

分级运动想象联合常规作业治疗对脑卒中后偏瘫患者上肢运动功能的影响

谷鹏鹏¹ 陈许艳¹ 徐来¹ 陈松芳² 蒋松鹤^{1,3} 屠文展^{1,3}

¹温州医科大学附属第二医院育英儿童医院康复医学中心,温州 325027;²温州医科大学附属第二医院育英儿童医院神经内科,温州 325027;³温州医科大学智能康复中心,温州 325027

通信作者:屠文展,Email:tuwenzhan@163.com

【摘要】目的 观察分级运动想象(GMI)疗法联合常规作业治疗对脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的疗效。**方法** 将符合入选标准的 30 例脑卒中后偏瘫患者按随机数字表法分为对照组 15 例和 GMI 组 15 例。对照组患者给予常规药物、常规物理治疗和常规作业治疗(每日 1 h),GMI 组患者则在对照组常规药物、常规物理治疗方案的基础上,将常规作业治疗由每日 1 h 降为每日 30 min,另增加每日 30 min 的分级运动想象疗法。于治疗前、治疗 4 周后(治疗后)分别采用上肢 Fugl-Meyer 评定量表(FMA-UE)、组块测试(BBT)、上肢和手 Brunnstrom 分期量表对 2 组患者的上肢运动功能恢复情况进行评估,同时采用表面肌电图检测 2 组患者患肘最大等长屈曲、伸展时肱二头肌、肱三头肌积分肌电值,并计算相应的共同收缩率(CR)。**结果** 治疗后,2 组患者的 FMA-UE 评分、上肢 Brunnstrom 分期、手 Brunnstrom 分期、BBT 以及患肘屈曲时肱二头肌 CR 和患肘伸展时肱三头肌 CR 与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P < 0.01$),且 GMI 组治疗后的 FMA-UE 评分、上肢 Brunnstrom 分期、手 Brunnstrom 分期、BBT 以及患肘屈曲时肱二头肌 CR 和患肘伸展时肱三头肌 CR 分别为(40.53±5.48)分、(3.67±0.72)分、(3.00±0.54)分、(4.47±1.13)个、(14.97±4.09)%、(29.42±6.04)%,与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 分级运动想象疗法联合作业治疗可有效地改善脑卒中患者上肢运动功能。

【关键词】 脑卒中; 分级运动想象; 镜像疗法; 运动想象; 上肢运动功能

基金项目:浙江省医药卫生科研项目(2014RCA018)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.02.005

Graded motor imagery for rehabilitating upper extremity motor function after stroke

Gu Pengpeng¹, Chen Xuyan¹, Xu Lai¹, Chen Songfang², Jiang Songhe^{1,3}, Tu Wenzhan^{1,3}

¹Department of Physical Medicine and Rehabilitation, The Second Affiliated Hospital and Yuying Children's Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China; ²Department of Neurology, The Second Affiliated Hospital and Yuying Children's Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China; ³Intelligent Rehabilitation Center, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China

Corresponding author: Tu Wenzhan, Email: tuwenzhan@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the effect of graded motor imagery (GMI) therapy combined with routine occupational therapy on the recovery of upper extremity function after stroke. **Methods** Thirty stroke survivors who met inclusion criteria were randomly assigned to a control group ($n = 15$) or a GMI group ($n = 15$). The control group received routine medication, conventional physical therapy and routine occupational therapy (one hour a day), while the GMI group received 30 minutes of routine occupational therapy and 30 minutes of graded motor imagery therapy every day in addition to conventional medication and physical therapy. Before and after four weeks of treatment, the patients in both groups were evaluated using the Fugl-Meyer Assessment for the Upper Extremities (FMA-UE), the Box and Block Test (BBT) and Brunnstrom arm and hand staging. Surface electromyography of the biceps brachii and triceps brachii was performed as the affected elbow flexed and stretched in maximum isometric contractions, and the co-contraction ratios (CRs) were calculated. **Results** After the treatment, the average FMA-UE score, Brunnstrom arm and hand stage, BBT and CR scores in both groups had improved significantly. The average improvement in the GMI group was significantly greater than in the control group. **Conclusions** Graded motor imagery therapy can significantly promote motor recovery of the upper extremities of hemiplegic patients after a stroke.

