

·临床研究·

高频重复经颅磁刺激治疗脑卒中患者单侧空间忽略的功能磁共振研究

杨初燕¹ 张锡泉² 陈正威³ 冯 珍^{1,4}

摘要

目的:观察高频重复经颅磁刺激(rTMS)治疗脑卒中患者单侧空间忽略(USN)的临床疗效并调查rTMS疗效的神经影像学机制。

方法:30例脑卒中后USN患者随机分为试验组和对照组各15例,两组患者均进行常规康复治疗;试验组给予额外的rTMS治疗,治疗强度为运动阈值的95%,频率10Hz,刺激点位于患侧右顶叶皮质区域(EEG 10-20标准的P4点),每次治疗10min,2次/d,连续治疗10天。观察治疗前及治疗10天后行为学表现和静息态fMRI改变情况。

结果:和对照组相比,rTMS治疗后试验组USN症状明显改善(线段划销实验, $P=0.038$);图形删除测试, $P=0.034$;凯瑟琳-波哥量表, $P<0.05$);高频rTMS治疗可增强患侧脑区颞上回、额中回、顶上小叶、楔前叶及小脑前叶兴奋性,增强患侧半球的竞争抑制作用。

结论:高频rTMS可明显改善脑卒中患者USN症状,并且可以使功能脑网络发生可塑性改变,平衡左右大脑半球兴奋性。

关键词 单侧空间忽略;高频重复经颅磁刺激;脑卒中;fMRI;ReHo;康复

中图分类号:R743.3; R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2016)-10-1088-06

Effects of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on stroke patients with unilateral spatial neglect: An fMRI investigation/YANG Chuyan,ZHANG Xiquan, CHEN Zhengwei, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(10): 1088—1093

Abstract

Objective: To investigate the effects of high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) on stroke patients with unilateral spatial neglect (USN) and to explore the functional neuroimaging mechanisms following rTMS intervention.

Method: Thirty stroke patients with USN voluntarily participated in the present study, and they were randomly divided into the control group (CG) and experimental group (EG). Both the CG and the EG received regular rehabilitation intervention, while the EG was treated with additional high frequency rTMS which was performed twice a day and 10 minutes each day for 10 days. The rTMS was conducted with 10Hz stimulation frequency and 95% intensity of the stimulation threshold. The stimulation position was located on the right parietal cortex (the position P4 according to the 10-20 EEG system). All the patients received a series of neuropsychological tests and a resting-state fMRI scanning at baseline and 10 days after the rTMS treatment.

Result: Compared to the CG, significant improvements were found in EG on tests of line cancellation ($P=0.038$), graph deletion ($P=0.034$) and Catherine Bergego Scale ($P<0.05$). Besides, the regional homogeneity (activity) of the right superior temporal gyrus, middle frontal gyrus, superior parietal lobule, precuneus and anterior cerebellum lobe were enhanced significantly after the rTMS intervention compared to the baseline.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.10.007

1 南昌大学第一附属医院康复医学科,南昌,330006; 2 江西省人民医院肿瘤科; 3 首都医科大学康复医学院; 4 通讯作者
作者简介:杨初燕,女,主治医师; 收稿日期:2015-07-17

Conclusion: high frequency rTMS significantly improved the symptoms of USN and counterbalanced the activity between the left and right hemisphere.

Author's address Department of Rehabilitation, The First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang, 330006

Key word unilateral spatial neglect; high frequency rTMS; stroke; fMRI; ReHo; rehabilitation

