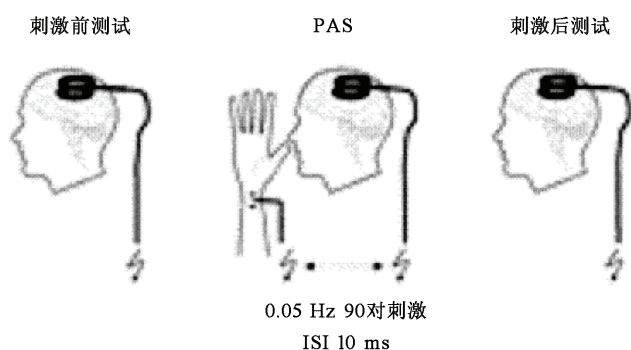
2 组患者均给予常规康复治疗,包括床上良姿位摆放、被动关节活动训练、Bobath 训练、翻身、转移、床边坐位平衡练习、电动起立床训练、站立平衡、步行训练、物理因子治疗、运动再学习等,治疗组在常规康复治疗基础上辅以 PAS10。

PAS10^[3,5-6]:采用最小强度的阈上 TMS 分别刺激患侧大脑运动皮质区,在患者健侧拇短展肌上能持续获得稳定、最大运动诱发电位(motor evoked potential, MEP)波幅的运动皮质区,即可确定为 TMS 的最佳刺激点,用记号笔标记,以保证每次刺激的位置不变。PAS10 即先给予健侧腕部正中神经电刺激,间隔 10 ms 后,在拇短展肌相应的对侧大脑运动皮质最佳刺激点

给予 TMS。采用武汉产 YRD EE-1 型肌电图仪刺激健侧腕部正中神经,负极置于正极近端,强度为 300% 健侧腕部正中神经的感觉阈值,刺激波宽为 0.2 ms。磁刺激由武汉产 YRD CCY-I 型磁刺激器提供,线圈为 8 字形线圈(单个圆形线圈的直径为 8 cm),最大表面磁场强度为 3.5 T,强度为 120% 静息运动阈值(resting motor threshold, RMT),将线圈置于头部最佳刺激点,其平面与头皮呈切线位,手柄向后,从侧面观与矢状径呈 45° 夹角。PAS10 每次共 90 对刺激脉冲,每日 1 次,每次持续 30 min,每周 5 次,共 4 周。受试者躺在舒适的床上、平卧,手臂放于身体两侧,完全放松,让受试者计数腕部电刺激的次数,以保持其注意力集中,从而最大程度地降低由于受试者注意力不集中对实验结果造成的影响。

三、评估运动皮质的兴奋性

1. MEP 波幅、潜伏期:反映运动皮质的兴奋性。受试者完全放松,在健侧 M1 区的标记处给予强度为 120% RMT 的单脉冲 TMS,在健侧肢体拇短展肌上采用银-氯化银表面电极,以肌腹-肌腱的模式记录。原始的肌电信号由美国 Cadwell 公司生产的肌电图仪采集(脉冲时限 0.1 ms,扫描速度 10 ms/cm,波幅灵敏度 200 mV/cm,分析时程 100 ms)。记录 5 次,求平均值^[3]。波幅的大小为动作电位的峰-峰值,潜伏期为起始潜伏期。



注: PAS 刺激频率为 0.05 Hz, ISI 为 10 ms, 刺激脉冲共 90 对; 每对 PAS 包括在健侧腕部正中神经的电刺激和健侧拇短展肌所对应运动皮质区最佳刺激点的 TMS

图 1 成对关联刺激示意图

2. RMT: 是指受试者在完全放松的情况下, 以一定的强度连续刺激 10 次, 其中至少有 5 次以上的刺激所引出的 MEP 波幅 > 50 μ V, 该刺激强度即为 RMT, 每次刺激的间隔为 6 s, 以防止刺激效应叠加^[3]。该刺激强度用磁刺激器的最大输出量的百分比表示。

3. MEP 波幅及 RMT 差值: MEP 波幅及 RMT 差值分别是指干预前后 MEP 波幅平均值的差值及干预前后 RMT 的差值。

四、临床疗效评价标准

治疗前及治疗 4 周后, 采用简式 Fugl-Meyer 评分(Fugl-Meyer assessment, FMA)、Brunnstrom 偏瘫运动功能评价标准及改良 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)对患者的上肢功能、前臂及手的 Brunnstrom 分期、ADL 能力等进行评定。所有评定均由同一位医生采用盲法完成。

