

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2017.11.025

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2017.11.025>

虚拟现实技术联合重复经颅磁刺激对脑卒中偏瘫患者 上肢运动功能的影响

崔海超¹, 翟宏伟², 张明^{2,3}, 陈伟^{2,3}

(1. 南京中医药大学研究生学院, 南京 210023; 2. 徐州市中心医院康复医学科, 江苏 徐州 221009;
3. 徐州市康复医院, 江苏 徐州 221009)

[摘要] 目的: 探讨虚拟现实技术联合重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响。方法: 选择42例脑卒中后偏瘫患者, 采用随机数字表法分为研究组和对照组, 每组各21例。两组均给予常规康复治疗 and 虚拟现实治疗, 研究组在此基础上给予rTMS治疗。在治疗前和治疗4周后, 评估两组上肢Brunnstrom分期、Fugl-Meyer运动功能评测上肢部分(simple Fugl-Meyer Assessment, FMA-UE)、改良Barthel指数(modified Barthel index, MBI)以及简易上肢功能评价(simple test for evaluating hand function, STEF)。结果: 治疗后, 研究组上肢Brunnstrom分期得分为 4.19 ± 0.75 , 对照组为 3.29 ± 0.71 ; 研究组FMA-UE评分为 51.10 ± 8.24 , 对照组为 37.14 ± 7.88 ; 研究组MBI评分为 63.10 ± 6.01 , 对照组为 49.76 ± 7.49 ; 研究组STEF评分为 66.62 ± 7.34 , 对照组为 54.90 ± 9.63 , 较治疗前均明显改善, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。且治疗后研究组各项评分均显著优于对照组, 差异亦均有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 在常规治疗的基础上虚拟现实技术联合rTMS能够更好地改善脑卒中偏瘫患者上肢运动功能, 提高患者的日常生活质量, 值得临床推广。

[关键词] 虚拟现实技术; 重复经颅磁刺激; 偏瘫; 上肢

Effect of virtual reality alliance frequency combined with repetitive transcranial magnetic stimulation on the upper limb dysfunction after stroke

CUI Haichao¹, ZHAI Hongwei², ZHANG Ming^{2,3}, CHEN Wei^{2,3}

(1. Graduate School, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023; 2. Department of Rehabilitation, Xuzhou Central Hospital, Xuzhou Jiangsu 221009; 3. Xuzhou Rehabilitation Hospital, Xuzhou Jiangsu 221009, China)

Abstract **Objective:** To investigate the effects of virtual reality alliance frequency combined with repetitive transcranial

收稿日期 (Date of reception): 2017-09-14

通信作者 (Corresponding author): 陈伟, Email: chenwei2339@163.com

基金项目 (Foundation item): 江苏省青年医学人才基金 (QNRC2016376); 徐州市医学青年后备人才工程 (2016015); 徐州市科技创新项目 (KC16SW167)。This work was supported by Jiangsu Provincial Medical Youth Talent (QNRC2016376), Xuzhou Medical Young Talents Project (2016015) and Xuzhou Science and Technology Project (KC16SW167).

magnetic stimulation (rTMS) on the upper limb dysfunction after stroke. **Methods:** Forty-two patients suffering from upper limb dysfunction were randomly divided into a study group and a control group, 21 patients in each group. Both groups were given routine rehabilitation and virtual reality therapy, the patients in the study group were augmented frequency rTMS. The scores of Brunnstrom staging, simple Fugl-Meyer Assessment (FMA), modified Barthel index (MBI) and simple test for evaluating hand function (STEF) before and 4 weeks after the treatment were used to evaluate the upper limb movement function recovery. **Results:** After treatment for 4 weeks, the score of the Brunnstrom staging was 4.19 ± 0.75 in the study group, and 3.29 ± 0.71 in the control group; the score of FMA was 51.10 ± 8.24 in the study group, and 37.14 ± 7.88 in the control group; the score of MBI was 63.10 ± 6.01 in the study group, and 49.76 ± 7.49 in the control group; the score of STEF was 66.62 ± 7.34 in the study group, and 54.90 ± 9.63 in the control group, the differences were all statistically significant when compared with before treatment ($P < 0.05$). The scores were significantly higher in the study group than those in the control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** On the basis of conventional treatment, virtual reality technology combined with rTMS can improve the function of upper limb movement in patients with hemiplegia of cerebral apoplexy and the quality of daily life of patients, which is worthy of clinical promotion.