单侧空间忽略(unilateral spatial neglect, USN)是脑卒中患者常见的一种奇特的空间认知障碍,主要表现为对脑损伤对侧的空间刺激不能正确反应或确定方向^[1]。调查显示左右大脑半球卒中单侧空间忽略的发生率分别高达29.10%和46.9%^[2]。单侧空间忽略给脑卒中患者的日常生活带来诸多不便,严重妨碍患者获得独立自理能力,影响康复训练效果。重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)利用电磁场产生感应电流作用于中枢并引起突触末端神经活动,可以调节大脑皮质的兴奋性^[3-5]。近年来已有研究证明rTMS可以改善患者的USN症状^[6-7],但其疗效的神经影像学机制目前尚未完全明确。本研究旨在观察高频rTMS治疗脑卒中引起的USN的临床疗效,同时探讨临床疗效产生的可能的神经影像学机制。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2012年9月—2015年3月南昌大学第一附属医院康复医学科收治的脑卒中患者进行研究。入选标准:①头颅CT或MRI证实为右侧缺血性/出血性脑卒中;②线段二等分实验、直线划销实验等忽略症纸笔实验证实存在左侧空间忽略;③右利手,年龄18—65岁,初中以上文化;④首次发病,病情平稳,病程小于12个月;⑤无明显智力障碍,无感觉性失语,右手可握笔;⑥病灶单发或多发,累及右侧额-顶皮质、扣带回、丘脑、基底核、上丘及小脑等部位;⑦患者及家属签署知情同意书。

排除标准:①合并其他神经系统疾病、精神科疾病;②存在失认症、失用症、视力障碍及视野缺损患者;③对磁刺激不能耐受者;④近期使用三环类抗抑郁药或镇静剂者;⑤存在功能核磁检查禁忌,例如,体内存有金属植入物、早期妊娠、幽闭恐惧症者。

将符合入选标准的30例脑卒中患者按照随机数字法分为试验组和对照组各15例,患者一般情况

见表1。

表1 两组患者基线情况

	试验组	对照组	P值
男:女	10:5	11:4	
梗死:出血	7:8	9:6	
年龄(岁)	53±9.4	51±10.8	0.435
病程(月)	3.5±1.6	3.9±2.1	0.521
教育年限(年)	11.5±3.6	12±3.9	0.829
损伤部位(右)	基底核(9例) 额-顶-叶(6例) 扣带回(4例) 丘脑(2例) 小脑(1例)	基底核(7例) 额-顶叶(7例) 扣带回(4例) 丘脑(3例) 小脑(2例)	

1.2 方法

入组后,试验组和对照组均接受基线行为学测试和静息态fMRI扫描;两组均进行常规康复训练,试验组同时增加rTMS治疗;治疗10天后,试验组和对照组再次接受治疗后行为学测验和静息态fMRI扫描。

1.2.1 对试验组患者进行运动阈值:采用Magstim公司制造的快速磁刺激器,直径10cm线圈“8”字形,峰值刺激强度2.0T,脉冲时限250s,记录电极片置于右拇短展肌肌腹处。10次连续刺激中,至少5次能引发对侧拇短展肌运动诱发电位至少0.05mV的最小刺激强度即为该患者的运动阈值^[8-9]。

1.2.2 rTMS治疗:采用Magstim公司生产的快速磁刺激器((Magstim Rapid System 1000/50, Magstim, Wales, UK);选取常规刺激模式,频率10Hz(高频),治疗强度为运动阈值的95%^[10]。治疗时患者为坐位,线圈手柄向上。刺激点位于患侧右顶叶皮层区域(EEG 10-20标准的P4点)^[11]。治疗时间:10分钟/次,2次/天,连续治疗10天。治疗时间:10min/次,2次/d,连续治疗10天。

1.3 神经心理及行为学评估方法

在rTMS治疗前后分别对两组患者进行线段划销实验、图形删除实验和凯瑟琳-波哥量表的评定。

线段划销实验(line cancellation test):该测验

要求被试将纸上随机分布的40条线段全部用笔勾画出来。评定标准:3分:测试纸一侧删除 $\leq 1/3$ 线段条数;2分:测试纸一侧删除 $1/3-2/3$;1分:测试纸一侧删除 $> 2/3$;0分:测试纸上的线段全部被删除^[12]。