【Key words】 Stroke; Graded motor imagery; Mirror therapy; Motor imagery; Upper extremity function

Fund program: The Medical Scientific Research Program of Zhejiang Province (grant 2014RCA018)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.02.005

脑卒中是一种致死率、致残率较高的心脑血管疾病,而运动功能障碍是脑卒中后主要的表现之一,给患者的日常生活带来极大的痛苦^[1]。随着康复医学的发展,运动想象、动作观察和动作模仿已经成为运动功能康复的重要策略。运动想象是个体在精神上排演或模拟某一假定动作的过程,根据运动记忆在大脑中激活某一特定的区域从而达到提高运动功能的目的^[2]。研究证实,运动想象不依赖于患者的残存功能,且与患者的主动运动密切相关^[2]。然而,在单纯运动想象治疗时,治疗师无法判断其指令是否被患者有效地执行。2004 年, Moseley 等^[3]和 Limakatso 等^[4]为了弥补单纯运动想象疗法的不足,在运动想象原则的基础上结合镜像治疗,设计了分级运动想象(graded motor imagery, GMI)疗法,该疗法将运动想象、镜像动作观察以及镜像动作模仿三者结合,循序渐进、分阶段对患者进行康复训练。分级运动想象最初被用于幻肢痛的治疗^[5],本研究将分级运动想象疗法结合常规作业疗法应用于脑卒中后上肢功能障碍患者,取得了较满意的疗效。报道如下。

对象与方法

一、一般资料

纳入标准:①符合第 4 次全国脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[6],并经头颅 CT 或 MRI 等影像学检查证实;②既往无脑血管病病史,病程 2 周~3 个月;③病情相对平稳,无意识障碍,无明显视力缺损;④年龄 40~75 岁;⑤美国国立卫生研究所卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS)评分^[7]>4 分;⑥简易精神状态检查(mini-mental state examination, MMSE)^[8]评分 ≥ 24 分;⑦患者或家属签署知情同意书。

排除标准:①有明显失语、认知功能障碍,有单侧忽略症;②既往有脑器质性疾病或严重精神障碍;③有严重心、肝、肾功能障碍等其他疾患或症状,无法配合相关治疗;④因各种疾病导致上肢关节疼痛、活动受限,如上肢挛缩或畸形、肩关节半脱位等。

经温州医科大学附属第二医院育英儿童医院医学伦理委员会批准,本研究选取 2016 年 6 月至 2017 年 5 月在温州医科大学附属第二医院育英儿童医院康复医学中心和神经内科住院且符合上述标准的脑梗死患者 30 例,按随机数字法分为对照组和 GMI 组,每组患者 15 例,2 组患者的例数、性别、平均年龄、偏瘫侧别、平均病程、MMSE 评分、NIHSS 评分等一般资料经统计学

分析显示,差异均无统计学意义($P>0.05$)(表 1)。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	偏瘫侧(例)	
		男	女		左	右
GMI 组	15	11	4	62.60 \pm 10.07	9	6
对照组	15	12	3	60.73 \pm 8.96	11	4

组别	例数	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$)	平均 MMSE (分, $\bar{x}\pm s$)	平均 NIHSS (分, $\bar{x}\pm s$)
GMI 组	15	22.40 \pm 10.78	26.80 \pm 1.47	17.07 \pm 4.03
对照组	15	22.27 \pm 7.27	26.40 \pm 1.68	17.13 \pm 3.20

二、治疗方法

对照组患者给予常规药物、常规物理治疗和常规作业治疗(每日 1 h), GMI 组患者则在对照组常规药物、常规物理治疗方案的基础上,将常规作业治疗由每日 1 h 降为每日 30 min,另增加每日 30 min 的分级运动想象疗法。

1. 常规药物治疗:包括降压药、抗血小板聚集药、神经细胞活化剂及神经营养药物等。

2. 常规物理治疗:包括床上与床边活动、坐位活动、站立活动、减重步行训练、平行杠内行走、物理因子治疗等。常规物理治疗每日治疗 1 次,每次 45 min,每周治疗 5 d,连续治疗 4 周。

3. 常规作业治疗:包括患侧上肢被动、主动辅助及主动训练;患侧上肢推磨砂板训练;患侧上肢取物及患手抓握与打开训练;借助磨砂板、滚筒、插棍等工具训练关节活动范围、肌力和坐位平衡能力;利用拧螺丝训练手部精细动作。治疗师根据患者功能恢复情况及调整作业活动。对照组常规作业治疗每日治疗 1 次,每次 1 h, GMI 组则常规作业治疗每日 1 次,每次 30 min, 2 组均每周治疗 5 d,连续治疗 4 周。

