

·临床研究·

## 动作观察疗法对亚急性期脑卒中患者上肢运动功能的影响\*

王晶<sup>1</sup> 曾明<sup>1</sup> 金敏敏<sup>1</sup> 杨美霞<sup>1</sup> 崔尧<sup>2</sup> 朱美红<sup>1</sup> 施明<sup>1</sup> 李亮<sup>1</sup> 顾旭东<sup>1,3</sup>

### 摘要

**目的:**探讨动作观察疗法对亚急性期脑卒中患者上肢运动功能的影响。

**方法:**将31例脑卒中患者按随机数字表法分为观察组(16例)和对照组(15例)。对照组采用常规康复治疗,观察组在对照组基础上辅以动作观察疗法,每周6次,每次20min,共治疗4周。分别于治疗前、治疗4周后对两组患者采用上肢Fugl-Meyer运动功能评分法(FMA)并使用量角器对肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度进行测量,以评定患者的上肢运动功能;并分别检测治疗前后FMA与肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度之间的相关性。

**结果:**治疗前,两组患者的FMA评分及肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度评定差异无显著性意义( $P > 0.05$ );治疗4周后,两组患者上述指标较治疗前均有所改善( $P < 0.05$ ),且与对照组相比,观察组的FMA评分( $44.81 \pm 8.86$ )、肩关节前屈( $150.88^\circ \pm 21.32^\circ$ )、肘关节伸展( $135.56^\circ \pm 17.22^\circ$ )主动活动度的改善程度显著( $P < 0.05$ );两组患者,除治疗后的对照组FMA评分与肩关节主动前屈活动度、FMA评分与肘关节主动伸展活动度不相关( $P > 0.05$ )外,其余FMA评分均与肩关节主动前屈活动度、肘关节主动伸展活动度及腕主动背伸活动度之间存在正相关性( $P < 0.05$ )。

**结论:**基于镜像神经元理论的动作观察疗法可改善亚急性期脑卒中患者的上肢运动功能,且FMA与肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度存在相关性。

**关键词** 动作观察疗法;镜像神经元系统;脑卒中;上肢运动功能;康复;效度

中图分类号:R743.3, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2015)-09-0888-06

Effects of action observation therapy on motor function of upper extremity in subacute stroke patients/  
WANG Jing, ZENG Ming, JIN Minmin, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2015, 30(9):  
888—893

### Abstract

**Objective:** To explore the effects of action observation therapy on motor function of upper-extremity in subacute stroke patients.

**Method:** Thirty-one stroke survivors were randomly assigned to an observation group (16 patients) or a control group (15 patients). The conventional rehabilitation treatments were applied in both groups. But the observation group received action observation therapy in addition for 4 weeks, 6 times per week, 20 mins per time. Both groups were assessed by Fugl-Meyer assessment (FMA) and the active range of motion of shoulder, elbow and wrist joint pre-treatment and after 4 weeks of treatment. The correlation among FMA and active joint range of motion was tested.

**Result:** The FMA, active motion ranges of shoulder, elbow and wrist after 4 weeks increased significantly compared with pre-treatment in both groups. Compared with control group, the FMA ( $44.81 \pm 8.86$ ), active motion

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.09.005

\*基金项目:国家自然科学基金资助项目(81201504);浙江省自然科学基金资助项目(LY12H17004);浙江省嘉兴市科技计划项目(2014AY21031-9)

1 浙江省嘉兴市第二医院,嘉兴,314000; 2 中国康复研究中心北京博爱医院理疗科; 3 通讯作者

作者简介:王晶,女,博士,主治医师; 收稿日期:2014-08-01

ranges of shoulder joint ( $150.88^{\circ}\pm 21.32^{\circ}$ ), elbow joint ( $135.56^{\circ}\pm 17.22^{\circ}$ ) in observation group improved significantly. The correlations separately between FMA and active joint ranges of shoulder, elbow and wrist were observed in both groups. However, there was no correlation between FMA and the active motion range of shoulder, between FMA and elbow action range after treatment in control group.

