

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.02.009  
文章编号: 1005-8982 (2023) 02-0054-06

临床研究·论著

## 镜像理论指导下的运动联合康复机器人 对脑卒中患者手功能恢复的影响\*

张姗姗<sup>1</sup>, 缪萍<sup>1</sup>, 陈艳<sup>1</sup>, 杨洁<sup>2</sup>, 欧秀君<sup>1</sup>

(广州医科大学附属第二医院 1.康复科, 2.神经内科, 广东 广州 510280)

**摘要:** **目的** 探讨镜像理论指导下的运动联合康复机器人对脑卒中患者手功能恢复的影响。**方法** 选取2020年1月—2022年1月广州医科大学附属第二医院收治的122例脑卒中手功能障碍患者作为研究对象。以随机数字表法分为对照组、研究组, 每组61例。对照组患者给予康复机器人治疗, 研究组患者在对照组患者基础上另给予镜像理论指导下的运动。两组患者持续治疗4周后评价疗效。对比两组患者治疗前后手最大握力、捏力及手指总主动活动情况, 比较两组患者治疗前后腕关节等速肌力及手屈曲、背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值情况, 统计两组患者治疗前后上肢功能及日常生活活动功能变化。**结果** 研究组治疗前后的最大握力、捏力的差值高于对照组( $P < 0.05$ )。研究组手指总主动活动度优良率高于对照组( $P < 0.05$ )。研究组治疗前后的腕关节屈肌肌群手、腕关节伸肌肌群峰值力矩、最大总用功的差值高于对照组( $P < 0.05$ )。研究组治疗前后的手屈曲、手背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值的差值高于对照组( $P < 0.05$ )。研究组治疗前后Fugl-Meyer运动功能量表、Barthel指数的差值高于对照组( $P < 0.05$ )。**结论** 镜像理论指导下的运动结合康复机器人可改善脑卒中患者手功能、手腕部肌力及肌群, 提高其上肢功能及日常生活活动功能。

**关键词:** 脑卒中; 手功能; 镜像运动; 康复机器人; 效果

**中图分类号:** R743.3

**文献标识码:** A

## Efficacy of mirror therapy combined with robotic rehabilitation in hand function recovery after stroke\*

Zhang Shan-shan<sup>1</sup>, Miao Ping<sup>1</sup>, Chen Yan<sup>1</sup>, Yang Jie<sup>2</sup>, Ou Xiu-jun<sup>1</sup>

(1. Department of Rehabilitation, The Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University Guangzhou, Guangzhou, Guangdong 510280, China; 2. Department of Neurology, The Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou, Guangzhou, Guangdong 510280, China)

**Abstract: Objective** To investigate the efficacy of mirror therapy combined with robotic rehabilitation in hand function recovery after stroke. **Methods** A total of 122 patients with hand dysfunction after stroke admitted to our hospital from January 2020 to January 2022 were selected and divided into control group and study group by random number table method, with 61 cases in each group. The control group was treated with rehabilitation robots, and the study group was additionally given mirror therapy. The therapeutic efficacy in the two groups was evaluated after 4 weeks of continuous treatment. The maximum hand grip strength, pinch strength and total active motion (TAM) were compared between the two groups before and after the treatment. The isokinetic muscle strength of wrist flexor and extensor muscles, and integrated electromyogram of hand muscles at flexion and dorsiflexion

收稿日期: 2022-06-17

\* 基金项目: 广东省自然科学基金(No:2019A1515011106); 广东省自然科学基金[No: 粤科规财字(2017)105号]; 广州医科大学附属第二医院新技术、新业务临床研究项目(No:2020-LCYJ-XJS-04)

[通信作者] 缪萍, E-mail: mponline@163.com; Tel: 13751764905

movements were compared between the two groups before and after treatment. The changes of upper limb function and activities of daily living before and after treatment were analyzed in the two groups. **Results** The differences of maximum grip strength and pinch strength before and after the treatment in the study group were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). The excellent and good rate of TAM in the study group was higher than that in the control group ( $P < 0.05$ ). The differences of peak torque (PT) and total work (TW) of wrist flexor muscles as well as hand and wrist extensor muscles before and after treatment in the study group were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). The differences of the integrated electromyogram of flexor digitorum superficialis and extensor digitorum communis at flexion and dorsiflexion movements before and after the treatment in the study group were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). The differences of Fugl-Meyer Assessment (FMA) and Barthel Index (BI) before and after treatment in the study group were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). **Conclusions** Mirror therapy combined with robotic rehabilitation can improve the hand function, wrist muscle strength and muscle group function, upper limb function and activities of daily living of stroke patients.