Keywords virtual reality; repetitive transcranial magnetic stimulation; hemiplegia upper limb

上肢运动功能障碍是脑卒中常见的后遗症之一^[1]。早期, 约2/3的患者出现上肢运动功能受损^[2]。上肢功能障碍不仅影响患者日常工作和生活, 且逐渐成为脑卒中患者整体功能康复的重要指标^[3]。传统恢复上肢运动功能的训练单调、缺乏吸引力, 且患者处于被动状态, 依从性差, 疗效有限^[4]。寻找有效的、新颖的治疗方法对恢复脑卒中后上肢运动功能障碍治疗方法是必要的。虚拟现实和重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)是脑卒中后运动功能康复迅速发展起来的两项新兴、有效的康复技术^[5-7], 但两种治疗方法联合治疗的效果却鲜见报道。本研究拟观察虚拟现实技术联合rTMS对脑梗死后偏瘫患者上肢运动功能的影响, 现报告如下。

1 对象与方法

1.1 对象

纳入标准: 1)均符合2010年中华医学会神经

科学分会修订的《各类脑血管疾病诊断要点》^[8]的脑卒中诊断标准; 2)均为初次发病; 3)40岁 \leq 年龄 \leq 70岁; 4)病程 $<$ 4个月; 5)简明精神状态检查量表(mini mental state examination, MMSE)评分 \geq 20分, 并且不存在认知障碍; 6)签署知情同意书。

排除标准: 1)各种疾病导致的上肢关节疼痛、活动受限及手部疾患; 2)伴有重要的器官(心、肺、肝、肾等)衰竭、恶性肿瘤; 3)病情不稳定者; 4)情绪不稳, 不能配合进行治疗; 5)体内存有金属异物; 6)有癫痫病史。

选取2016年3月至2017年7月徐州市康复医院收治的42例脑卒中住院患者, 且均符合上述标准, 采用随机数字表法将上述患者随分为研究组、对照组, 每组患者21例。2组一般资料差异均无统计学意义($P > 0.05$, 表1), 具有可比性。本研究已获得徐州市中心医院医学伦理委员会批准。

1.2 方法

两组入组后都给予常规的康复治疗和虚拟现实技术治疗。

表1 两组一般资料比较($n=21$)

Table 1 Comparison of general data between the two groups ($n=21$)

组别	性别		年龄/岁	病程/d	脑卒中类型		偏瘫侧	
	男	女			脑梗死	脑出血	左侧	右侧
研究组	11	10	53.38 ± 9.74	55.71 ± 32.49	12	9	15	6
对照组	12	9	54.43 ± 9.14	58.29 ± 32.53	11	10	13	8