**Conclusion:** The action observation therapy could improve the upper extremity motor function in subacute stroke patients, and the active motion ranges of shoulder, elbow and wrist joint were correlated with FMA.

**Author's address** Second Hospital of Jiaying Rehabilitation Medical Center, Jiaying, 314000

**Key word** action observation therapy; mirror neuron system; stroke; upper extremity motor function; rehabilitation; validity

随着社会的老龄化,脑卒中中以高发病率和致残率的特点,成为威胁人们健康最常见的病因之一<sup>[1]</sup>。统计数据显示,在发达国家和发展中国家,脑卒中每年首发病例数约1600万<sup>[2-3]</sup>。同时,大部分脑卒中患者在恢复期均会遗留不同程度的运动功能障碍,其中,上肢功能障碍发病率高且预后差<sup>[4]</sup>。相关研究表明,高达80%的脑卒中患者在急性期存在上肢运动功能障碍,即使经康复治疗,也仅有5%—20%的患者可以不同程度地恢复上肢功能<sup>[6]</sup>。这不仅严重影响患者的生存质量,也给家庭乃至社会带来巨大的精神和经济负担<sup>[7]</sup>。然而,迄今为止,针对脑卒中上肢运动功能障碍的行之有效的康复策略还十分有限,常规的治疗手段主要是依靠治疗师或是康复机器人对偏瘫上肢进行功能训练,促进上肢功能恢复。

镜像神经元系统(mirror neuron system, MNS)的发现给脑卒中上肢运动功能障碍的康复策略带来了新思路。当人类观察他人进行运动及模仿他人的运动时均可以不同程度地激活与自己执行某种运动相同的神经元系统,即MNS。本研究基于镜像神经元理论,采用动作观察疗法促进脑卒中患者的上肢运动功能重建。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取2012年1月—2014年2月,于本院康复医学中心住院治疗的脑卒中患者40例,按随机数字表法将其分为观察组和对照组,各20例,治疗过程中由于连续3次未接受治疗者被排除,且治疗过程中出现病情加重者被排除。最后纳入统计分析共31例,其中,观察组16例,对照组15例,两组患者的性

别、年龄、病程、偏瘫侧等一般资料比较,差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。见表1。本研究经嘉兴市第二医院伦理委员会批准,所有纳入的患者及家属均签署知情同意书。

纳入标准:①符合1995年全国第四届脑血管病学术会议制定的脑卒中诊断标准<sup>[8]</sup>;②单侧肢体偏瘫;③经头颅CT或MRI证实的脑梗死与脑出血首次发病患者;④生命体征稳定;⑤病程2—6个月;⑥年龄40—75岁;⑦简明精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)评分 $\geq 27$ 分,能够执行治疗指令;⑧经Fugl-Meyer上肢运动功能评定(Fugl-Meyer assessment, FMA)为I—II级的上肢运动功能障碍,腕关节背伸 $\geq 20^{\circ}$ ;⑨国际标准视力表检查,双眼视力或矫正视力 $\geq 1.0$ ;⑩能够耐受每天20min的治疗量。

排除标准:①蛛网膜下腔出血、静脉窦血栓形成、短暂性脑缺血发作、进展型卒中或可逆性脑缺血发作者;②病灶位于双侧大脑半球、小脑或脑干者;③存在骨关节疾患及其他影响患者坐或活动偏瘫上肢的疾病(如风湿性关节炎);④合并有心、肺、肝、肾等严重疾病者;⑤有视觉空间障碍者;⑥肩、肘、腕关节被动活动度异常,如:关节继发性挛缩、先天关节畸形者。

### 1.2 治疗方法

两组患者均予以相应的药物治疗,如控制血压、血糖、营养神经等,对照组给予传统的康复治疗,如Bobath法、Brunnstrom法、本体感觉神经肌肉促进法

表1 两组患者一般资料比较 ( $\bar{x}\pm s, n$ )