**Keywords:** stroke; hand function; mirror therapy; rehabilitation robot; efficacy

脑卒中患者可出现上肢运动功能障碍,其中手功能障碍占90%左右<sup>[1]</sup>。85%左右脑卒中患者在发病初期即出现不同程度的上肢功能障碍,且30%~65%患者在发病6个月后仍持续存在不同程度运动缺失,>80%脑卒中患者可出现手部运动功能缺失,而<30%患者手功能完全恢复<sup>[2-3]</sup>。目前临床针对脑卒中后手功能障碍多患者给予功能性电刺激、重复经颅磁刺激等功能康复锻炼,虽对改善患者的手功能障碍有一定效果,但起效慢、疗效有限,患者遗留肢体功能障碍等仍是目前医学面临的难题<sup>[4-5]</sup>。

近期国内外研究均已证实康复机器人用于脑卒中患者肢体功能障碍的治疗中,可提供长期、可重复、高标准化的肢体功能训练,已取得满意疗效<sup>[6-7]</sup>。镜像理论指导下的运动是基于镜像神经元理论的促进脑卒中后上肢功能改善的治疗方法,又称镜像视觉反馈疗法,最早应用于幻肢痛的患者,目前已逐渐推广应用到脑卒中运动功能障碍患者的康复训练中,主要通过镜像作用,根据健康肢体活动的情况,控制患肢进行相同的运动<sup>[8-9]</sup>。基于以上研究,笔者推测镜像理论指导下的运动联合康复机器人功能训练治疗脑卒中后手功能障碍患者的疗效可能更显著,现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

选取2020年1月—2022年1月广州医科大学附属第二医院收治的脑卒中手功能障碍患者122例作为研究对象。以随机数字表法分为对照组和研究组,每组61例。纳入标准:①符合《中国脑血管疾病分类2015》<sup>[10]</sup>中脑梗死/脑出血诊断标准;②首次发病、生命体征稳定且病程<6个月;③意识清醒、认知及沟通正常;④能配合完成指令;⑤年龄>18岁;⑥对本研究知情同意。排除标准:①患病前存在手等肢体功能障碍;②前庭或小脑功能障碍、视觉功能障碍;③伴有意识障碍、严重失语症;④重要脏器功能障碍及上肢存在严重疼痛、麻木等感觉障碍;⑤医患交流障碍、认知功能障碍;⑥合并血栓症、恶性肿瘤及体内含有金属物质、头部外伤史、抽搐史;⑦伴有严重原发性疾病;⑧伴周围活动神经系统障碍、严重骨质疏松症、关节畸形、类风湿性关节炎、严重身体畸形及截肢等影响肢体功能锻炼;⑨头颅解剖结构异常者、依从性差。两组患者性别、年龄、病程、偏瘫侧、脑卒中类型和Brunnstrom手功能分期比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表1。

表1 两组患者临床资料比较 (n=61)

组别	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$ )	病程/(周, $\bar{x} \pm s$ )	偏瘫侧/例		脑卒中类型/例		Brunnstrom手功能分期/例	
				左侧	右侧	脑出血	脑梗死	II期	III期
对照组	41/20	58.84 ± 6.22	38.23 ± 7.05	36	25	19	42	20	41
研究组	35/26	57.13 ± 6.11	40.02 ± 6.12	32	29	22	39	24	37
t/χ <sup>2</sup> 值	1.256	1.532	1.498	0.532		0.331		0.569	
P值	0.262	0.128	0.137	0.466		0.565		0.451	