常规康复治疗包括: 运动疗法、物理因子治疗及作业疗法。运动疗法: 1) 肩部训练。患者取卧位, 治疗前先对患侧上肢进行全面放松, 同时为避免因活动不当引起的肩痛, 治疗师在治疗时要将辅助力量施加于患侧上肢。在进行肩关节前屈、后伸、水平内收摆动、旋转摆动时, 治疗手法应该缓慢、均匀, 关节活动范围也由小逐渐扩大, 每个动作重复4~6次。2) 肘关节训练。患者取坐位, 将肘关节放置桌子上, 然后进行肘关节的屈伸训练, 治疗师一手拖住患侧肘关节, 并嘱其用手触摸对侧肩部然后再恢复到上肢的伸展位, 反复练习。3) 腕关节及手部训练。治疗主要针对患侧拇指及其余4指进行对指、抓握训练。与此同时, 治疗师运用Rood技术触发患侧腕关节主动背伸及手指抓握和伸展动作。每日1次, 每次45 min, 每周5次, 1周为1疗程, 总计4个疗程。物理因子治疗: 选用北京宝润科技生产的CRI-A型中低频电脑康复治疗仪, 应用低频脉冲电治疗。将一对电极放置于患侧上肢肩部三角肌、冈上肌中部, 以2 Hz方波兴奋交感神经(防止废用性肌萎缩), 主要对神经起到激活作用; 另一对电极放置于前臂前1/3与后2/3处, 以200 Hz方波电刺激神经肌肉, 帮助肌肉群恢复功能。根据每位患者的具体情况, 进行电流量加减, 最终要诱发被刺激部位肌肉收缩, 且能够保证患者无不适感、能够耐受, 每日1次, 每次20 min, 每周5次, 1周为1疗程, 总计4个疗程。作业疗法: 1) 滚筒训练。嘱患者取坐位, 双手摆在桌子前面进行Bobath握手, 将滚筒放置在患者胸前, 指导患者双手同时用力将滚筒向前推, 同时保持肩前伸、肘关节伸直, 最后再将滚筒退回到胸前。2) 磨砂板训练。嘱患者用患手握住板上木柱, 同时用健侧手放置在患侧手, 利用健侧上肢带动患者完成肩关节的外展、肘关节的伸展运动, 治疗师一手帮助患者固定手把, 另一手促进肘关节的伸展。3) 木插棒训练。嘱患者双手交叉, 用双手掌心握住一个木插棒, 肘关节伸直, 上肢绷直, 作上下、左右移动将木棒插入相应位置, 嘱其尽量使用患肢力量, 训练肩关节的屈曲、外展、内收, 肘关节的屈、伸。每日1次, 每次45 min, 1周为1疗程, 每周5次, 总计4个疗程。

虚拟现实训练: 针对患侧上肢功能处于Brunnstrom I~III期的患者应用广州一康医疗设备实业有限公司生产的上肢体智能A2反馈训练系

统, 首先对患者肩关节、肘关节、前臂活动范围进行评估, 治疗师根据评估的结果, 为患者制定适合的训练任务。最后通过机械手臂的负重调节器调整患侧上肢的负重, 并根据患者具体情况选择由系统生成呈现在屏幕上的一维(针对上肢某个关节进行单独训练)、二维(针对上肢多个关节相互协调进行训练)、三维(在二维训练的基础上增加前后活动范围)游戏, 指导患者根据显示器提示执行偏瘫上肢特定的功能动作, 主要训练患侧肩关节前屈、水平内收/外展、手抓握以及协同控制能力, 训练时系统可通过智能语音、图像反馈向患者提供实时视觉和听觉反馈信息。针对患者上肢功能处于Brunnstrom-IV期及以上患者采用广州一康医疗设备实业有限公司提供的BioMaster虚拟情景训练系统: 首先将无线人体运动传感器置于患侧上臂或前臂, 然后再为患者进行测试, 最后根据患者具体情况选择不同的运动方式和虚拟现实游戏。改善肩关节活动训练有虚拟赛车、取鸡蛋、接宝物等游戏; 改善肘关节训练有数字配对、碰撞球等, 改善腕和前臂训练有虚拟快艇、开飞机、切菜等游戏。虚拟现实技术训练每日1次, 每次20 min, 每周5次, 1周为1疗程, 总计4个疗程^[9]。

研究组在常规治疗的基础应用rTMS。rTMS: 应用英国Magstim公司生产的PAPID2型经颅磁刺激器, 采用“刺激字形, 直径为7 cm的线圈, 深度为头皮下2 cm, 最大输出强度为2T。治疗时患者取坐位或者卧位亦或侧卧, 治疗时应尽量避免不必要的肢体活动, 将“8”字形线圈中心点放置患者健侧大脑半球M1位置, 同时线圈要与颅骨表面相切, 以保证能够最大程度减小刺激扩散。rTMS治疗参数: 频率为1.0 Hz, 强度为健侧半球静息运动阈值的80%, 间隔时间5 s, 刺激时间10 s, 序列次数80, 脉冲总数800个。每天1次, 每次20 min, 每周5 d, 1周为1疗程, 1周为1疗程, 总计4个疗程。