组别	例数	年龄 (岁)	性别		病程 (d)	偏瘫侧别		脑卒中类型	
			男	女		左	右	脑出血	脑梗死
观察组	16	60.04±9.92	6	10	38.48±19.28	9	7	4	12
对照组	15	57.87±10.67	7	8	41.02±18.99	8	7	3	12

及日常活动能力训练等,观察组在对照组基础上辅以动作观察疗法。动作观察疗法:①做肢体运动训练前,嘱患者坐在距离一台42英寸彩色电视机2m处,将他们的偏瘫侧手臂放于座位前桌面上;②要求患者仔细观看电视中所播放的上肢动作视频,告知患者在看完后进行模仿训练;③本研究所用的动作视频共有30个,内容包括肩关节前屈、肩关节后伸、肩关节外展、肩关节内收、肩关节内旋、肩关节外旋、耸肩、肩胛骨内收、肘关节屈曲、肘关节伸展、腕关节屈曲、腕关节伸展、腕关节尺偏、腕关节桡偏、前臂旋前、前臂旋后、翘大拇指、空手抓握、抓大球、放大球、抓大立方体、放大立方体、抓大圆柱体、放大圆柱体、抓小球、放小球、抓小立方体、放小立方体、抓小圆柱体、放小圆柱体;④所有动作均由同一模特演示后录制,每一动作均从正前方、正内侧方两个不同的角度拍摄;⑤每一动作视频共50s,由正前方(25s)和正内侧方(25s)组成,每个角度共记录完整动作1—3次;⑥按动作难易程度,给每个动作视频编号,1号为最易,30号为最难,共30个动作视频。将难易程度相近的6个动作视频编为1组,如从1—6号为第1组、2—7号为第2组,……到25—30号的第25组,共25组视频。1组为最易,25组为最难,每组视频时长为5min;⑦嘱患者从第1组视频开始观看,让患者用瘫痪侧肢体尽最大努力模仿,若患者能独立完成该组内4个以上动作(含4个),则进入难度较大的下一组;若不能完成,则继续观察并模仿本组视频内的动作;若患者可独立完成第25组动作,则保持训练该组动作。每周治疗6天,每天治疗1次,每次20min,包括看动作视频10min,模仿10min,共持续4周。

### 1.3 评定方法

分别于治疗前和治疗4周后采用FMA,及使用量角器对肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度对脑卒中患者的运动功能进行评定。所有患者的量表评定均由两位受过专业训练的作业治疗师进行评定,对评定的全过程进行录像,之后由另一位经过专业培训的作业治疗师进行评分。关节活动度均由同一位受过专业培训的治疗师进行测量。

**1.3.1 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(上肢运动部分):**评定内容包括肩、肘、腕关节的屈肌、伸肌的协同运动,腕关节稳定性、小关节运动(如手的抓握、手

指侧捏、对指等)协调能力和速度的评价。此量表分为10大项,33小项,各项最高积分为2分,共66分。等级划分标准:Ⅰ级严重运动障碍,积分占总分的50%以下;Ⅱ级明显运动障碍,积分占总分的50%—84%;Ⅲ级中度运动障碍,积分占总分的85%—95%;Ⅳ级轻度运动障碍,积分为总分的96%以上<sup>[9]</sup>。

**1.3.2 肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度的测量:**采用量角器,按统一的标准对肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度进行测量<sup>[10]</sup>。

### 1.4 统计学分析

采用SPSS 17.0版统计学软件进行统计分析,使用Kolmogorov-Smirnov单样本检验显示所有计量资料均符合正态分布,计量数据均以均数±标准差形式表示,组内比较采用配对样本 $t$ 检验,组间比较均采用独立样本 $t$ 检验。用Pearson相关分析方法分别检验两组治疗前后FMA评分与肩关节主动前屈活动度、肘关节主动伸展活动度及腕主动背伸活动度之间的相关性,及总体FMA评分与肩关节主动前屈活动度、肘关节主动伸展活动度及腕主动背伸活动度之间的相关性。计数资料采用 $\chi^2$ 检验。