1. 上肢运动功能^[13]: 采用 FMA 对患者的上肢运动功能进行评定, 满分 66 分, 得分越高, 代表患者的运动功能越好。

2. 前臂及手的 Brunnstrom 分期^[14]: 采用 Brunnstrom 偏瘫运动功能评价标准评定患者前臂及手的分期, 分期越高, 患者运动功能越好。

3. ADL 能力^[15]: 采用 MBI 评定患者的 ADL 能力, 满分为 100 分, 得分越高, 代表患者的 ADL 能力越好。

五、统计学分析

采用 SPSS 18.0 版软件包进行统计学分析, 所有数据均采用($\bar{x} \pm s$)形式表示, 计量资料采用 *t* 检验, 组内比较采用配对样本 *t* 检验, 组间比较采用两独立样本 *t* 检验, 2 组患者 FMA 差值与 MEP 波幅差值、RMT 差值之间采用 Pearson 相关分析。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、治疗前及治疗 4 周后 2 组患者 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分情况

治疗前, 2 组 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分间比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 4 周后, 2 组 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分均较治疗前有所改善, 且组内差异均有统计学意义($P < 0.05$)。组间比较发现, 治疗组治疗 4 周后各指标较对照组有改善趋势, 但差异无统计学意义($P > 0.05$), 详见表 2。

二、治疗前及治疗 4 周后 2 组患者 MEP 波幅、潜伏期及 RMT 比较

治疗前, 2 组患者 MEP 波幅及 RMT 间比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。治疗 4 周后, 2 组 MEP 波幅及 RMT 与治疗前比较, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。与对照组治疗 4 周后比较, 治疗组仅 MEP 波幅较对照组差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 3。

三、治疗前及治疗 4 周后 2 组患者患侧上肢 FMA 差值与健侧半球 MEP 波幅差值及 RMT 差值间的相关性分析

治疗前及治疗 4 周后, 患者患侧上肢 FMA 差值与健侧半球 MEP 波幅差值间呈正相关关系, $r = 0.431$, $P < 0.05$, 即患者治疗前、后健侧半球 MEP 波幅差值越

表 2 治疗前及治疗 4 周后 2 组患者 FMA、前臂及手 Brunnstrom 分期、MBI 评分比较 ($\bar{x} \pm s$)

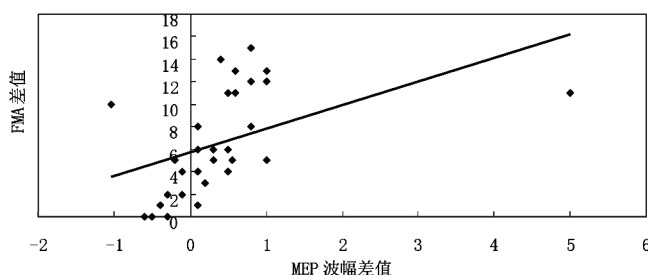
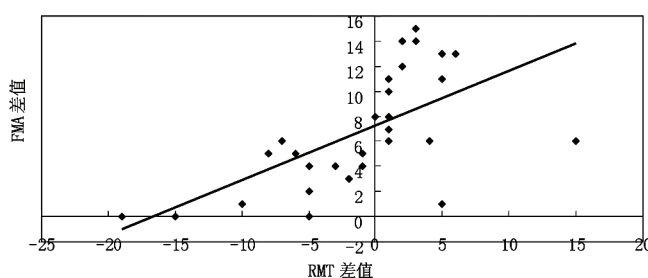
组别	例数	FMA(分)	Brunnstrom 分期(期)		MBI(分)
			前臂	手	
治疗组					
治疗前	15	15.72 ± 17.70	2.58 ± 1.38	1.40 ± 0.52	48.18 ± 24.42
治疗 4 周后	15	26.63 ± 19.19 ^a	3.25 ± 1.70 ^a	1.56 ± 0.53 ^a	63.63 ± 25.74 ^a
对照组					
治疗前	15	14.90 ± 16.99	2.83 ± 1.53	1.40 ± 0.55	47.27 ± 21.60
治疗 4 周后	15	17.54 ± 18.24 ^a	3.42 ± 1.44 ^a	1.50 ± 0.52 ^a	55.45 ± 19.29 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$ 表 3 治疗前及治疗 4 周后 2 组患者 MEP 波幅、潜伏期及 RMT 比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	MEP		RMT(%)
		波幅(mV)	潜伏期(ms)	
治疗组				
治疗前	15	1.29 ± 0.66	20.79 ± 1.48	42.75 ± 9.91
治疗 4 周后	15	0.88 ± 0.77 ^{ab}	22.03 ± 2.17 ^a	48.18 ± 10.65 ^a
对照组				
治疗前	15	1.54 ± 0.93	21.90 ± 1.46	53.23 ± 8.65
治疗 4 周后	15	1.67 ± 0.95 ^a	20.96 ± 1.46 ^a	46.86 ± 8.37 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与对照组治疗 4 周后比较,^b $P < 0.05$