1.3 评价指标

于治疗前、治疗后4周对2组进行治疗效果的评价^[10], 具体的评定的内容如下。

1.3.1 Brunnstrom 分期

Brunnstrom分期根据肌张力的改变和运动功能变化, 分为1~6阶段来评定偏瘫肢体功能的恢复过程。I期为迟缓期, (不能进行)无随意运动; II期为痉挛期, 能够引出联合反应和共同运动; III期为联

带运动期, 能够随意出现的共同运动; IV期为部分分离运动期, 共同运动模式被打破, 开始出现分离运动; V期为分离运动期, 肌张力逐渐恢复, 能够完成精细运动; VI期正常, 运动接近正常水平。分期越高表明患者上肢功能越好。I~VI期分别对应1~6分。

1.3.2 Fugl-Meyer 运动功能评测上肢部分

Fugl-Meyer运动功能评测上肢部分(simple Fugl-Meyer Assessment, FMA-UE)由多个测评部分构成。本研究主要采用其上肢运动功能评定, 包括33个评定项目, 每一个评定项目都分为0~2分。3个不同的等级进行记分, 共计66分, 来评价偏瘫患者上肢运动功能, 得分越高表明其上肢功能恢复的越好。

1.3.3 改良 Barthel 指数

改良Barthel指数(modified Barthel index, MBI)是世界上公认的最为常用的评估日常生活活动(activities of daily living, ADL)能力的量表, 包括进食、洗澡、个人卫生等10个评定项目。每个项目又分为完全独立、少量帮助、中等帮助、大量帮助、完全依赖5个等级, 依据患者完成的具体情况每个项目又分为0~10分, 总计100分, 得分越高表示患者日常生活自理能力越强。

1.3.4 简易上肢功能评价

简易上肢功能评价(simple test for evaluating hand function, STEF)反映患侧上肢运动功能障碍的程度, 根据完成动作所需时间长短进行评分, 从另一方面显示患侧上肢运动速度和手的灵活程度, 总计10个项目。完成动作时间越短得的分数越高, 单项得分0~10, 总分100, 得分越高代表患者上肢和手的功能越好。

1.4 统计学处理

所有数据使用SPSS 19.0统计软件处理。所测得数据计数资料组间比较采用 χ^2 检验; 对于符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 两组比较采用配对 t 检验; 以 $\alpha=0.05$ 为检验水准, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

治疗前2组Brunnstrom分期、FMA-UE评分、MBI评分及STEF评分组间差异均无统计学意义($P>0.05$); 治疗后2组上述指标均较组内治疗前明显提高, 且均以研究组的改善幅度较对照组显著, 差异均有统计学意义($P<0.05$, 表2)。

表2 治疗前、后2组Brunnstrom分期、FMA-UE评分、MBI评分及STEF比较($n=21, \bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of the scores of Brunnstrom staging, FMA, MBI and STEF before and after the treatment between the two groups ($n=21, \bar{x}\pm s$)

组别	Brunnstrom分期	FMA-UE评分	MBI评分	STEF评分
研究组				
治疗前	2.52 \pm 0.92	26.71 \pm 9.80	30.00 \pm 8.51	32.19 \pm 7.94
治疗后	4.19 \pm 0.75 ^{*#}	51.10 \pm 8.24 ^{*#}	63.10 \pm 6.01 ^{*#}	66.62 \pm 7.34 ^{*#}
对照组				
治疗前	2.38 \pm 0.86	26.62 \pm 8.51	28.81 \pm 8.64	31.29 \pm 7.60
治疗后	3.29 \pm 0.71 [*]	37.14 \pm 7.88 [*]	49.76 \pm 7.49 [*]	54.90 \pm 9.63 [*]

与组内治疗前比较, $*P<0.05$; 与对照组相同时间点比较, [#] $P<0.05$ 。

Compared with before treatment in the group, $*P<0.05$; compared with the control group in the same time, [#] $P<0.05$.