4. 分级运动想象^[5]:患者取坐位,桌面高度以患者舒适为宜。①第一阶段——左右肢体判断。通过电脑展示图片,请患者判断图片中的肢体是左侧还是右侧,肢体有不同的摆放位置和旋转角度,每次选取不同的 15 张图片,防止患者产生视觉疲劳。②第二阶段——想象患手运动。在患者前方纵向放置一个镜盒(36.5 cm \times 36.5 cm \times 30 cm),健侧上肢和躯干位于镜子前方,患手置于镜子背面,要求患者注视镜子中的上肢和手,镜子反射使患者误以为在镜中看到的是自己患侧上肢。患手保持静止,健手做出运动手势并保持固定手势,想象患手做出相同动作,然后健手放松。健手动作包括食指指物、比划 OK 或手枪、握笔、竖大拇指等,重复 10~20 次。③第三阶段——健手镜像运动。在第二阶段的基础上,要求

患者速度缓慢、柔和地运动健手,而患手保持静止,注视镜子,想象患手在运动。患者完成一次运动后,放松静止,然后再次运动。运动任务包括手握拳伸展、腕关节背伸屈曲、拇指与食指对指运动、抓握皮球、移动木棒、杯子倒水、勺子转移弹珠和黄豆等,重复 10~20 次。④第四阶段——双手镜像运动。在第三阶段的基础上,要求患者尽最大努力速度缓慢、柔和地运动双手,注视镜子,想象患手和镜像健手同时运动,运动任务同第三阶段,重复 10~20 次。分级运动想象步骤和方法详见图 1。

治疗期间,治疗师可根据患者的功能状况,逐渐增加任务的难易程度,若患者产生酸痛、疲劳等其他不适症状,以致无法进行正常的运动训练,须立即终止训练并适当休息。分级运动想象训练每日 1 次,每次 30 min,每周治疗 5 d,连续治疗 4 周。

三、评定指标

于治疗前、治疗 4 周后(治疗后)分别由经专业培训的康复评定师对 2 组患者进行疗效评定,主要评估患侧的上肢功能,具体评定内容如下。

1. 上肢运动功能评定:采用简化 Fugl-Meyer 运动能量表上肢部分(Fugl-Meyer assessment for upper extremity, FMA-UE)^[9]进行评定,该量表评定内容包括有无反射活动、屈肌共同运动、伸肌共同运动、伴有共同运动的活动、分离运动、反射活动检测、腕稳定性、手运动以及手协调性与速度检测等 9 项,共有 33 个项目,满分为 66 分,得分越高表示运动障碍程度越轻。

2. Brunnstrom 分期评定:采用 Brunnstrom 6 阶段量表评定上肢功能分期,该量表根据脑卒中患者运动功能、肌张力变化情况将偏瘫侧上肢功能恢复过程分为 6 个阶段^[10],分期越高表示运动功能恢复越好。为便于数据统计分析,本研究将 Brunnstrom 分期计为相应分值,如 Brunnstrom I 期计为 1 分,以此类推。