图形删除实验(graph deletion test):要求被试将纸上随机分布的三角形全部用笔勾画出来。评估标准:3分:划去测试纸上1—4个三角形;2分:划去5—8个三角形;1分:划去9—11个三角形;0分:划去纸上全部的三角形^[13]。

凯瑟琳-波哥量表(Catherine Bergego scale, CBS):该量表包含与生活密切相关的10个项目,如忘记吃左侧盘中的食物、吃饭后擦嘴忘记擦左边、对左侧的事物难以集中注意力等;每项分为4度,0度为无空间忽略,1度为轻度忽略,2度为中度忽略,3度为重度忽略^[14-15]。

1.4 神经影像学评估

在rTMS治疗前后分别对两组患者进行静息态fMRI扫描,扫描前让患者熟悉功能核磁设备及环境,并告知被试在扫描时闭上双眼、保持自然放松并避免思维活动,在整个实验过程中尽量保持头部静止。

1.4.1 试验设备和扫描参数:采用西门子3.0T超导型磁共振成像系统采集影像学数据;采用梯度回波平面成像(EPI)序列采集静息态fMRI数据,重复时间/回波时间(TR/TE)=2000/30ms,翻转角(FA)=90°,视野(FOV)=240mm×240mm,扫描层数=33,层厚(slice thickness)=3mm。T1结构像(T1WI)数据采用3D-SPGR扫描序列进行采集,TR/TE=2500/3ms,FOV=256mm×256mm,体素大小(voxel size)=1.0mm×1.0mm×1.0mm,层厚=1mm,扫描层数=144。

1.4.2 静息态数据处理:采用DPARSF软件包(DPARSF 3.1, www.rfmri.org/DPARSF)对影像学数据进行预处理,剔除最初10个点的数据以去除初始不稳定信号。预处理步骤包括:时间层校正(slice-timing)、头动校正(realign)、重采样(resample)、图像标准化(normalize);将标准化后的图像导入REST软件包(REST 1.8, www.rfmri.org/REST)进行去线性(Detrend)、滤波(fliter, 0.01—0.08Hz)、降噪(去除呼吸、心跳、脑脊液所致fMRI干扰信号)处理;最后处理得出区域一致性(ReHo)图(Cluster Size,

簇大小)=27 Voxles(体素);体素大小=3mm×3mm×3mm;选用的Marsk为REST:Brain 61×73×61);ReHo计算后进行空间平滑(smooth),平滑核(FWHM)为6mm×6mm×6mm;ReHo值的高低可反映脑区的活跃情况。

1.4.3 影像学数据选择及分析:剔除头动三维平移(x,y,z)超过3mm、三维旋转超过3°患者的静息态数据;应用SPM8软件包(<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>)对试验组和对照组治疗前后的影像学数据分别进行单样本t检验,检验水准为 $P < 0.001$ (FDR矫正),结果在REST viewer中进行显示。

1.5 统计学分析

采用SPSS 19.0软件包进行统计学分析,计数资料采用秩和检验(Mann-Whitney U),计量资料的组间比较采用两独立样本t检验,显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 神经心理行为学结果

两组患者在年龄($P=0.435$)、病程($P=0.521$)、受教育年限($P=0.829$)上无显著性差异(见表1);治疗前,两组患者在线段划销实验、图形删除实验和CBS上的表现无显著性差异($P > 0.05$,见表2);rTSM治疗后,两组患者在线段划销($P=0.038$)和图形删除测试($P=0.034$)的成绩上有显著性差异,与对照组相比较,试验组单侧空间忽略情况明显改善(见表3);治疗后,两组患者在CBS部分行为表现上存在显著性差异,与对照组相比,rTMS治疗组在吃完饭擦嘴时忘记擦左边、忘记修饰左侧脸、向左注视时感到困难、找放在房间或浴室里左侧的东西感到困难、调整自己左侧的袖子和拖鞋时感到困难、在自己熟悉的环境中找向左的路感到困难6项行为上明显改善($P < 0.05$,见表3)。