## 2 结果

治疗前,两组患者的FMA评分及肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度评定值间比较,差异无显著性意义( $P > 0.05$ );治疗4周后,两组患者的FMA评分及肩关节前屈、肘关节伸展和腕背伸主动活动度评定均优于治疗前( $P < 0.05$ ),且观察组FMA评分及主动肩关节前屈、肘关节伸展活动度评定优于对照组( $P < 0.05$ )。见表2。

治疗前,两组患者FMA评分分别与肩关节主动前屈活动度、肘关节主动伸展活动度及腕主动背伸活动度之间存在正相关性( $P < 0.05$ )。治疗4周后,治疗组FMA评分分别与肩关节主动前屈活动度、肘关节主动伸展活动度及腕主动背伸活动度之间存在正相关性( $P < 0.05$ );对照组FMA评分只与腕主动背伸活动度之间存在正相关性( $P < 0.05$ ),与肩关节主动前屈活动度、肘关节主动伸展活动度不相关( $P > 0.05$ )。见表3。

将两组患者的总体FMA评分和与之对应的肩、肘、腕关节主动活动度成正相关。见表4。

表2 两组患者治疗前后各项评定指标比较

( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	FMA(分)	ROM(°)		
			肩关节前屈	肘关节伸展	腕关节背伸
<b>观察组</b>					
治疗前	16	34.81±6.68	132.50±21.71	116.00±17.36	29.31±11.14
治疗4周后	16	44.81±8.86 <sup>①</sup>	150.88±21.32 <sup>①</sup>	135.56±17.22 <sup>①</sup>	36.63±11.09 <sup>①</sup>
改善值	16	10.00±5.44 <sup>②</sup>	18.38±7.53 <sup>②</sup>	19.56±7.22 <sup>②</sup>	7.31±2.33
<b>对照组</b>					
治疗前	15	36.07±5.89	135.67±19.77	122.33±15.85	32.00±12.08
治疗4周后	15	41.53±7.96 <sup>①</sup>	146.67±17.35 <sup>①</sup>	133.07±19.07 <sup>①</sup>	38.40±11.64 <sup>①</sup>
改善值	15	5.47±6.28	11.00±4.87	10.73±5.71	6.40±2.82
t值		2.153	3.215	3.759	0.984
P值		0.04	0.003	0.001	0.333

与本组治疗前相比:①P<0.05;与对照组同时时间点相比:②P<0.05

表3 两组FMA评分治疗前后分别与肩、肘、腕关节主动活动度相关性

组别/项目	例数	r	P
<b>治疗组</b>			
<b>治疗前</b>			
FMA评分与肩关节主动前屈活动度	16	0.920	<0.05
FMA评分与肘关节主动伸展活动度	16	0.945	<0.05
FMA评分与腕主动背伸活动度	16	0.933	<0.05
<b>治疗后</b>			
FMA评分与肩关节主动前屈活动度	16	0.776	<0.05
FMA评分与肘关节主动伸展活动度	16	0.635	<0.05
FMA评分与腕主动背伸活动度	16	0.801	<0.05
<b>对照组</b>			
<b>治疗前</b>			
FMA评分与肩关节主动前屈活动度	15	0.801	<0.05
FMA评分与肘关节主动伸展活动度	15	0.803	<0.05
FMA评分与腕主动背伸活动度	15	0.975	<0.05
<b>治疗后</b>			
FMA评分与肩关节主动前屈活动度	15	0.382	>0.05
FMA评分与肘关节主动伸展活动度	15	0.461	>0.05
FMA评分与腕主动背伸活动度	15	0.613	<0.05

表4 两组总体FMA评分与肩、肘、腕关节主动活动度相关性

项目	例数	r	P
FMA评分与肩关节前屈主动活动度	62	0.762	<0.05
FMA评分与肘关节伸展主动活动度	62	0.743	<0.05
FMA评分与腕背伸主动活动度	62	0.801	<0.05