3 讨论

本研究针对患侧上肢功能处于BrunnstromI-III期的患者, 主要训练其上肢的一些简单、粗大运动为主; 对于上肢功能处于Brunnstrom-IV期及以

上患者主要训练患者手的精细运动, 以控制训练为主。虚拟现实技术能够提供类似的生活情景, 通过系统设置可以让患者达到不断的重复练习目的, 从而能够重新获得、掌握生活技能, 并能很好地迁移应用到真实的现实生活中去。重复是学习

一项运动技能的必要手段, 可以诱导神经网络重塑^[11]并诱导突触形成、轴突生长和血管再生^[12-13]。运动练习有助改善脑卒中后运动功能的恢复, 并促进大脑功能重塑^[14-15], Shin等^[16]研究证实虚拟现实技术结合常规康复治疗有利于改善脑卒中患者上肢功能和提高生活质量。认知和情感的参与也被认为是重新获得运动技能的关键因素^[17]。患者通过操作完成系统提供许多趣味的游戏, 任务的同时能够获得视觉和听觉的反馈, 如“你真厉害”“你最棒了”“加油”“继续努力”等给予患者鼓励, 使患者更能主动参与训练, 达到更好的训练效果。Terrer等^[18]研究证明虚拟现实技术能够用提高患者在执行任务时的积极性和动机水平的维持。本研究结果显示对照组治疗前Brunnstrom分期、FMA-UE评分、MBI评分及STEF评分无显著差异, 经过4周治疗后各项评分较治疗前有明显改善, 证明虚拟现实技术能够改善脑卒中后偏瘫上肢运动功能。

TMS是一种非侵入性的神经刺激技术, rTMS则是在TMS基础上兴起的具有无创、无痛、绿色、无衰减特点的技术。其作用机制是利用强大的脉冲磁场, 无衰减的穿过颅骨, 作用于大脑皮质, 同时脉冲磁场产生感应电流, 当感应电流的强度到达或者超过神经组织兴奋的阈值时, 局部大脑神经细胞产生去极化改变, 引起大脑兴奋性的变化, 从而产生一系列生理生化反应。临床上通常使用的刺激频率分为低频和高频两种。低频rTMS通常是指 ≤ 1 Hz起到抑制的作用, 用来刺激健侧大脑半球可以降低健侧半球的兴奋性, 高频rTMS通常是指 ≥ 1 Hz起兴奋的作用, 用来刺激患侧大脑半球, 通过增加患侧运动皮质的兴奋性。rTMS治疗脑卒中后上肢运动功能障碍主要是依据大脑半球间竞争(interhemispheric competition, IHC)理论, 最终实现大脑半球之间的平衡^[19-20]。目前研究^[21-22]认为患侧大脑的初级运动皮质M1具有可塑性, 而健侧大脑对患侧大脑过度抑制作用, 最终会影响患侧大脑皮质的重塑, 影响运动功能的恢复。

本研究采用低频刺激健侧M1区, 由于患侧大脑功能受损, 同时来自健侧半球过度的经胼胝体抑制(transcallosal inhibition, TCI)对患侧半球的抑制作用^[23-24]进一步加强。通过采用低频抑制健侧大脑过度兴奋, 减少对患侧大脑半球过度抑制, 实现大脑两个半球的平衡, 减少对患侧大脑造成更严重的损伤^[25]; 通过刺激健侧大脑运动皮质从另一方面加强患侧大脑神经的可塑性, 从而促进脑卒中后偏瘫上肢运动功能的恢复^[26-28]。同时rTMS

还可改变大脑皮质兴奋性神经递质包括多巴胺和GABA^[29], 达到治疗效果。运动学习对神经功能性改变的发生是必不可少的。rTMS对皮质兴奋性的调控需要联合刺激治疗与运动锻炼才能导致行为学效应的产生^[30]。研究^[31]证实: 将皮质刺激与重复的运动训练结合起来, 可以提高中风后的运动功能的恢复。Avenanti等^[32]应用LF-rTMS联合PT治疗(包括日常生活活动、手指的力量训练等), 不仅能够促进大脑两个半球的平衡性, 同时还改善了患者上肢的运动功能。