2.2 神经影像学结果

两组患者在rTMS治疗前ReHo活跃的脑区大致相似,主要位于左侧扣带回、小脑后叶、额中回、中央前回、顶下小叶和额下回,以及右侧颞下回、额下回和扣带回,左侧脑区明显较右侧脑区活跃(图1,表4-A);治疗后,对照组两侧脑区活跃明显不对称的情况未得到明显改善;治疗后,试验组ReHo活跃

表2 治疗前两组患者神经心理行为学评估情况

	试验组			对照组			P
	1分	2分	3分	1分	2分	3分	
线段划销实验	2	3	10	3	3	9	0.663
图形删除实验	3	4	8	4	4	7	0.668
CBS 1	2	2	11	2	3	10	0.738
CBS 2	3	4	8	2	6	7	0.910
CBS 3	1	4	10	2	4	9	0.644
CBS 4	3	3	9	2	5	8	0.889
CBS 5	4	5	6	5	4	6	0.843
CBS 6	2	6	7	3	7	5	0.445
CBS 7	1	5	9	2	6	7	0.430
CBS 8	6	4	5	7	5	3	0.534
CBS 9	4	4	7	4	5	6	0.807
CBS 10	2	6	7	1	8	6	0.909

表3 治疗后两组患者神经心理行为学评估情况

	试验组				对照组				P
	0分	1分	2分	3分	0分	1分	2分	3分	
线段划销实验	3	6	3	3	1	2	5	7	0.038
图形删除实验	4	6	3	2	2	2	4	7	0.034
CBS 1	3	6	1	5	0	3	3	9	0.039
CBS 2	3	7	3	2	0	3	6	6	0.009
CBS 3	3	3	4	5	1	3	5	6	0.448
CBS 4	2	7	3	3	2	2	4	7	0.110
CBS 5	3	7	1	4	2	4	5	4	0.364
CBS 6	6	5	1	3	0	5	5	5	0.018
CBS 7	4	6	3	2	1	3	7	4	0.043
CBS 8	4	4	2	5	2	8	2	3	0.828
CBS 9	2	8	3	2	1	3	5	6	0.037
CBS 10	4	6	3	2	1	2	6	6	0.015

注: CBS 1: 吃完饭擦嘴时忘记擦左边; CBS 2: 忘记修饰左侧脸; CBS 3: 对左侧的事物难以集中注意力; CBS 4: 忘记吃左侧盘中的食物; CBS 5: 在家庭或康复区忘记自己左侧身体部分; CBS 6: 向左注视时感到困难; CBS 7: 找放在房间或浴室里左侧的东西感到困难; CBS 8: 活动时容易与左侧的人、门窗家具等物体发生碰撞; CBS 9: 调整自己左侧的袖子和拖鞋时感到困难; CBS 10: 在自己熟悉的环境中找向左的路感到困难。

的脑区主要位于左侧中央后回、梭状回、颞上回、中央前回、枕中回和丘脑,以及右侧楔前叶、颞上回、额中回、小脑前叶和顶上小叶,两侧脑区活跃不对称情况较治疗前得到明显改善(图1,表4-B)。