3. 手功能评定:采用组块测试(box and block test, BBT)^[11],常用来测试手部总体的灵活性。具体操作

方法为要求患者尽可能快速地将体积 3 cm³ 的方块从盒子内的一端移至另一端,并记录 60 s 内移动的数目,单位为个。

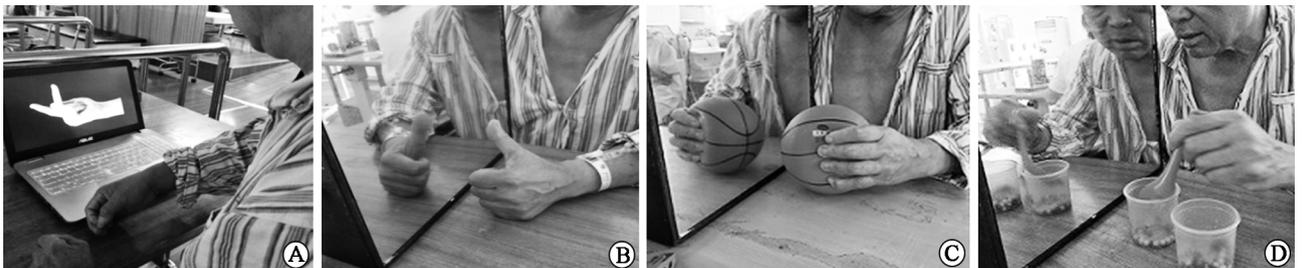
4. 表面肌电图(surface electromyography, sEMG)检查:采用加拿大 Thought Technology 公司生产的 FlexComp Infiniti SA7550 型表面肌电分析系统,先用 70% 酒精棉球擦拭被检测部位,必要时刮除毛发以减小皮肤与电极间的阻抗。电极放置方法及技术参数如下:表面电极为 Ag-AgCl 心电监护电极,将电极置于肱二头肌、肱三头肌肌腹中央部位,参考电极置于肱骨外上髁,两电极中心间距为 20 mm,肌电信号采集频率为 1000 Hz,通道带宽 20~500 Hz,共模抑制比>85 dB,噪声<5 μV。检测时患者取坐位,调整治疗桌和座椅高度,使被测肘关节呈 90°。屈曲位,腕关节保持中立位,使用宽布带将前臂固定于治疗桌上,测试时嘱患者用最大力量屈曲、伸展肘关节,即做最大等长收缩动作(maximum isometric voluntary contraction, MIVC)持续 10 s 共测试 3 次,每次测试结束后休息 5 min,记录患肘执行 MIVC 时肱二头肌、肱三头肌积分肌电值(integrated electromyography, iEMG),并计算共同收缩率(co-contraction ratio, CR)。CR(%)=拮抗肌 iEMG/(主动肌 iEMG+拮抗肌 iEMG)^[12]。

四、统计学分析

采用 SPSS 19.0 版统计学软件进行数据分析。所得计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,计量资料组间比较采用独立样本 *t* 检验;计数资料组间比较采用 χ^2 检验,组内治疗前、后计量资料比较采用配对样本 *t* 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

治疗前,2 组患者 FMA-UE 评分、上肢和手 Brunnstrom 评分、BBT 评定、患肘屈曲时肱二头肌 CR 以及患肘伸展时肱三头肌 CR 组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后,2 组患者上述指标与组



注:A 为左右肢体判断,患者判断图片中的肢体是左侧还是右侧;B 为想象患手运动,健手保持固定手势一段时间,并想象患手做出相同手势;C 为健手镜像运动,患者只运动健侧肢体,并想象患手做相同的运动;D 为双手镜像运动,患者尽量运动双侧运动上肢,并想象患手和镜像健手同时运动

图 1 分级运动想象操作图

内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。治疗后,GMI 组的 FMA-UE 评分、上肢 Brunnstrom 分期、手 Brunnstrom 分期、BBT 以及患肘屈曲时肱二头肌 CR 和患肘伸展时肱三头肌 CR 与对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),具体数据见表 2 和表 3。

表 2 2 组患者治疗前、后 FMA-UE、上肢和手 Brunnstrom 分期比较(分, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FMA-UE 评分	上肢 Brunnstrom 分期	手 Brunnstrom 分期
对照组				
治疗前	15	31.93±3.60	2.67±0.49	2.27±0.46
治疗后	15	34.73±3.56 ^a	3.27±0.59 ^a	2.80±0.56 ^a
GMI 组				
治疗前	15	35.20±5.35	2.53±0.52	2.33±0.62
治疗后	15	40.53±5.48 ^{ab}	3.67±0.72 ^{ab}	3.00±0.54 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

表 3 2 组患者治疗前、后 BBT 评定、患肘屈曲时肱二头肌 CR 和患肘伸展时肱三头肌 CR 比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	BBT(个)	患肘屈曲时肱二头肌 CR (%)	患肘伸展时肱三头肌 CR (%)
对照组				
治疗前	15	2.00±0.54	19.24±4.82	38.06±9.19
治疗后	15	3.33±0.82 ^a	16.29±4.96 ^a	33.65±8.57 ^a
GMI 组				
治疗前	15	2.20±0.68	21.22±6.13	36.14±5.73
治疗后	15	4.47±1.13 ^{ab}	14.97±4.09 ^{ab}	29.42±6.04 ^{ab}

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.01$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

讨 论

本研究结果显示,分级运动想象疗法可提高脑卒中后患者上肢运动水平和抓握能力,促进上肢和手运动功能恢复。既往的研究表明,脑卒中后患者患侧肌肉共同收缩程度增强,运动控制能力下降^[13]。而本研究中,GMI 组患者运用分级运动想象训练后,偏瘫侧上肢肱二头肌和肱三头肌间协调性的改善较对照组更加明显,该结果提示,分级运动想象疗法可促进上肢的分离运动,有利于正常运动模式的建立,防止异常的运动模式,提高上肢的运动控制能力。