综上所述, 应用虚拟现实技术联合低频rTMS能促进脑卒中后上肢运动功能的恢复, 且本研究结果证明两者联合能有效改善脑卒中患者上肢运动的恢复, 提高患者的生活质量, 值得临床推广。

参考文献

1. Pollock A, St George B, Fenton M, et al. Top ten research priorities relating to life after stroke[J]. *Lancet Neurol*, 2012, 11(3): 209.
2. Brunner IC, Skouen JS, Strand LI. Recovery of upper extremity motor function post stroke with regard to eligibility for constraint-induced movement therapy[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2011, 18(3): 248-257.
3. 金玲, 张通, 赵军. 虚拟现实康复技术对脑卒中患者上肢运动功能恢复的研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20(10): 905-907.
JIN Ling, ZHANG Tong, ZHAO Jun. Advance in virtual reality rehabilitation technique in upper limbs motor function of stroke patients (review)[J]. *Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice*, 2014, 20(10): 905-907.
4. Dawson J, Pierce D, Dixit A, et al. Safety, feasibility, and efficacy of vagus nerve stimulation paired with upper-limb rehabilitation after ischemic stroke[J]. *Stroke*, 2015, 47(1): 143-150.
5. Yin CW, Sien NY, Ying LA, et al. Virtual reality for upper extremity rehabilitation in early stroke: a pilot randomized controlled trial[J]. *Clin Rehabil*, 2014, 28(11): 1107-1114.
6. da Silva Cameirão M, Bermúdez I, Badia S, Duarte E, et al. Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2011, 29(5): 287-298.
7. Lüdemann-Podubeká J, Bösl K, Nowak DA. Inhibition of the contralesional dorsal premotor cortex improves motor function of the affected hand following stroke[J]. *Eur J Neurol*, 2016, 23(4): 823-830.