### 3 讨论

随着医疗水平的提高,脑卒中病死率已显著降低,但是脑卒中患者的致残率依然很高,其中,脑卒中患者上肢运动功能障碍具有发病率高且治疗效果欠佳的特点,一直是国际神经康复领域亟待解决的一大难题。本研究发现将基于镜像神经元理论的动作观察策略与传统的康复治疗相结合,能有效地提高亚急性期脑卒中偏瘫患者的上肢运动功能。

Franceschini等<sup>[12]</sup>发现动作观察疗法可提高慢性脑卒中患者的上肢运动功能,且Ertelt等<sup>[13]</sup>也采用同样的方法治疗8例慢性脑卒中患者4周,并通过任务态MRI(tasking-state fMRI, ts-fMRI)发现,患者双侧腹侧前运动区(premotor cortex, PM)、辅助运动区(supplementary motor area, SMA)、双侧颞上回的激活程度明显增加,且患者的上肢运动功能较治疗前有所改善。Marangon等<sup>[14]</sup>和Liepert等<sup>[15]</sup>分别通过对慢性和急性脑卒中患者进行动作观察疗法的经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation, TMS)研究,发现运动观察疗法能易化偏瘫侧肢体的运动诱发电位,并对脑卒中患者偏瘫侧肢体运动恢复产生积极影响。曾明等<sup>[16]</sup>发现动作观察疗法能改善急性期缺血性脑卒中患者的上肢运动功能及偏瘫侧肢体的体感诱发电位。刘艳等<sup>[17]</sup>也发现基于镜像神经元理论的观察联合应用视觉刺激和康复治疗可提高脑梗死患者偏瘫侧上肢运动功能。本研究仅选取亚急性期脑卒中患者,针对此阶段脑卒中上肢功能障碍患者进行动作观察治疗,发现基于镜像神经元理论的动作观察疗法对亚急性期脑卒中患者的上肢运动功能同样具有促进作用。

本研究采用经典的脑卒中上肢运动功能评定量表——FMA对脑卒中患者的上肢运动功能进行评定。此量表是目前国际上广泛使用的脑卒中运动功能评定量表,该量表的信度与效度均得到证实<sup>[18]</sup>。而在排除被动关节活动度异常后,肩、肘、腕关节的主动活动度则是上肢的运动完成的重要基础<sup>[10]</sup>。本研究发现两组患者,除治疗后的对照组FMA评分与肩关节主动前屈活动度及FMA评分与肘关节主动

伸展活动度未发现相关性之外,其余相关分析显示均存在正相关性,我们考虑对照组FMA评分与肩关节主动前屈活动度及FMA评分与肘关节主动伸展活动度无相关性的主要原因可能是由于样本量不足造成。且在增加了样本量的总体相关分析显示FMA评分分别与肩、肘及腕关节主动活动度存在正相关性。说明肩关节及肘关节主动活动度在一定程度上可以体现脑卒中患者上肢的运动功能,同时也证实肩、肘及腕关节的主动活动度对上肢运动功能评价的意义,且在实际评定操作过程中,关节活动度检测简便易行。