大,患侧上肢 FMA 评分差值改变就越明显。患侧上肢 FMA 差值与治疗前、后健侧半球 RMT 差值间也呈正相关关系, $r = 0.608$, $P < 0.01$,即患者治疗前、后健侧半球 RMT 差值越大,FMA 评分差值改变就越显著。详见图 2、图 3。

图 2 治疗前及治疗 4 周后,FMA 评分差值与健侧半球 MEP 波幅差值间的关系 ($n = 30$)图 3 治疗前及治疗 4 周后,FMA 评分差值与健侧半球 RMT 差值间的关系 ($n = 30$)

讨 论

正常情况下,人类左右两侧大脑半球间存在功能上的相互抑制且维持相对平衡状态,即所谓的跨胼胝体抑制(transcallosal inhibition, TCI)或半球间抑制(interhemisphere inhibition, IHI)。局部脑损伤后,患侧半球对健侧半球的抑制能力减弱,健侧半球对患侧半球的抑制能力相对增加,从而引起半球间的抑制功能不平衡^[2,16-17]。这种由于单侧脑卒中所引起的双侧大脑半球皮质内抑制与兴奋失衡状态,可能是导致或加重脑卒中后患者运动功能障碍的重要原因之一^[18]。因此,促进脑卒中患者运动功能恢复的途径之一就是下调健侧半球的运动皮质兴奋性,降低健侧半球对患侧半球的有害性抑制作用。

本研究给予脑卒中患者健侧半球运动皮质区 PAS10 治疗后,发现 2 组患者各项观察指标均较治疗前有所改善($P < 0.05$)。PAS10 促进脑卒中患者运动功能恢复的机制可能是 PAS10 作用于健侧半球后产生了 LTD 样作用,导致健侧半球的运动皮质兴奋性降低,最终促使半球间的抑制功能恢复平衡^[3,9,19]。此外, PAS10 也可能会影响到大脑的其它相邻部位,导致大脑间突触结构的连接改变,使皮质兴奋性发生变化,从而促进运动功能恢复。有研究发现^[5],将 ISI 为 25 ms 的 PAS 作用于脑卒中患者,发现脑卒中后 1、5 和 12 个月时的 PAS 治疗效果最为显著,且 1 个月和 5 个月时的疗效明显优于脑卒中后 12 个月的治疗效果。Rogers 等^[10]采用 PAS10 治疗慢性脑卒中患者,发现其可改善卒中患者的下肢运动功能。本研究组间比较发现,治疗组患者各项观察指标虽较对照组明显改善,但差异未显示出统计学意义($P > 0.05$),可能的原因如下:① PAS 作用可受诸多因素影响,如患者的年龄、性别及注意力集中程度等,从而掩盖 PAS10 的部分作用^[20-22];② 观察时限较短,本研究在 PAS10 治疗结束后立即对疗效进行了观察研究,其疗效可能在短时间内未完全表现出来;③ 反映运动功能的临床指标不够敏感;④ 样本量较小,导致组间差异无统计学意义。

研究发现^[23],MEP 是源于锥体神经元相对同步发

放的下行冲动,其波幅、潜伏期可反映出大脑运动皮质的兴奋性,对脑卒中患者神经功能的评估具有重要意义,MEP 波幅降低、潜伏期延长或 MEP 缺失均提示患者神经功能及预后较差。吴克芬等^[24]研究了脑卒中患者患侧半球 RMT 与 6 个月后 Barthel 指数间的相关性,并用 MEP 评估了患者的运动功能恢复情况,结果显示,患者 RMT 的改变趋势与 Barthel 指数间呈正相关。本研究分析了脑卒中患者运动功能恢复与健侧半球运动皮质兴奋性改变之间的相关性,发现 FMA 评分差值与健侧半球 MEP 波幅差值、RMT 差值间均呈正相关,说明脑卒中患者健侧半球运动皮质兴奋性的改变可影响脑卒中患者的运动功能恢复。

参与本研究的所有受试者在接受 PAS10 治疗的过程中均未出现头痛、失眠、恶心、呕吐、血压升高等不适现象,表明 PAS10 治疗具有良好的安全性。目前,利用不同刺激参数(刺激频率、刺激强度、刺激序列的时间等)进行大样本研究的文献较少,对于皮质兴奋性改变的 PAS10 最佳刺激参数也尚未完全确定,这一点仍需大量临床试验进一步探讨验证。

