

# 动作观察疗法对恢复期脑梗死患者上肢运动功能及运动诱发电位的影响\*

曾明<sup>1</sup> 沈芳<sup>1</sup> 朱美红<sup>1</sup> 王晶<sup>2</sup> 崔尧<sup>3</sup> 傅建明<sup>1,4</sup>  
顾旭东<sup>1</sup> 姚云海<sup>1</sup> 王春苑<sup>1</sup> 时美芳<sup>1</sup> 孙亚<sup>1</sup>

## 摘要

**目的:**探讨基于镜像神经元理论的动作观察疗法对恢复期脑梗死患者上肢运动功能恢复及运动诱发电位的影响。

**方法:**将53例恢复期脑梗死患者按随机数字表法分为观察组(28例)和对照组(25例)。对照组在常规康复治疗的基础上,观看不同的几何图案及数字符号,然后模仿特定动作;观察组则在常规康复治疗的基础上,采用动作观察疗法,每周6次,每次20min,共治疗8周。分别于治疗前、治疗8周后对2组患者采用上肢Fugl-Meyer运动功能评分法(FMA)、Wolf运动功能测试(WMFT)及改良Barthel指数(MBI)进行测量以评定患者的上肢运动功能及日常生活活动能力。采用诱发电位仪分别刺激患侧大脑皮质M1区、第7颈椎棘突刺激,在拇短展肌记录运动诱发电位(MEP)。**结果:**治疗前2组患者各项评价指标评定差异无显著性意义( $P > 0.05$ );治疗8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( $42.32 \pm 12.56$ )、WMFT评分( $51.57 \pm 11.45$ )、MBI评分( $73.57 \pm 10.17$ ),MEP的潜伏期( $22.69 \pm 2.11$ )ms、波幅( $1.25 \pm 0.38$ )mV、中枢运动传导时间( $10.12 \pm 1.46$ )ms的改善程度较对照组显著( $P < 0.05$ )。

**结论:**基于镜像神经元理论的运动观察疗法可改善恢复期脑梗死后中枢神经运动传导功能,改善上肢运动功能,提高日常生活活动能力。

**关键词** 动作观察疗法;镜像神经元系统;脑梗死;上肢运动功能;运动诱发电位

中图分类号:R741, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2018)-04-0419-05

**Effects of action observation therapy on motor function of upper extremity and motor evoked potential of recovery period cerebral infarction patients/ZENG Ming, SHEN Fang, ZHU Meihong, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33(4): 419—423**

## Abstract

**Objective:** To explore the effects of action observation therapy on motor function of upper-extremity activities and motor evoked potential of recovery period cerebral infarction patients.

**Method:** Fifty-three recovery period cerebral infarction survivors were randomly assigned to observation group (28 patients) or control group (25 patients). The conventional rehabilitation treatments were applied in both groups. In addition, the control group looked at different geometric patterns and digital symbols, and then imitated specific actions, but the observation group received the action observation therapy for 8 weeks, 6 times per week, 20 minutes per day. Both groups were assessed by Fugl-Meyer assessment (FMA), Wolf motor function test (WMFT), Modified Barthel index (MBI), the latency, amplitude and central motor conduction of motor evoked potential (MEP) on affected side before and 8 weeks after treatment.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.04.009

\*基金项目: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,嘉兴学院附属第二医院,浙江省环城北路1518号,314000; 2 北京泰康燕园康复医院; 3 中国康复研究中心,北京博爱医院,首都医科大学康复医学院; 4 通讯作者  
作者简介:曾明,硕士,住院医师; 收稿日期:2017-02-11

**Result:**After 8 weeks treatment, all assessment in both group significantly improved than those before. But all parameters in observation group improved more than those in control group.

**Conclusion:** The action observation therapy can improve the motor conduction function of central nervous system, the motor function of upper extremity, and activities of daily living in recovery period of stroke patients.