镜像神经元理论被认为是动作观察治疗的理论基础之一。镜像神经元是指一类能在自身做动作时,或在观察其他个体做同样的动作时都能兴奋的神经元<sup>[19]</sup>。研究者首先在恒河猴大脑中发现了镜像神经元<sup>[20]</sup>。Rizzolatti等<sup>[21-23]</sup>通过功能磁共振证实,人类无论是自己执行某种动作,还是观察他人进行同样的活动,都可以激活相同的神经元,并且在有动作意图的时候,这些神经元也同样可以被激活。并且镜像神经元之间存在一定相互联系,人们把这种相互之间存在一定联系的镜像神经元统称为镜像神经元系统<sup>[24]</sup>。现已发现人类主要存在2个镜像神经元系统,其中由Broca区、运动前皮质腹侧、中央前回下部、额下回后部及顶下小叶嘴侧、辅助运动区等构成顶额镜像神经元系统,由脑岛、杏仁核、前额叶皮质等构成边缘镜像神经元系统<sup>[24]</sup>。研究证实,实际执行动作和动作观察均可以激活顶额镜像神经元系统<sup>[25-28]</sup>。其中,人类的运动前皮层、辅助运动区是与运动功能相关的脑功能区。目前镜像神经元系统已证实是动作观察及模仿的重要神经机制。Iacoboni等<sup>[29]</sup>发现,人们先观察他人手指动作,然后再模仿该动作时,能提高镜像神经元分布脑区的兴奋性;Buccino等<sup>[30]</sup>让吉他初学者先看吉他表演者弹吉他时的手部动作后,再模仿这些动作,在整个模仿过程,吉他初学者的顶额镜像神经元系统的兴奋性显著性提高。并有研究证实,脑卒中患者大脑的顶叶和运动前皮质在接受康复治疗后,其兴奋性得到了提高,而且运动前皮质在脑卒中患者运动功能恢复中发挥了重要的作用<sup>[31]</sup>。同时镜像神经元系统自发现以来,还在动作及行为意图的理解、言语、共情、社

会交流等方面发挥作用<sup>[32]</sup>,并也已在康复医学领域中得到初步应用<sup>[33]</sup>。

这些发现都表明,在镜像神经元理论具体应用于脑卒中患者的康复治疗上,观看和模仿动作,能激活人脑中的镜像神经元系统,进而能促进人们获得新的运动技能,对于脑卒中偏瘫患者而言,通过观察即将要训练的动作,激活脑卒中患者大脑中同时能控制这部分训练动作的镜像神经元,增加了这部分镜像神经元兴奋性,从而提高了这部分镜像神经元完成该训练动作的能力,这也就是说可以通过模仿学习的方式来提高偏瘫侧肢体的运动功能。本研究发现动作观察联合传统的上肢康复策略可以有效地提高亚急性期脑卒中上肢运动功能障碍患者的上肢运动功能,也表明动作观察是提高人类运动功能的重要手段之一,我们也推测镜像神经元系统是亚急性期脑卒中患者上肢运动功能得以改善的机制之一。

本研究针对亚急性期脑卒中上肢运动功能障碍患者,将动作观察与传统的上肢康复治疗技术相结合,发现此策略能显著提高亚急性期脑卒中偏瘫患者的上肢运动功能,进一步拓展了动作观察治疗在脑卒中上肢运动功能障碍中应用的范围,同时也为亚急性期脑卒中上肢运动功能障碍的患者提供了一项有效的治疗策略。然而,本研究存在一定的不足之处,首先,样本量有限,需要在下一步实验中进一步证实和补充;其次,本研究评价手段较为单一,未对本方法的机制做相应的检测,需要在下一步研究中予以补充。

## 参考文献

- [1] Hendricks HT, van Limbeek J, Geurts AC, et al. Motor recovery after stroke: a systematic review of the literature[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83(11):1629—1637.
- [2] Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030[J]. PLoS Med, 2006, 3(11):e442.
- [3] Strong K, Mathers C, Bonita R. Preventing stroke: saving lives around the world[J]. Lancet Neurol, 2007, 6(2):182—187.
- [4] Han L, Law-Gibson D, Reding M. Key neurological impairments influence function-related group outcomes after stroke[J]. Stroke, 2002, 33(7):1920—1924.
- [5] Nakayama H, Jørgensen HS, Raaschou HO, et al. Recovery