运动系统脑功能包括两部分:完成某项任务的有明显肢体运动的运动执行和没有明显肢体运动的仅精神上对运动执行进行排演的运动想象^[14]。运动想象是指通过大脑有意识地模拟、训练某一动作而不伴有明显的身体或肢体活动^[15]。在运动想象疗法中,治疗师的运动指令是否有效地被患者执行,即患者运动想象能力的强化是治疗的关键。在临床实践过程中,运动想象内容难以监测,同时由于想象动作未在现实生活中进行强化和应用等原因,导致单一的运动想象干预难以取得良好的效果^[16]。

分级运动想象疗法是把镜像疗法与运动想象结合起来,在一定程度上弥补了单一运动想象的不足。该疗法最早用于幻肢痛的治疗,取得了较好的临床疗效^[5],近年来逐渐被应用于脑卒中患者的临床康复^[17-18]。镜像疗法是一种基于视觉反馈刺激神经网络的方法,患者观看镜子所反射的镜像运动,健侧肢体与患手形成空间的重叠,产生了镜像错觉作用,类似于虚拟的运动模仿学习,刺激大脑镜像神经元系统,促进肢体功能的恢复^[19-22]。研究表明,单独应用镜像疗法或运动想象均可增强主要运动区、前运动区和辅助运动区的兴奋性,促进感觉运动区皮质的功能重组,从而改善患者的运动功能^[23-24]。

近年来,不同研究者对分级运动想象具体各阶段的大脑皮质激活机制进行了深入的研究分析。Numata 等^[25]发现,单侧运动镜像疗法可激活左右半球的顶内沟前部,他们认为,来自视觉脑区的信息可通过顶内沟前部的诱导激活主要运动区。Matthys 等^[21]发现,单侧运动镜像疗法可激活颞上回和枕上回,前者属于镜像神经系统,是与生物性动作有关的高级视觉皮质,后者属于含有背侧视束的二级视觉皮质,该结果提示,镜像疗法可通过镜像神经系统促进运动功能的恢复。Michielsen 等^[26]的研究发现,脑卒中患者执行双手运动的镜像疗法时,可激活与自我意识和空间注意有关的楔叶和扣带回后部。Deconinck 等^[27]认为,分级运动想象可能由多种神经功能网络共同参与,对运动系统具有强烈的调节作用,从而促进运动功能的恢复。

综上所述,分级运动想象疗法是一种综合、有序、分级的康复治疗方法,可有效地改善脑卒中患者上肢的运动功能,值得临床推广应用。

参 考 文 献

- [1] Jang SH. Motor function-related maladaptive plasticity in stroke: a review [J]. NeuroRehabilitation, 2013, 32 (2): 311-316. DOI: 10.3233/NRE-130849.
- [2] 王强. 运动想象疗法在脑卒中康复中的应用[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(11): 782-784.
- [3] Moseley GL. Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomised controlled trial[J]. Pain, 2004, 108(1-2): 192-198.
- [4] Limakatso K, Corten L, Parker R. The effects of graded motor imagery and its components on phantom limb pain and disability in upper and lower limb amputees: a systematic review protocol [J]. Syst Rev, 2016, 5(1): 145. DOI: 10.1186/s13643-016-0322-5.
- [5] Lagueux E, Charest J, Lefrancois-Caron E, et al. Modified graded motor imagery for complex regional pain syndrome type 1 of the upper extremity in the acute phase: a patient series [J]. Int J Rehabil Res, 2012, 35(2): 138-145. DOI: 10.1097/MRR.0b013e3283527d29.
- [6] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病分类的诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(06): 379-380.