**Author's address** The Second Hospital of Jiaxing Rehabilitation Medical Center, Jiaxing, Zhejiang, 314000

**Key word** action observation therapy; mirror neuron system; cerebral infarction; upper extremity motor function; motor evoked potential

上肢运动障碍是脑卒中后最常见的运动功能障碍之一<sup>[1]</sup>。上肢运动功能恢复受到受损大脑的体积、位置和类型的影响<sup>[2]</sup>,同时也受到康复治疗的质量和强度影响。当前康复治疗的主流训练方式强调再学习与日常生活活动能力(activities of daily living, ADL)相关的基本技能,并以密集训练的方式做ADL训练,以促进上肢肢体运动功能的恢复<sup>[3]</sup>。在最近的几年中,一些方法开始用于脑卒中的治疗,以测试他们是否有助于脑卒中患者上肢功能的恢复。这些方法中,动作观察疗法被给予很大的重视<sup>[4-6]</sup>。

动作观察(action observation, AO)是指一个动态状态,观察者在观察一个动作时,大脑的镜像神经元会产生类似于自己做该动作时的兴奋<sup>[7]</sup>,即大脑镜像神经元具有在观察到的某一动作,比如看到别人用手抓握苹果,与自己执行同样动作,自己用手抓握苹果,都产生兴奋,并且两个兴奋具有类似性。利用大脑的这一将观察到的动作与其运动相匹配对应的神经生理学机制,人们将对日常行为的系统观察模仿作为一种新的康复方法——动作观察疗法<sup>[8]</sup>。本研究采用动作观察疗法来探究AO对促进脑梗死恢复期患者的上肢运动功能及日常生活活动能力的影响,并通过运动诱发电位来检测神经传导通路功能的改变。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2014年6月—2016年9月于浙江省嘉兴市第二医院康复医学中心收治的脑卒中患者70例。使用随机数字表法进行受试者分组,每个受试者从一个箱子里抽取一张卡片,里面包含两张卡片标记为1(对照组),2(动作观察组),受试者不看卡片。因此,受试者和治疗师都没有意识到自己的分组,并且所有受试者被随机分配到两组里的其中一组:对照组,动作观察组。每组各35例,治疗过程中按剔

除及脱落标准、中止观察标准进行患者排除。最后纳入统计分析共53例,观察组28例,对照组25例。两组患者的年龄、性别、病程、偏瘫侧别、脑区病损部位的比较差异均无显著性意义( $P > 0.05$ ),见表1。本研究经嘉兴市第二医院伦理委员会批准。

入选标准:①符合中华医学会神经病学分会制定的脑梗死诊断标准<sup>[9]</sup>;②一侧肢体偏瘫;③脑梗死首次发病患者;④病程2—6个月;⑤所有纳入的患者及家属均签署知情同意书;⑥年龄40—75岁;⑦简易精神状态量表(mini-mental state examination, MMSE)评分 $\geq 27$ 分,可配合治疗;⑧Fugl-Meyer上肢运动功能评分 $\geq 20$ 分;⑨国际标准视力表检查,双眼视力或矫正视力 $\geq 1.0$ ;⑩生命体征稳定,能够耐受每天的治疗量。

排除标准:①病灶位于双侧大脑半球、小脑或脑干者;②脑出血、蛛网膜下腔出血、静脉窦血栓形成、短暂性脑缺血发作、进展型脑卒中或可逆性脑缺血发作者;③存在影响患者坐或活动偏瘫上肢的疾病者;④有颅骨缺陷者;⑤体内有金属异物植入者;⑥有癫痫病史;⑦合并有心、肺、肝、肾等严重疾病者。

剔除及脱落标准:①治疗过程中并发其他严重疾病;②患者治疗依从性差,未完成治疗自动终止者。中止观察标准:①出现病情严重加重的应立即中止观察;②患者自行退出研究。

### 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、抗血小板聚集、稳定血脂斑块等,对照组给予常规的康复治疗,如运动疗法、关节松动训练、作业疗法及日常生活能力训练等,动作观察组在此基础上辅以动作观察疗法,6d/周,1次/d,20min/次,包括看动作视频10min,模仿10min,共持续8周。对照组则采取看不同的几何图案及数字符号10min,并从下述的30个动作视频所包含的动作内容,挑选出

表1 两组患者一般资料比较

组别	例数	年龄(岁)	性别(例)		病程(d)	偏瘫侧别(例)		脑区病损部位		
			男	女		左	右	基底核区	丘脑	颞叶
观察组	28	62.04±9.93	11	17	39.49±18.45	16	12	21	6	2
对照组	25	59.76±10.57	11	14	41.12±18.79	12	13	18	5	1

适合其当前训练难度的动作,进行主动训练10min,6d/w,1次/d,20min/次。在观看动作视频、几何图案及数字符号时,治疗师会帮助患者尽可能将注意力集中在动作视频、几何图案及数字符号的观看上。

本研究动作观察疗法<sup>[10]</sup>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、肩关节旋前、肩关节旋后、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。