## 1.2 方法

患者均给予常规治疗措施,包括对症治疗及注意力训练、上下肢功能训练、空间感知训练等常规康复干预。

对照组在常规治疗措施上给予康复机器人治疗:采用智能化康复机器人(Armeow Power型,瑞士Hocoma公司)进行治疗,患者面对显示屏坐于治疗椅上并固定躯干,上肢与本系统连接,调节手臂处负重调节器、支撑台高度及手臂架平移距离,对初次训练患者进行肩关节功能、肘关节功能、手腕部功能评定,根据评定结果进行功能训练、娱乐游戏、日常生活模式训练等(包含肩关节、肘关节、前臂关节、腕关节、手抓握等功能训练),最初可在康复医师辅助下开展助力训练,逐步过渡到独立完成训练,智能化康复机器人机械手臂末端为圆柱状压力传感器手柄,便于患者练习手掌抓握功能,游戏选择也可从一维逐渐过渡到三维。训练30 min/次,1次/d,5 d/周。

研究组在对照组基础上给予镜像理论指导下的运动。独立、安静的房间内有一面大镜子,患者坐于桌前椅子上,两只脚分离同肩宽,髋关节、膝关节、踝关节均屈曲约90°,将镜子垂直立于桌子上,平行于身体的中线,面向健侧上肢,健侧手进行手指弯曲、伸展、抓握、抬举、放置、叠毛巾、擦桌子、挤压海绵、打字等动作,并进行勾、捏等训练,同时康复医师指导患者仔细观察镜子中健侧手的动作,想象患侧手在进行同样的动作,且患肢尽量完成健侧同样动作。每个动作重复10次为1组,每组完成后休息5 min,所有动作完成3组,训练1次/d,5 d/周。两组均持续治疗4周后评估疗效。

## 1.3 观察指标

**1.3.1 手握力、捏力** 两组患者治疗前后分别采用握力测评仪(AA105型,美国JTECH公司)、捏力测评仪(AA106型,美国JTECH公司)测定患手最大握力、拇食侧最大捏力,每个项目测定5次,取平均值。

**1.3.2 手指总主动活动情况** 两组患者治疗后采用手指总主动活动度(total active motion, TAM)<sup>[11]</sup>评估其手指活动情况, TAM=(远指、近指、掌指关节的主动屈曲活动度)-(远指、近指、掌指关节的主动伸直时的欠伸度),优:屈伸活动正常,功能>90%健侧, TAM > 220°;良:功能>75%~90%健侧, TAM >

200°~220°;可:功能>50%~75%健侧, TAM > 180°~200°;差:功能≤50%健侧, TAM ≤ 180°。

**1.3.3 腕关节等速肌力** 两组患者治疗后采用等速肌力测试系统(IsoMed2000型,德国D.&R. Ferstl GmbH公司)测定腕关节等速肌力情况,设置为腕关节屈伸肌群等速向心肌力测试模式,检测预设速度设置为30°/s,患者腕关节以极量行屈伸运动,重复测量5次,取平均值,记录患侧手腕部屈伸肌群峰值力矩(peak torque, PT)、最大总用功(total work, TW)。

**1.3.4 手屈曲、背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值情况** 两组患者治疗前后采用肌电图仪(ME6000型,芬兰Mega公司)测定患手屈伸肌群表面肌电,患者坐位,肘关节屈曲90°,将电极置于双侧上肢前臂指浅肌(前臂掌面近桡侧、肘横纹、腕横纹间中点位置)、伸指肌(前臂背面近桡侧、前臂中下1/3交点处)位置,电极间隔2 cm,患者采取前臂中立位,手心内侧,腕关节中立位,嘱患者用最大力做握拳-放松(屈曲)、背伸-放松(背伸)动作,每个动作保持8 s,重复5次,记录患者曲指浅肌、伸指肌的表面肌电图信号,用MegaWin 3.0软件分析得到屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值。

**1.3.5 上肢功能及日常生活活动功能** 两组患者治疗前后参照上肢Fugl-Meyer运动功能量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)<sup>[12]</sup>评价其上肢运动能力,33个条目包含10个维度,共66分,分值越高提示上肢运动能力越佳;采用Barthel指数(barthel index, BI)<sup>[13]</sup>评定量表评定日常生活活动能力,BI量表总分100分,分数越高表明患者生活自理能力越强。