3 讨论

USN是脑卒中后常见症状之一,严重影响患者的日常生活及康复训练的疗效。本研究表明,高频

表4 试验组治疗前后大脑静息态区域一致性(ReHo)活跃区域

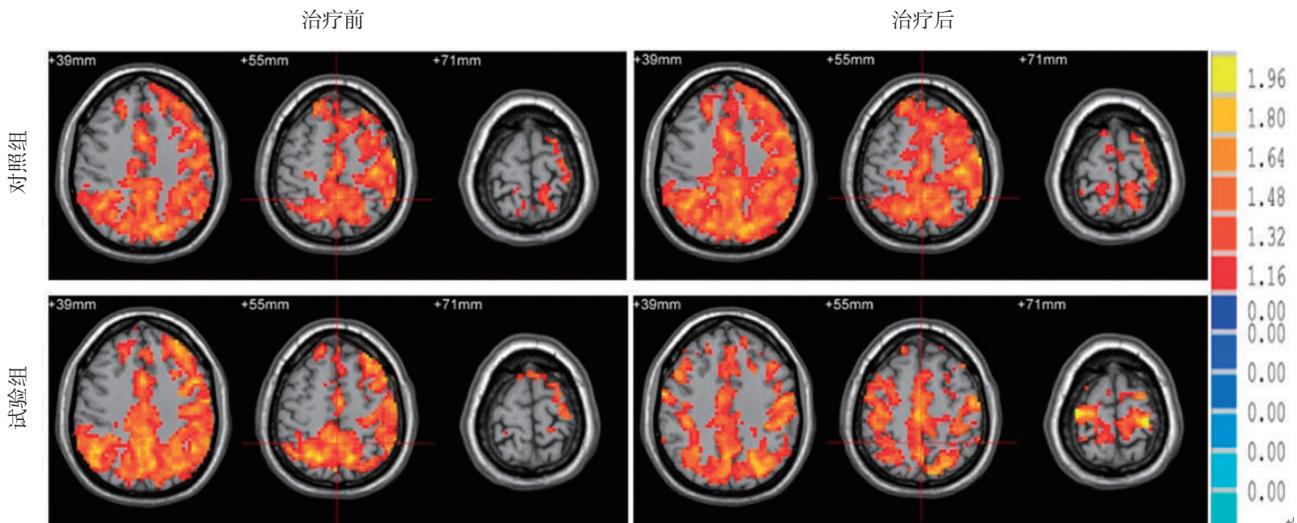
激活部位	峰值激活坐标	像素数目	峰值强度(t值)	BA/AAL
A:治疗前				
MNI(x,y,z)				
扣带回(左)	-6 -54 27	1383	1.94	Precuneus_L
额中回(左)	-30 66 15	191	2.00	BA 10
小脑后叶(左)	-21 -60 -21	248	1.82	Cerebellum_6_L
丘脑(左)	-9 -15 9	20	1.92	Thalamus_L
中央前回(左)	-48 -12 60	95	1.89	BA 6
额下回(左)	-48 9 39	67	1.86	Precentral_L
顶下小叶(左)	-45 -54 39	77	1.88	BA 40
颞下回(右)	51 -63 -6	725	1.99	BA 19
额下回(右)	27 48 12	35	1.86	Frontal_Mid_R
扣带回(右)	3 9 42	22	1.88	BA 32
B:治疗后				
梭状回(左)	-21 -69 -12	115	1.68	BA 19
枕中回(左)	-30 -87 0	38	1.73	BA 18
颞上回(左)	-60 -39 18	74	1.77	BA 39
中央后回(左)	-27 -30 72	136	1.85	BA 40
丘脑(左)	-9 -18 9	28	1.76	Thalamus_L
中央前回(左)	-51 -9 42	44	1.74	precentral_L
小脑前叶(右)	9 -48 -21	54	1.71	
颞上回(右)	63 6 0	86	1.80	BA 39
额中回(右)	3 -24 54	80	1.74	BA 6
顶上小叶(右)	36 -63 51	25	1.68	Angular_R
楔前叶(右)	3 -81 33	219	1.80	BA 19

P < 0.01, 未矫正; z 值 > 1.16; cluster size=20 voxels; BA=Brodman's Area; AAL= Anatomical Automatic Labeling

rTMS可有效改善脑卒中患者单侧空间忽略症状,这一结果和先前的研究报道是一致的^[7-8,11]。此外,研究结果还显示,rTMS可部分改善患者的日常行为表现,这种改善对患者来说是更有意义的。