### 1.3 评定方法

分别于治疗前和治疗8周后采用上肢Fugl-Meyer运动功能评分法<sup>[11]</sup>(Fugl-Meyer assessment, FMA)、Wolf运动功能测试<sup>[12]</sup>(Wolf motor function test, WMFT)及改良Barthel指数<sup>[13]</sup>(Modified barthel index, MBI)对脑梗死恢复期患者的运动能力及日常活动能力进行评定。所有患者的量表评定均有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制,之后由另2位经过专业培训的作业治疗师进行评分,取两个评分结果的平均值。由神经电生理室人员用诱发电位仪(英国Magstim公司生产的RAPID2型经颅磁刺激仪及配套的MEP盒)测量运动诱发电位(motion evoked potential, MEP)的潜伏期以及计算中枢运动传导时间(center-motion conduction time, CMCT)。

### 1.4 统计学分析

采用SPSS17.0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±标准差表示,组内数据治疗前后的比较采用配对样本t检验,组间数据的比较均采用独立样本t检验比较两组的治疗后的改善值。计数资料采用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有显著性意义。

## 2 结果

治疗前,两组患者的各项评价指标间比较差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。

治疗8周后,两组患者的FMA评分、WMFT评分、MBI评分均优于治疗前( $P < 0.05$ ),且观察组FMA评分、WMFT评分、MBI评分优于对照组( $P < 0.05$ )。见表2。

治疗8周后,两组在治疗后患侧皮质MEP潜伏期、MEP波幅、CMCT与治疗前比较差异有显著性意义( $P < 0.05$ );并且,两组在治疗后的MEP潜伏期、MEP波幅、CMCT组间比较有显著性意义( $P < 0.05$ ),见表3。

## 3 讨论

脑卒中患者肢体运动功能障碍存在发病率高且治疗效果差的特点<sup>[14]</sup>。本研究发现基于镜像神经元的运动观察疗法可改善恢复期脑梗死后中枢神经运动传导功能,改善上肢运动功能,提高日常生活活动能力。

在以往的研究中,人们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<sup>[4,6,15]</sup>,Ertelt等<sup>[16]</sup>

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)	WMFT(分)	BI(分)
观察组				
治疗前	28	31.46±10.66	42.93±10.80	58.57±12.24
治疗后	28	42.32±12.56 <sup>①②</sup>	51.57±11.45 <sup>①②</sup>	73.57±10.17 <sup>①②</sup>
对照组				
治疗前	25	29.60±12.29	44.16±10.80	53.20±9.23
治疗后	25	35.08±12.44 <sup>①</sup>	50.36±9.07 <sup>①</sup>	62.20±11.28 <sup>①</sup>

①与本组治疗前相比, $P < 0.05$ ;②与对照组同时间点相比, $P_0 < 0.05$

表3 两组患者治疗前后MEP指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	M1区刺激MEP潜伏期(ms)	M1区刺激MEP波幅(mV)	CMCT(ms)
观察组				
治疗前	28	23.82±2.16	0.61±0.22	11.15±1.68
治疗后	28	22.69±2.11 <sup>①②</sup>	1.25±0.38 <sup>①②</sup>	10.12±1.46 <sup>①②</sup>
对照组				
治疗前	25	23.07±2.62	0.72±0.30	11.40±1.46
治疗后	25	22.71±2.52 <sup>①</sup>	1.03±0.38 <sup>①</sup>	10.51±1.22 <sup>①</sup>

①与本组治疗前相比 $P < 0.05$ ;②与对照组同时间点相比 $P < 0.05$ 。

也采用同样的方法治疗8名慢性脑卒中患者4周,也发现患者的上肢运动功能较治疗前有所改善,且通过任务态MRI发现,患者镜像神经元分布的脑区激活程度明显增加。动作观察疗法甚至对脑卒中患者的下肢功能<sup>[17]</sup>、言语功能<sup>[18-19]</sup>也有作用。Kuk等<sup>[20]</sup>通过对脑卒中行动作观察的脑电图研究,发现动作观察疗法能改变大脑皮质的兴奋模式和提高手的灵活性。Mattia等<sup>[21]</sup>和Liepert等<sup>[22]</sup>分别通过对慢性和急性脑卒中患者进行运动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,并对慢性和急性脑卒中患者偏瘫侧肢体运动恢复产生积极影响。我们以往的研究也发现动作观察疗法能改善脑卒中患者的上肢运动功能、日常生活活动能力<sup>[10,23-25]</sup>及偏瘫侧肢体的体感诱发电位<sup>[24]</sup>。对比以往的研究成果,我们在动作观察疗法对恢复期脑梗死后患者运动诱发电位的影响做了进一步的研究,扩大了动作观察疗法在恢复期脑梗死患者的应用。