## 1.4 统计学方法

数据分析采用SPSS 18.0统计软件。计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较用 $t$ 检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者治疗前后的最大握力、捏力比较

两组患者治疗前后的最大握力、捏力的差值比较,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),研究组高于对照组。见表2。

表2 两组患者治疗前后的最大握力、握力的差值比较

(n=61, N,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	最大握力	最大握力
对照组	40.69 ± 5.14	10.98 ± 1.43
研究组	43.71 ± 6.25	12.01 ± 1.61
t值	2.915	3.736
P值	0.004	0.000

## 2.2 两组患者TAM优良率比较

两组患者TAM优良率比较,差异有统计学意义( $\chi^2=4.236, P=0.040$ ),研究组高于对照组。见表3。

表3 两组患者TAM优良率比较 [n=61, 例(%)]

组别	优	良	可	差	优良率
对照组	10(16.39)	30(49.18)	17(27.87)	4(6.57)	40(65.57)
研究组	17(27.87)	33(54.10)	10(16.39)	1(1.64)	50(81.97)

## 2.3 两组患者治疗前后的腕关节屈肌肌群、腕关节伸肌肌群PT、TW比较

两组患者治疗前后的腕关节屈肌肌群、腕关节伸肌肌群PT、TW的差值比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),研究组高于对照组。见表4。

表4 两组患者治疗前后的腕关节屈肌肌群、腕关节伸肌肌群PT、TW的差值比较 (n=61,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	腕关节屈肌肌群		腕关节伸肌肌群	
	PT/(N·m)	TW/J	PT/(N·m)	TW/J
对照组	6.11 ± 0.97	5.01 ± 0.73	5.05 ± 0.86	5.27 ± 0.71
研究组	7.83 ± 1.05	5.69 ± 0.82	6.12 ± 0.94	6.03 ± 0.86
t值	9.398	4.838	6.559	5.323
P值	0.000	0.000	0.000	0.000

## 2.4 两组患者治疗前后的手屈曲、手背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值比较

两组患者治疗前后的手屈曲、手背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值的差值比较,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),研究组高于对照组。见表5。

## 2.5 两组患者治疗前后的FMA、BI比较

两组患者治疗前后FMA、BI的差值比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),研究组高于对照组。见表6。

表5 两组患者治疗前后的手屈曲、手背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值的差值比较 (n=61,  $\mu V, \bar{x} \pm s$ )

组别	手屈曲		手背伸	
	屈指浅肌	伸指肌	屈指浅肌	伸指肌
对照组	12.59 ± 2.03	20.67 ± 3.49	7.14 ± 1.03	16.54 ± 2.82
研究组	14.51 ± 2.16	28.08 ± 3.62	9.02 ± 1.24	22.61 ± 3.05
t值	5.059	11.509	9.109	11.413
P值	0.000	0.000	0.000	0.000

表6 两组患者治疗前后FMA、BI的差值比较

(n=61, 分,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	FMA	BI
对照组	23.54 ± 3.27	41.52 ± 3.96
研究组	26.81 ± 3.40	44.97 ± 4.28
t值	5.414	4.621
P值	0.000	0.000

## 3 讨论

脑卒中患者发病后两侧大脑半球经胼胝体的相互制约平衡被打破,由于神经功能损伤产生以运动障碍为主的各种功能障碍,发生不同程度的肢体功能残障,临床出现异常的肢体张力、姿势、协调、与那动模式及功能行为<sup>[14]</sup>。脑卒中患者肢体功能异常中手功能障碍尤为突出,手部神经支配较为复杂,承担多种精细活动,脑卒中患者手功能康复难度大、进展慢,合理、高效地制订脑卒中患者预后方案以促进其手功能恢复成为临床研究的热点。康复机器人通过患手被动进行单个或多个指间关节复合训练,并实时伴有视觉、听觉反馈,还可提高脑卒中患者训练积极性与参与感,脑卒中患者可取得了不错的康复训练效果<sup>[15]</sup>。自大脑镜像神经元发现以来,为脑卒中患者双侧大脑皮层功能关联、皮质重组提供了可能性,在脑卒中患者肢体功能康复中取得了满意效果<sup>[16]</sup>。但目前尚缺乏镜像理论指导下的运动结合康复机器人对脑卒中后手功能恢复的研究报道。