参 考 文 献

- [1] 赵冬. 我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究. 中华流行病学杂志,2002, 23: 49-53.
- [2] Ward NS. Mechanisms underlying recovery of motor function after stroke. Postgrad Med J,2005, 81: 510-514.
- [3] Stefan K, Kunesch E, Cohen LG, et al. Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation. Brain,2000, 123: 572-584.
- [4] Classen J, Wolters A, Stefan K, et al. Paired associative stimulation. Suppl Clin Neurophysiol,2004, 57: 563-569.
- [5] Castel-Lacanal E, Gerdelat-Mas A, Marque P, et al. Induction of cortical plastic changes in wrist muscles by paired associative stimulation in healthy subjects and post-stroke patients. Exp Brain Res,2007, 180: 113-122.
- [6] Castel-Lacanal E, Marque P, Tardy J, et al. Induction of cortical plastic changes in wrist muscles by paired associative stimulation in the recovery phase of stroke patients. Neurorehabil Neural Repair,2009, 23: 366-372.
- [7] Stefan K, Kunesch E, Benecke R, et al. Mechanisms of enhancement of human motor cortex excitability induced by interventional paired associative stimulation. J Physiol,2002, 543:699-708.
- [8] 随燕芳,宋振华,童良前,等. 成对关联刺激与重复经颅磁刺激对大脑皮质兴奋性的调节作用. 中华物理医学与康复杂志,2013,35: 547-551.
- [9] Jayaram G, Stinear JW. Contralesional paired associative stimulation increases paretic lower limb motor excitability post-stroke. Exp Brain Res,2008, 185: 563-570.
- [10] Rogers LM, Brown DA, Stinear JW. The effects of paired associative stimulation on knee extensor motor excitability of individuals post-stroke: a pilot study. Clin Neurophysiol,2011, 122: 1211-1218.
- [11] Di Lazzaro V, Dileone M, Profice P, et al. LTD-like plasticity induced by paired associative stimulation: direct evidence in humans. Exp Brain Res,2009, 194: 661-664.
- [12] 中国神经科学会,中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点. 中华神经科杂志,1996,29:379-380.
- [13] 郑舟军,戎燕,龚戮芳,等. 路径式健康教育在脑卒中二级康复中的应用. 中华物理医学与康复杂志,2012,34:47-48.
- [14] 王玉龙,郭铁成. 康复功能评定学. 北京:人民卫生出版社,2008: 120-200.
- [15] 恽晓平. 康复疗法评定学. 北京:人民卫生出版社,2008:283-284.
- [16] Ward NS, Cohen LG. Mechanisms underlying recovery of motor function after stroke. Arch Neurol,2004, 61: 1844-1848.
- [17] Bütefisch CM, Wessling M, Netz J, et al. Relationship between inter-hemispheric inhibition and motor cortex excitability in subacute stroke patients. Neurorehabil Neural Repair,2008, 22: 4-21.
- [18] Murase N, Duque J, Mazzocchio R, et al. Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke. Ann Neurol, 2004, 55: 400-409.
- [19] Elahi B, Gunraj C, Chen R. Short-interval intracortical inhibition blocks long-term potentiation induced by paired associative stimulation. J Neurophysiol,2012, 107: 1935-1941.
- [20] Tecchio F, Zappasodi F, Pasqualetti P, et al. Age dependence of primary motor cortex plasticity induced by paired associative stimulation. Clin Neurophysiol,2008, 119:675-682.
- [21] Fathi D, Ueki Y, Mima T, et al. Effects of aging on the human motor cortical plasticity studied by paired associative stimulation. Clin Neurophysiol,2010, 121: 90-93.
- [22] Stefan K, Wycislo M, Classen J. Modulation of associative human motor cortical plasticity by attention. J Neurophysiol,2004, 92: 66-72.
- [23] Kim YH, You SH, Ko MH, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation-induced corticomotor excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke. Stroke,2006, 37: 1471-1476.
- [24] 吴克芬,杨建伟,李泽兵. 经颅磁刺激对脑卒中患者运动功能的预测价值. 国外医学:物理医学与康复学分册,2003, 23: 33-34.

(修回日期:2013-08-12)

(本文编辑:凌 琛)

补 遗

本刊 2013 年第 7 期发表的《成对关联刺激与重复经颅磁刺激对大脑皮质兴奋性的调节作用》一文遗漏基金项目编号,该文基金项目编号为国家自然科学基金资助项目(81272156)。

《中华物理医学与康复杂志》编辑部
2013 年 9 月