神经影像学研究显示,USN的发生与顶下小叶和中央后回^[16]、基底核和丘脑^[17]、顶上小叶^[18]、运动前区和前额叶皮质^[19]、颞上回和小脑部位损伤密切相关。本研究中存在USN的脑卒中患者的损伤部位与文献所报道的基本一致(表1)。从表4-A和图1中我们可以看出,左侧USN脑卒中患者右侧脑区扣带回、额-顶叶皮质、丘脑等部位兴奋性明显减低,双侧半球间兴奋性失衡。一般认为右侧大脑半球对空间注意的支配起主要作用,单侧空间忽略的发病机制很可能是半球间的竞争失衡引起的,即一侧半球损伤后不能有效地抑制健侧半球,导致健侧半球过

图1 两组治疗前后脑区 ReHo 图



($P < 0.01$, 未矫正; z 值 > 1.16 ; cluster size = 20 voxels)

度兴奋,从而出现偏侧忽略^[20]。rTMS利用脉冲磁场可影响大脑的代谢和神经电活动;已有研究证实,经颅磁刺激作用于健康人大脑的一侧可导致一般视觉空间缺陷^[21-22]、空间注意障碍^[23-24]、空间认知障碍^[25]、视觉运动整合障碍^[26]以及对侧面空间忽略^[26-27],这些研究表明TMS可影响大脑皮质兴奋性;在本研究中,rTSM治疗后试验组患者右侧脑区的颞上回、额中回、顶上小叶、楔前叶及小脑前叶的兴奋性明显增强,两侧半球兴奋性失衡得到明显改善;这表明10Hz 高频rTSM刺激可增强皮质的兴奋性,增强患侧半球的竞争抑制作用;事实上,已有研究证实,高频率($>1\text{Hz}$)rTMS可以增加大脑皮质的活跃程度^[4],而低频率($<1\text{Hz}$)rTMS可以降低大脑皮质的兴奋性^[5]。

以上结果表明,与只进行常规康复治疗的患者相比,应用高频rTMS刺激患者的患侧顶叶皮质区可以更有效的改善USN患者的临床症状及日常行为;此外,高频rTMS还可以使大脑发生功能可塑性改变,增强患侧大脑皮质兴奋性,从而使两侧大脑的兴奋性达到新的平衡。rTMS是一种安全、有效、无创的治疗单侧空间忽略的康复措施,建议积极推广和使用。

参考文献

[1] Saj A, Cojan Y, Vocat R, et al. Prism adaptation enhances activity of intact frontal-parietal areas in both hemispheres

in neglect patients[J]. Cortex, 2013, 49(1): 107—119.

[2] 李红玲,张彤,牛彦平等. 中风后单侧空间忽略的发病情况及有关因素[J].中华物理医学与康复杂志,2000,22(6):333—335.
 [3] 母其文.实时交互经颅磁刺激与磁共振成像应用与展望[J].西部医学,2012,24(4):627—629.
 [4] Kim YH,Min SJ,Ko MH,et al. Facilitating visuospatial attention for the contralateral hemifield by repetitive TMS on the posterior parietal cortex[J]. Neuroscience Letters, 2005, 382(1):280—285.
 [5] Boroojerdi B, Prager A, Muellbacher W, et al. Reduction of human visual cortex excitability using 1-Hz transcranial magnetic stimulation[J]. Neurology, 2000, 54(7):1529—1531.
 [6] Oliveri M, Rossini PM, Traversa R, et al. Left frontal transcranial magnetic stimulation reduces contralesional extinction in patients with unilateral right brain damage[J]. Brain, 1999, 122 (Pt 9): 1731—1739.
 [7] 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.
 [8] 何静杰,刘丽旭,公维军,等.低频重复经颅磁刺激治疗半侧空间忽略的临床研究[J].中国康复理论与实践,2011,17(7):640—643.
 [9] Song W, Du B, Xu Q, et al. Low-frequency transcranial magnetic stimulation for visual spatial neglect: a pilot study [J]. J Rehabil Med, 2009, 41(3):162—165.
 [10] Shindo K, Sugiyama K, Huabao L, et al. Long-term effect of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the unaffected posterior parietal cortex in patients with unilateral spatial neglect[J]. Journal of Rehabilitation Medicine, 2006, 38(1): 65—67.