目前,越来越多的研究者通过TMS进行MEP检测来对脑卒中患者康复治疗中中枢神经系统可塑性变化进行判断。MEP是指刺激大脑皮质细胞或脊神经根,在靶肌记录到的复合电位<sup>[26]</sup>。MEP检查神经传导通路的运动传导功能,与患者的运动功能紧密相关<sup>[27]</sup>。MEP的潜伏期和波幅可检查运动神经从皮质至肌肉的传递、传导通路的整体同步性和完整性,CMCT主要反映上运动神经元和脊髓前脚运动细胞的功能<sup>[28]</sup>。本研究分别采用脑卒中上肢运动功能评定量表FMA、WMFT、MBI和MEP对脑梗死患者的上肢运动功能及ADL进行评定。FMA、WMFT、MBI等表是目前国际上广泛使用的脑卒中运动功能评定量表,这些量表的信度与效度均得到证实<sup>[29]</sup>。

动作观察疗法的理论基础之一是镜像神经元理论。镜像神经元是指一类能同时在观察他人做某一动作和自身做同样动作时,都能兴奋的神经元<sup>[30]</sup>。这类神经元由于具有该类似镜面发射的特性,而被称之为镜像神经元。镜像神经元已被证实存在于人脑顶额叶和边缘系统区域,其中顶额镜像神经元系统是由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<sup>[31]</sup>。从以上分布我们可以发现大脑M1区,即位于镜像神经元分布的区域,而且已被研究证实<sup>[32]</sup>。Moriuchi等<sup>[33]</sup>发现M1区皮质可在将快速的动作视频,减慢速度回放时候更加兴奋,由此建议在临床进行动作观察疗法时候根据不同的性质,而设定不同动作视频的播放速度。这些发现表明,通过观看和模仿动作的动作观察疗法,可以兴奋和易化人类大脑顶额叶区域中的镜像神经元,由于这部分神经元同时具备执行该动作的能力,这就可提高这部分镜像神经元完成该训练动作的能力,进而达到提高运动能力的效果。由于人类的镜像神经有观察他人做某一动作能兴奋的特性,所以我们让对照组观察不含动作特性的几何图案及数字符号的视频,以期达到不刺激镜像神经的目的。本研究中两组患者治疗前MEP潜伏期和波幅、CMCT均无显著性差异,治疗后两组患者MEP潜伏期和波幅、CMCT较治疗前均有较明显改善,且治疗组的MEP潜伏期和波幅、CMCT改善值均优于对照组。如前所述,我们考虑这是由于动作观察疗法兴奋了镜像神经元分布的大脑皮质M1区<sup>[32]</sup>,动作观察疗法可以提高包括大脑皮质M1区在内的镜像神经元系统的兴奋性,进而促进了上肢运动功能和日常生活活动能力的改善及MEP的变化。其中,MEP潜伏期反应的是神经传导速度的快慢,其主要与髓鞘有关,对于主要造成皮质脊髓束损伤或中断的脑梗死患者而言,主要的表现为波幅的改变;本研究显示的受试者潜伏期的改变,这也许与神经纤维损伤后的华氏变性有关。

本研究也存在一些不足,MEP的波幅除了与中枢传导通路有关之外,还与外周运动神经至肌肉这一部分传导有关;对此我们将在后续的研究中进行外周运动神经至肌肉这一部分传导检测,以明确其对于MEP波幅的影响。同时本研究存在脱落率较高,其原因主要是动作视频的观察与模仿,消耗患者大量注意力的同时还比较枯燥,在整个疗程中存在部分治疗依从性差,未完成治疗而自动终止者。下一步需要扩大动作视频的视频库,增加动作观察疗法对患者的吸引力。