本研究显示,研究组治疗前后的最大握力、握力差值高于对照组,提示镜像理论指导下的运动结合康复机器人可改善脑卒中后手部最大握力、握力。研究组TAM优良率高于对照组,说明镜像理论指导下的运动结合康复机器人可改善脑卒中患者

手指总主动活动度。镜像理论指导下的康复运动利用“视觉幻想”向大脑发出反馈,激活支配脑卒中患者患侧肢体的运动神经元,提升神经突触的可塑性。镜像理论指导下的康复运动的基础为镜像神经元,镜像神经元在人体前额叶皮质、前运动皮质、辅助运动皮质、额下回后部、脑岛等大脑部位中广泛存在<sup>[8]</sup>。柯秀君等<sup>[17]</sup>研究指出,镜像运动治疗可明显增强人体初级运动区、辅助运动区、上顶叶等大脑皮质区域活动功能。研究组脑卒中患者进行镜像理论指导下的康复运动时,康复医师指导患者患肢完成与健侧抓握、抬举、放置、叠毛巾、擦桌子等相同的动作训练,同时利用镜面提供的视觉幻想反馈,刺激大脑皮质上肢功能相关区域,促使皮质脊髓束传导,进而激活支配脑卒中患者手功能的镜像神经元,促进脑功能重组,康复机器人的外周干预作用进一步加强了肢体的本体感觉输入,两者共同作用,使脑卒中患者感觉-运动反馈环路加强,促进手功能改善,增强握力、捏力、手指总主动活动度。

本研究显示研究组治疗前后的腕关节屈肌肌群、腕关节伸肌肌群的PT、TW差值均高于对照组,研究组治疗前后的手屈曲、背伸动作下屈指浅肌、伸指肌的积分肌电值差值均高于对照组,说明镜像理论指导下的运动结合康复机器人可改善脑卒中后手腕部肌力、肌群,与研究组手部最大握力、捏力、TAM优良率改善相互印证。脑卒中患者出现肢体功能障碍的主要因素之一为大脑半球间交互抑制失衡,KIM等<sup>[18]</sup>研究指出脑卒中患者开展一侧肢体主动运动时,可易化对侧大脑半球M1区的兴奋性,增强同侧半球皮质脊髓束传导通路的兴奋性,进而增强脑卒中患者双侧肢体运动功能。笔者认为当脑卒中患者健侧进行手功能镜像运动锻炼时,激活相关神经元,镜面运动减弱因大脑半球失衡对患侧M1区的功能抑制,提高患侧皮质脊髓束的兴奋性,促进半球间神经网络平衡再建立,进而促进手腕部肌力、肌群功能恢复。研究组治疗前后的FMA、BI差值均高于对照组,提示镜像理论指导下的运动结合康复机器人可改善脑卒中患者上肢功能及日常生活活动功能,笔者认为镜面所反射的健侧手部运动通过视觉输入反馈至大脑皮层,可提升脑卒中患者患侧手部本体感觉及存在意识,逐渐在

大脑内整合成正确的感知-运动幻想,促使脑卒中患者患侧手部在运动过程中产生正确运动行为模式,增强其运动功能,进而提高日常生活活动功能。

综上所述,镜像理论指导下的运动结合康复机器人可改善脑卒中患者手功能、手腕部肌力及肌群,提高其上肢功能及日常生活活动功能。受时间、精力、人员等情况限制,本研究样本量有限,为单中心研究,未进一步随访远期疗效,后期仍需扩大样本量、延长随访时间进一步佐证本研究结论。

