

·临床论著·

# 上肢康复机器人联合上肢康复训练 对脑卒中恢复期偏瘫患者的影响

李宇洪<sup>1,2</sup>, 黄国志<sup>1,3</sup>, 路鹏程<sup>1</sup>, 何龙龙<sup>1</sup>, 黄文浩<sup>4</sup>, 黄楚红<sup>5</sup>, 曾庆<sup>1\*</sup>

1 南方医科大学珠江医院, 广东 广州 510280;

2 柳州市工人医院, 广西 柳州 545027;

3 南方医科大学康复医学院, 广东 广州 528305;

4 中山大学附属第三医院, 广东 广州 510630;

5 汕头市中心医院, 广东 汕头 515041

\*通信作者: 曾庆, E-mail: zengqingyang203@126.com

收稿日期: 2021-08-12; 接受日期: 2021-12-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(82002380, 81874032, 81801119)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2022.02004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**摘要** **目的:**观察上肢康复机器人联合上肢康复训练对脑卒中恢复期偏瘫患者上肢运动功能的影响。**方法:**选择2018年10月—2020年1月在南方医科大学珠江医院治疗的脑卒中恢复期偏瘫患者40例,采用信封法随机分为对照组和观察组,每组20例。2组均给予基础药物治疗及常规康复治疗(包括良肢位摆放、关节主动和被动活动、坐位及站立平衡训练、步行功能训练、辅具使用、言语及吞咽治疗、常规物理治疗等)。对照组在常规药物和康复治疗基础上接受上肢康复训练,60 min/次,1次/d,7 d/周,共治疗2周。观察组在对照组基础上接受上肢机器人训练,其中上肢康复训练30 min/次,上肢康复机器人训练30 min/次,1次/d,7 d/周,共治疗2周。分别于治疗前后采用Fugl-Meyer评定量表(上肢部分)(FMA-UL)评定上肢运动功能,包括FMA肩肘部评分(FMA-SE)及FMA腕手部评分(FMA-WH);采用Barthel指数(BI)评估日常生活活动能力;采用表面肌电图仪测量受试者患侧上肢肱二头肌、肱三头肌、三角肌前束和三角肌中束最大等长收缩时的均方根值(RMS)和积分肌电值(iEMG),评估上肢肌肉激活和运动募集同步化情况。**结果:**共38例脑卒中后偏瘫恢复期患者完成全程治疗。与治疗前比较,2组治疗后FMA-UL评分,FMA-SE评分,FMA-WH评分,BI评分,肱二头肌、肱三头肌、三角肌前束和中束RMS值、iEMG值均明显提高,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。与对照组比较,观察组FMA-UL评分、FMA-SE评分、BI评分、肱三头肌RMS值、三角肌中束RMS值和iEMG值均明显更高,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论:**上肢康复机器人训练联合上肢康复训练可改善脑卒中恢复期偏瘫患者上肢运动功能、偏瘫上肢肌肉激活和运动单位募集同步化,提高患者日常生活活动能力,值得临床推广。

**关键词** 脑卒中;偏瘫;上肢康复机器人;运动功能;表面肌电图

脑卒中是我国成年人残疾和死亡的首要因素,具有发病率、复发率、致残率和病死率均高的特点<sup>[1-2]</sup>。目前我国脑卒中患者在劳动力人群中占比较大,且发病年龄趋向年轻化。随着医疗技术的发展,脑卒中患者经治疗后病死率明显下降,但约70%患者仍残留不同程度运动功能障碍<sup>[2]</sup>,其中以

上肢功能障碍最为常见,只有1/3患者可自行慢慢恢复部分上肢功能<sup>[3]</sup>。上肢功能障碍直接严重影响患者生存质量,改善上肢运动功能是康复的核心要素<sup>[4]</sup>。目前针对偏瘫患者上肢功能训练以治疗师“一对一”指导康复训练为主,常规康复训练可在一定程度上改善脑卒中患者上肢运动功能,但其康复

引用格式:李宇洪,黄国志,路鹏程,等.上肢康复机器人联合上肢康复训练对脑卒中恢复期偏瘫患者的影响[J].康复学报,2022,32(2):111-116.