8. 中华医学会神经科学分会. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 2010, 29(6): 379-380.
Neurosciences branch of Chinese Medical Association. Key points of diagnosis of various cerebrovascular diseases[J]. Chinese Journal of Neurology, 2010, 29(6): 379-380.
9. 张玉明, 张秀芳, 张明, 等. 肩胛骨运动控制训练结合虚拟现实技术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, 2017, 39(3): 194-196.
ZHANG Yuming, ZHANG Xiufang, ZHANG Ming, et al. The effects of scapula motor control training combined with virtual reality technology on upper limb function in stroke patients [J]. Chinese Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2017, 39(3): 194-196.
10. 王玉龙. 康复功能评定学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 438-474.
WANG Yulong. Rehabilitation function evaluation[M]. 5 ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008: 438-474.
11. Sankarasubramanian V, Machado AG, Conforto AB, et al. Inhibition versus facilitation of contralesional motor cortices in stroke: Deriving a model to tailor brain stimulation[J]. Clin Neurophysiol, 2017, 128(6): 892-902.
12. Kitago T, Krakauer JW. Motor learning principles for neurorehabilitation[J]. Handb Clin Neurol, 2013, 110: 93-103.
13. Overman JJ, Carmichael ST. Plasticity in the injured brain: more than molecules matter[J]. Neuroscientist, 2014, 20(1): 15-28.
14. Jones TA, Adkins DL. Motor system reorganization after stroke: stimulating and training toward perfection[J]. Physiology (Bethesda), 2015, 30(5): 358-370.
15. Lang CE, Lohse KR, Birkenmeier RL. Dose and timing in neurorehabilitation: prescribing motor therapy after stroke[J]. Curr Opin Neurol, 2015, 28(6): 549-555.
16. Shin JH, Kim MY, Lee JY, et al. Effects of virtual reality-based rehabilitation on distal upper extremity function and health-related quality of life: a single-blinded, randomized controlled trial[J]. J Neuroeng Rehabil, 2016, 13: 17.
17. Paquin K, Ali S, Carr K, et al. Effectiveness of commercial video gaming on fine motor control in chronic stroke within community-level rehabilitation[J]. Disabil Rehabil, 2015, 37(23): 2184-2191.
18. Dimbwadyo-Terrer I, Gil-Agudo A, Segura-Fragoso A, et al. Effectiveness of the virtual reality system toyra on upper limb function in people with tetraplegia: a pilot randomized clinical trial[J]. Biomed Res Int, 2016, 2016: 6397828.
19. Traversa R, Cicinelli P, Pasqualetti P, et al. Follow-up of interhemispheric differences of motor evoked potentials from the 'affected' and 'unaffected' hemispheres in human stroke[J]. Brain Res, 1998, 803(1/2): 1-8.
20. Oliveri M, Rossini PM, Cicinelli P, et al. Neurophysiological evaluation of tactile space perception deficits through transcranial magnetic stimulation[J]. Brain Res Brain Res Protoc, 2000, 5(1): 25-29.
21. Lefebvre S, Thonnard JL, Laloux P, et al. Single session of dual-tDCS transiently improves precision grip and dexterity of the paretic hand after stroke[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2014, 28(2): 100-110.
22. Higgins J, Koski L, Xie H. Combining rTMS and task-oriented training in the rehabilitation of the arm after stroke: a pilot randomized controlled trial[J]. Stroke Res Treat, 2013, 2013: 539146.
23. Agosta S, Herpich F, Miceli G, et al. Contralesional rTMS relieves visual extinction in chronic stroke[J]. Neuropsychologia, 2014, 62: 269-276.
24. Takeuchi N, Izumi S. Maladaptive plasticity for motor recovery after stroke: mechanisms and approaches[J]. Neural Plast, 2012, 2012: 359728.
25. Assenza G, Zappasodi F, Pasqualetti P, et al. A contralesional EEG power increase mediated by interhemispheric disconnection provides negative prognosis in acute stroke[J]. Restor Neurol Neurosci, 2013, 31(2): 177-188.
26. Rossi C, Sallustio F, Di Legge S, et al. Transcranial direct current stimulation of the affected hemisphere does not accelerate recovery of acute stroke patients[J]. Eur J Neurol, 2013, 20(1): 202-204.
27. Sung WH, Wang CP, Chou CL, et al. Efficacy of coupling inhibitory and facilitatory repetitive transcranial magnetic stimulation to enhance motor recovery in hemiplegic stroke patients[J]. Stroke, 2013, 44(5): 1375-1382.
28. Plow EB, Machado A. Invasive neurostimulation in stroke rehabilitation[J]. Neurotherapeutics, 2014, 11(3): 572-582.
29. Barr MS, Farzan F, Wing VC, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation and drug addiction[J]. Int Rev Psychiatry, 2011, 23(5): 454-466.
30. Lotze M, Braun C, Birbaumer N, et al. Motor learning elicited by voluntary drive[J]. Brain, 2003, 126(Pt 4): 866-872.
31. Clayton E, Kinley-Cooper SK, Weber RA, et al. Brain stimulation: neuromodulation as a potential treatment for motor recovery following traumatic brain injury[J]. Brain Res, 2016, 1640(Pt A): 130-138.
32. Avenanti A, Coccia M, Ladavas E, et al. Low-frequency rTMS promotes use-dependent motor plasticity in chronic stroke: a randomized trial[J]. Neurology, 2012, 78(4): 256-264.

本文引用: 崔海超, 翟宏伟, 张明, 陈伟. 虚拟现实技术联合重复经颅磁刺激对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响[J]. 临床与病理杂志, 2017, 37(11): 2438-2444. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2017.11.025

Cite this article as: CUI Haichao, ZHAI Hongwei, ZHANG Ming, CHEN Wei. Effect of virtual reality alliance frequency combined with repetitive transcranial magnetic stimulation on the upper limb dysfunction after stroke[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2017, 37(11): 2438-2444. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2017.11.025