- [11] Chatrian GE, Lettich E, and Nelson PL. Ten percent electrode system for topographic studies of spontaneous and evoked EEG activity. *Am J EEG Technol*, 1985, 25(3):83—92.
- [12] Albert M. A simple test of visual neglect[J]. *Neurology*, 1973, 23(3): 658—664.
- [13] Wilson B, Cockburn J, Halligan P. Development of a behavioural test of visuospatial neglect[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1987, 68(2): 98—102.
- [14] Azouvi P, Olivier S, de Montety G, et al. Behavioural assessment of unilateral neglect: study of the psychometric properties of the Catherine Bergego Scale[J]. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2003, 84(3): 51—57.
- [15] Turton AJ, O'Leary K, Gabb J, et al. A single blinded randomised controlled pilot trial of prism adaptation for improving self-care in stroke patients with neglect[J]. *Neuropsychological Rehabilitation*, 2010, 20(2): 180—196.
- [16] Doricchi F, Tomaiuolo F. The anatomy of neglect without hemianopia: a key role for parietal-frontal disconnection[J]. *Neuroreport*, 2003, 14(17): 2239—2243.
- [17] Kamath HO, Himmelbach M, Rorden C. The subcortical anatomy of human spatial neglect: putamen, caudate nucleus and pulvinar[J]. *Brain*, 2002, 125(Pt 2):350—360.
- [18] Sack AT, Kohler A, Bestmann S, et al. Imaging the brain activity changes underlying impaired visuospatial judgments: simultaneous fMRI, TMS & behavioral studies[J]. *Cereb Cortex*, 2007, 17(12): 2841—2852.
- [19] Driver J, Blankenburg F, Bestmann S, et al. Concurrent brain-stimulation and neuroimaging for studies of cognition [J]. *Trends Cogn Sci*, 2009, 13(7): 319—327.
- [20] Cazzoli D, Muri RM, Hess CW, et al. Treatment of hemispatial neglect by means of rTMS- a review[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2010, 28(4): 499—510.
- [21] Koch G, Oliveri M, Torriero S, et al. Modulation of excitatory and inhibitory circuits for visual awareness in the human right parietal cortex[J]. *Exp Brain Res*, 2005, 160(4): 510—516.
- [22] Gobel SM, Calabria M, Farne A, et al. Parietal rTMS distorts the mental number line: simulating 'spatial' neglect in healthy subjects[J]. *Neuropsychologia*, 2006, 44(6): 860—868.
- [23] Thut G, Nietzel A, Pascual-Leone A. Dorsal posterior parietal rTMS affects voluntary orienting of visuospatial attention[J]. *Cereb Cortex*, 2005, 15(5): 628—638.
- [24] Dambeck N, Sparing R, Meister IG, et al. Interhemispheric imbalance during visuospatial attention investigated by unilateral and bilateral TMS over human parietal cortices[J]. *Brain Res*, 2006, 1072(1):194—199.
- [25] Rushworth MF, Ellison A, Walsh V. Complementary localization and lateralization of orienting and motor attention[J]. *Nat Neurosci*, 2001, 4(6): 656—661.
- [26] Sack AT, Camprodon JA, Pascual-Leone A. The dynamics of interhemispheric compensatory processes in mental imagery[J]. *Science*, 2005, 308(5722): 702—704.
- [27] Koch G, Oliveri M, Cheeran B, et al. Hyperexcitability of parietal-motor functional connections in the intact left-hemisphere of patients with neglect[J]. *Brain*, 2008, 131(Pt 12): 3147—3155.
- [28] Fierro B, Brighina F, Bisiach E. Improving neglect by TMS [J]. *Behav Neurol*, 2006, 17(3—4): 169—176.