综上,我们认为动作观察疗法可有效提高脑卒中患者上肢运动功能障碍的治疗效果,同时该疗法操作简便、节省人力,可以作为临床康复治疗中的一

个有效补充。

## 参考文献

- [1] Sale P, Lombardi V, Franceschini M. Hand robotics rehabilitation: feasibility and preliminary results of a robotic treatment in patients with hemiparesis[J]. *Stroke Res Treat*, 2012, 2012: 820931.
- [2] Wallace AC, Talelli P, Dileone M, et al. Standardizing the intensity of upper limb treatment in rehabilitation medicine [J]. *Clin Rehabil*, 2010, 24(5): 471—478.
- [3] Franceschini M. Clinical rehabilitation needs the translation from basic neuroscience in daily practice[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2012, 48(1): 87—89.
- [4] 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.
- [5] Franceschini M, Ceravolo MG, Agosti M, et al. Clinical relevance of action observation in upper-limb stroke rehabilitation: a possible role in recovery of functional dexterity. A randomized clinical trial[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2012, 26(5): 456—462.
- [6] Sale P, Franceschini M. Action observation and mirror neuron network: a tool for motor stroke rehabilitation[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2012, 48(2): 313—318.
- [7] Keyserers C, Gazzola V. Social neuroscience: mirror neurons recorded in humans[J]. *Curr Biol*, 2010, 20(8): R353—354.
- [8] Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation[J]. *Cogn Behav Neurol*, 2006, 19(1): 55—63.
- [9] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中诊治指南撰写组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2010[J]. *中国全科医学*, 2011, 14(35): 4013—4017.
- [10] 王晶, 曾明, 金敏敏, 等. 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[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(9): 888—893.
- [11] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The ugi-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2002, 16(3): 232—240.
- [12] Wolf SL, Catlin PA, Ellis M, et al. Assessing Wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke[J]. *Stroke*, 2001, 32(7): 1635—1639.
- [13] Duffy L, Gajree S, Langhorne P, et al. Reliability (inter-rater agreement) of the Barthel Index for assessment of stroke survivors: systematic review and meta-analysis[J]. *Stroke*, 2013, 44(2): 462—468.
- [14] 中华医学会神经病学分会. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014[J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(4): 246—257.
- [15] Kim E, Kim K. Effect of purposeful action observation on upper extremity function in stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(9): 2867—2869.
- [16] 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—173.
- [17] Park HJ, Oh DW, Choi JD, et al. Action observation training of community ambulation for improving walking ability of patients with post-stroke hemiparesis: A randomized controlled pilot trial[J]. *Clin Rehabil*, 2017, 1078—1086.
- [18] Chen W, Ye Q, Ji X, et al. Mirror neuron system based therapy for aphasia rehabilitation[J]. *Front Psychol*, 2015, 6: 1665.
- [19] 陈文莉, 夏扬, 杨玺, 等. 手动观察训练对脑卒中失语症患者语言功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(2): 141—144.
- [20] Kuk E J, Kim J M, Oh D W, et al. Effects of action observation therapy on hand dexterity and EEG-based cortical activation patterns in patients with post-stroke hemiparesis [J]. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 2016, 23(5): 1—8.
- [21] Marangon M, Piftis 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.
- [22] Liepert J, Greiner J, Dettmers C. Motor excitability changes during action observation in stroke patients[J]. *J Rehabil Med*. 2014. 46(5): 400—405.
- [23] 王春苑, 梁群林, 崔尧, 等. 基于镜像神经元理论的动作观察疗法对脑卒中患者上肢运动功能和日常生活活动能力的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2015, 37(1): 29—31.
- [24] 曾明, 王晶, 顾旭东, 等. 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.
- [25] 朱美红, 王晶, 顾旭东, 等. 视觉反馈训练对脑卒中患者日常生活活动能力的影响 [J]. *中华护理杂志*, 2015, 50(5): 577—581.
- [26] 彭源, 张瑾, 苏常春, 等. 经皮穴位电刺激对脑卒中患者上肢功能及运动诱发电位的影响 [J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(6): 547—550, 571.
- [27] Steppan J, Meaders T, Muto M, et al. A metaanalysis of the effectiveness and safety of ozone treatments for herniated lumbar discs[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2010, 21(4): 534—548.
- [28] Fujiki M, Kobayashi H, Abe T, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for protection against delayed neuronal death induced by transient ischemia[J]. *J Neurosurg*, 2003, 99(6): 1063—1069.
- [29] 寇程, 刘小曼, 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.
- [30] 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.
- [31] Cattaneo L, Rizzolatti G. The mirror neuron system[J]. *Arch Neurol*, 2009, 66(5): 557—560.
- [32] Vigneswaran G, Philipp R, Lemon R N, et al. M1 corticospinal mirror neurons and their role in movement suppression during action observation[J]. *Current Biology*, 2012, 23(3): 236.
- [33] Moriuchi T, Matsuda D, Nakamura J, et al. Primary motor cortex activation during action observation of tasks at different video speeds is dependent on movement task and muscle properties[J]. *Front Hum Neurosci*, 2017, 11: 10.