- of upper extremity function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1994, 75(4): 394—398.
- [6] Kwakkel G, Kollen BJ, van der Grond J, et al. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke[J]. *Stroke*, 2003, 34(9):2181—2186.
- [7] Spieler JF, Lanoë JL, Amarenco P. Costs of stroke care according to handicap levels and stroke subtypes[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2004, 17(2—3):134—142.
- [8] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管病诊断要点[J].*中华神经科杂志*,1996,(20):379—380.
- [9] 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.
- [10] 恽晓平.康复疗法评定学[M].北京:华夏出版社,2005.67—78.
- [11] Jongbloed L. Prediction of function after stroke: a critical review[J]. *Stroke*, 1986, 17(4):765—776.
- [12] Franceschini M, Agosti M, Cantagallo A, et al. Mirror neurons: action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2010, 46(4):517—523.
- [13] Ertelt D, Small S, Solodkin A, et al. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke[J]. *Neuroimage*, 2007, 36(Suppl 2):T164—T173.
- [14] Marangon M, Priftis K, Fedeli M, et al. Lateralization of motor cortex excitability in stroke patients during action observation: a TMS study[J]. *Biomed Res Int*, 2014, (2014): 251041.
- [15] Liepert J, Greiner J, Dettmers C. Motor excitability changes during action observation in stroke patients[J]. *J Rehabil Med*, 2014, 46(5):400—405.
- [16] 曾明,王晶,顾旭东.基于镜像神经元理论的动作观察疗法对缺血性脑卒中患者上肢运动功能及体感诱发电位的影响[J].*中华物理医学与康复杂志*,2013,35(2):107—111.
- [17] 刘艳,毛善平,陈光希,等.镜像神经元理论在脑梗死患者上肢关节运动康复治疗中的应用观察[J].*卒中与神经疾病*,2013,20(3): 146—148.
- [18] 寇程,刘小燮,毕胜.四种上肢功能评定量表用于脑卒中患者的信度研究[J].*中华物理医学与康复杂志*,2013,35(4):269—272.
- [19] Rizzolatti G, Sinigaglia C. The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2010, 11(4):264—274.
- [20] Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions[J]. *Brain Res Cogn Brain Res*, 1996, 3(2):131—141.
- [21] Rizzolatti G, Luppino G, Matelli M. The organization of the cortical motor system: new concepts[J]. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1998, 106(4):283—296.
- [22] Rizzolatti G, Luppino G. The cortical motor system[J]. *Neuron*, 2001, 31(6):889—901.
- [23] Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system[J]. *Annu Rev Neurosci*, 2004, (27):169—192.
- [24] Cattaneo L, Rizzolatti G. The mirror neuron system[J]. *Arch Neurol*, 2009, 66(5):557—560.
- [25] Fadiga L, Craighero L. Electrophysiology of action representation[J]. *J Clin Neurophysiol*, 2004, 21(3):157—169.
- [26] Decety J, Grèzes J. The power of simulation: imagining one's own and other's behavior[J]. *Brain Res*, 2006, 1079(1): 4—14.
- [27] Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, et al. Parietal lobe: from action organization to intention understanding[J]. *Science*, 2005, 308(5722):662—667.
- [28] Stefan K, Cohen LG, Duque J, et al. Formation of a motor memory by action observation[J]. *J Neurosci*, 2005, 25(41):9339—9346.
- [29] Iacoboni M, Woods RP, Brass M, et al. Cortical mechanisms of human imitation[J]. *Science*, 1999, 286(5449): 2526—2528.
- [30] Buccino G, Vogt S, Ritzl A, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: an event-related fMRI study[J]. *Neuron*, 2004, 42(2):323—334.
- [31] Johansen-Berg H, Dawes H, Guy C, et al. Correlation between motor improvements and altered fMRI activity after rehabilitative therapy[J]. *Brain*, 2002, 125(Pt 12):2731—2742.
- [32] 崔尧,丛芳,刘霖.镜像神经元系统的基本理论及其在运动功能康复中的意义[J].*中国康复理论与实践*,2012,18(3):239—243.
- [33] 陈文莉,夏扬,杨玺.手动作观察训练对脑卒中失语症患者言语功能的影响[J].*中国康复医学杂志*,2014,29(2):141—144.