- [7] Marendic M, Bulicic AR, Borovina T, et al. Categorization of Ischemic Stroke Patients Compared with National Institutes of Health Stroke Scale[J]. *Med Arch*, 2016, 70(2): 119-122. DOI: 10.5455/medarh.2016.70.119-122.
- [8] Tombaugh TN, McIntyre NJ. The mini-mental state examination; a comprehensive review[J]. *J Am Geriatr Soc*, 1992, 40(9): 922-935.
- [9] Sullivan KJ, Tilson JK, Cen SY, et al. Fugl-Meyer assessment of sensorimotor function after stroke; standardized training procedure for clinical practice and clinical trials[J]. *Stroke*, 2011, 42(2): 427-432. DOI: 10.1161/STROKEAHA.110.592766.
- [10] Naghdi S, Ansari NN, Mansouri K, et al. A neurophysiological and clinical study of Brunnstrom recovery stages in the upper limb following stroke[J]. *Brain Inj*, 2010, 24(11): 1372-1378. DOI: 10.3109/02699052.2010.506860.
- [11] Mathiowetz V, Volland G, Kashman N, et al. Adult norms for the Box and Block Test of manual dexterity[J]. *Am J Occup Ther*, 1985, 39(6): 386-391. DOI: 10.5014/ajot.39.6.386.
- [12] Hammond MC, Fitts SS, Kraft GH, et al. Co-contraction in the hemiparetic forearm: quantitative EMG evaluation[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1988, 69(5): 348-351.
- [13] Li X, Shin H, Zhou P, et al. Power spectral analysis of surface electromyography (EMG) at matched contraction levels of the first dorsal interosseous muscle in stroke survivors[J]. *Clin Neurophysiol*, 2014, 125(5): 988-994. DOI: 10.1016/j.clinph.2013.09.044.
- [14] Jongsma ML, Meulenbroek RG, Okely J, et al. Effects of hand orientation on motor imagery-event related potentials suggest kinesthetic motor imagery to solve the hand laterality judgment task[J]. *PLoS One*, 2013, 8(9): e76515. DOI: 10.1371/journal.pone.0076515.
- [15] Holper L, Wolf M. Motor imagery in response to fake feedback measured by functional near-infrared spectroscopy[J]. *Neuroimage*, 2010, 50(1): 190-197. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.055.
- [16] Butler AJ, Page SJ. Mental practice with motor imagery: evidence for motor recovery and cortical reorganization after stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2006, 87(12 Suppl 2): S2-11. DOI: 10.1016/j.apmr.2006.08.326.
- [17] Polli A, Moseley LG, Gioia E, et al. Graded motor imagery for patients with stroke; a non-randomised controlled trial of a new approach[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2016. DOI: 10.23736/S1973-9087.16.04215-5.
- [18] Acerra NE, Souvlis T, Moseley GL. Stroke, complex regional pain syndrome and phantom limb pain; can commonalities direct future management[J]. *J Rehabil Med*, 2007, 39(2): 109-114. DOI: 10.2340/16501977-0027.
- [19] Milde C, Rance M, Kirsch P, et al. Do mirror glasses have the same effect on brain activity as a mirror box? Evidence from a functional magnetic resonance imaging study with healthy subjects[J]. *PLoS One*, 2015, 10(5): e0127694. DOI: 10.1371/journal.pone.0127694.
- [20] McCabe CS, Haigh RC, Blake DR. Mirror visual feedback for the treatment of complex regional pain syndrome (type 1)[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2008, 12(2): 103-107. DOI: 10.1007/s11916-008-0020-7.
- [21] Matthys K, Smits M, Van der Geest JN, et al. Mirror-induced visual illusion of hand movements: a functional magnetic resonance imaging study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2009, 90(4): 675-681. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.09.571.
- [22] Nojima I, Mima T, Koganemaru S, et al. Human motor plasticity induced by mirror visual feedback[J]. *J Neurosci*, 2012, 32(4): 1293-1300. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5364-11.2012.
- [23] Bhasin A, Padma Srivastava MV, Kumaran SS, et al. Neural interface of mirror therapy in chronic stroke patients: a functional magnetic resonance imaging study[J]. *Neurol India*, 2012, 60(6): 570-576. DOI: 10.4103/0028-3886.105188.
- [24] Sun L, Yin D, Zhu Y, et al. Cortical reorganization after motor imagery training in chronic stroke patients with severe motor impairment: a longitudinal fMRI study[J]. *Neuroradiology*, 2013, 55(7): 913-925. DOI: 10.1007/s00234-013-1188-z.
- [25] Numata K, Murayama T, Takasugi J, et al. Mirror observation of finger action enhances activity in anterior intraparietal sulcus: a functional magnetic resonance imaging study[J]. *J Jpn Phys Ther Assoc*, 2013, 16(1): 1-6. DOI: 10.1298/jjpta.Vol16_001.
- [26] Michielsen ME, Smits M, Ribbers GM, et al. The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2011, 82(4): 393-398. DOI: 10.1136/jnnp.2009.194134.
- [27] Deconinck FJ, Smorenburg AR, Benham A, et al. Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of mirror visual feedback on the brain[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2015, 29(4): 349-361. DOI: 10.1177/1545968314546134.

(修回日期:2018-12-15)

(本文编辑:阮仕衡)