#### 参 考 文 献 :

- [1] TAY J, MORRIS R G, MARKUS H S. Apathy after stroke: diagnosis, mechanisms, consequences, and treatment[J]. *Int J Stroke*, 2021, 16(5): 510-518.
- [2] FAROOQ A, VENKETASUBRAMANIAN N, WASAY M. Stroke care in Pakistan[J]. *Cerebrovasc Dis Extra*, 2021, 11(3): 118-121.
- [3] VENKETASUBRAMANIAN N, KHINE Y M, OHNMAR O, et al. Burden of stroke in Myanmar[J]. *Cerebrovasc Dis Extra*, 2021, 11(2): 49-51.
- [4] YARIA J, GIL A, MAKANJUOLA A, et al. Quality of stroke guidelines in low- and middle-income countries: a systematic review[J]. *Bull World Health Organ*, 2021, 99(9): 640-652E.
- [5] EDWARDS J D, BLACK S E, BOE S, et al. Canadian platform for trials in noninvasive brain stimulation (CanStim) consensus recommendations for repetitive transcranial magnetic stimulation in upper extremity motor stroke rehabilitation trials[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2021, 35(2): 103-116.
- [6] 杨婷,陈慧袖,高政,等. 经颅直流电刺激联合上肢机器人训练对脑卒中后偏瘫上肢运动功能影响的磁共振弥散张量成像研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43(9): 781-786.
- [7] CALABRÒ R S, SORRENTINO G, CASSIO A, et al. Robotic-assisted gait rehabilitation following stroke: a systematic review of current guidelines and practical clinical recommendations[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(3): 460-471.
- [8] ZHANG X, ZHANG Y, LIU Y, et al. Effectiveness of mirror therapy on upper limb function, activities of daily living, and depression in post-stroke depression patients[J]. *Turk J Phys Med Rehabil*, 2021, 67(3): 365-369.
- [9] MADHOUN H Y, TAN B T, FENG Y L, et al. Task-based mirror therapy enhances the upper limb motor function in subacute stroke patients: a randomized control trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020, 56(3): 265-271.
- [10] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑血管疾病分类2015[J]. *中华神经科杂志*, 2017, 50(3): 168-171.
- [11] 张至武,毕本军,季远,等. 改良动力性外固定牵引支架治疗中节指骨基底关节内骨折[J]. *中华手外科杂志*, 2019, 35(5): 334-336.

- [12] KIM T L, HWANG S H, LEE W J, et al. The Korean version of the Fugl-Meyer assessment: reliability and validity evaluation[J]. *Ann Rehabil Med*, 2021, 45(2): 83-98.
- [13] REIS N F D, BISCARO R R M, FIGUEIREDO F C X S, et al. Early rehabilitation index: translation and cross-cultural adaptation to Brazilian Portuguese; and early rehabilitation Barthel index: validation for use in the intensive care unit[J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2021, 33(3): 353-361.
- [14] OWOLABI M O, THRIFT A G, MAHAL A, et al. Primary stroke prevention worldwide: translating evidence into action[J]. *Lancet Public Health*, 2022, 7(1): e74-e85.
- [15] KAYABINAR B, ALEMDAROĞLU-GÜRBÜZ İ, YILMAZ Ö. The effects of virtual reality augmented robot-assisted gait training on dual-task performance and functional measures in chronic stroke: a randomized controlled single-blind trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(2): 227-237.
- [16] 凌晴, 胡世红, 王田尧, 等. 镜像疗法促进脑卒中上肢功能恢复和皮质脊髓束重塑的弥散张量成像研究[J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27(1): 31-36.
- [17] 柯秀君, 潘巍一, 葛俊胜, 等. 镜像疗法对脑卒中后早期偏瘫患者上肢功能的促进及大脑皮质运动区 $\mu$ 波抑制的影响[J]. *中国医学工程*, 2020, 28(6): 16-19.
- [18] KIM J C, LEE H M. EEG-based evidence of mirror neuron activity from app-mediated stroke patient observation[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2021, 57(9): 979.

(李科 编辑)

**本文引用格式:** 张姗姗, 缪萍, 陈艳, 等. 镜像理论指导下的运动联合康复机器人对脑卒中患者手功能恢复的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(02): 54-59.

**Cite this article as:** ZHANG S S, MIAO P, CHEN Y, et al. Efficacy of mirror therapy combined with robotic rehabilitation in hand function recovery after stroke[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2023, 33(02): 54-59.