LI Y Q, HUANG G Z, LU P C, et al. Effect of rehabilitation robot combined with upper limb rehabilitation training on hemiplegic patients in recovery stage of stroke [J]. Rehabilitation Medicine, 2022, 32(2): 111-116.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2022.02004

效果与治疗师水平和患者康复训练依从性密切相关。常规康复训练往往存在训练强度难以维持、过程乏味、不能即时反馈训练效果和缺乏客观的评估数据等缺点<sup>[5]</sup>。研究发现,上肢康复机器人具有无疲劳、量化、个体化等优点,将其应用于偏瘫侧上肢康复训练,可以提高训练效率及增加治疗过程中的趣味性<sup>[6]</sup>,减少临床治疗师的工作负担,增加运动训练强度,有效弥补常规上肢康复训练的缺点<sup>[7]</sup>。本研究采用上肢康复机器人联合常规上肢康复训练治疗脑卒中恢复期偏瘫患者,取得良好疗效,现报道如下。

## 1 临床资料

### 1.1 病例选择标准

**1.1.1 诊断标准** 根据《中国各类主要脑血管病诊断要点 2019》有关脑卒中诊断标准<sup>[8]</sup>,并经CT或MRI等辅助检查手段确诊为脑卒中。

**1.1.2 纳入标准** ① 年龄25~80岁;② 性别不限;③ 意识清楚,无严重认知障碍,能遵医嘱完成康复训练及评估;④ 病程2周~6个月,处于脑卒中恢复期;⑤ 病情稳定,冠心病、高血压、糖尿病、高血脂、痛风等基础疾病控制良好;⑥ 上肢肘关节主要肌肉张力改良Ashworth痉挛评分(modified Ashworth scale, MAS)≤2级;⑦ 所有受试者知晓本研究方案,并签

署知情同意书。

**1.1.3 排除标准** ① 合并偏瘫侧肢体骨折、严重感染及严重肝肾功能损伤;② 脊髓损伤、脑寄生虫病、心脏病、代谢障碍等疾病引起肢体功能障碍;③ 其他疾病(如冻结肩等)导致的健侧肢体关节活动疼痛、活动受限等功能障碍;④ 合并心脑血管系统、消化系统和内分泌系统等严重疾病以及精神病;⑤ 单一小脑部位出血。

**1.1.4 中止或脱落标准** ① 发生严重不良事件或者在试验过程中病情出现变化(如病情加重或者病情变化危及生命),主诊医生进行专业诊断后认为受试者应中止临床试验;② 患者治疗依从性不强,无法按照试验流程定量进行治疗和定时完成评估;③ 患者因多种原因自主要求退出临床试验。

### 1.2 一般资料

选择2018年10月—2020年1月在南方医科大学珠江医院康复医学科、神经内科及神经外科进行治疗的住院及门诊脑卒中患者40例。采用信封法随机分为对照组和观察组,每组20例。2组性别、年龄、病程、偏瘫侧、脑卒中类型等一般资料比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),具有可比性。见表1。本研究方案经南方医科大学珠江医院伦理委员会审批通过(批准号:2018KFLK002)。

表1 2组一般资料比较( $\bar{x}\pm s$ )

Table 1 Comparison of general data between two groups ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	例数	性别		年龄/岁	病程/月	偏瘫侧		脑卒中类型	
		男	女			右侧	左侧	脑出血	脑梗死
观察组	20	17	3	49.90±14.20	1.90±1.59	9	11	8	12
对照组	20	19	1	49.45±11.69	2.10±1.45	13	7	10	10

## 2 方法

### 2.1 治疗方法

**2.1.1 常规治疗** 2组治疗期间根据病情进行改善循环、神经营养、稳定血压、降糖、调脂、稳定斑块、控制癫痫等基础药物治疗,良肢位摆放、关节主动和被动活动、坐位及站立平衡训练、步行功能训练、辅具使用、言语及吞咽康复训练、常规物理治疗等基础康复治疗。

**2.1.2 对照组** 在常规治疗基础上进行上肢康复训练。具体训练方法为:卧位时,在抗痉挛体位下,治疗师带动患者被动进行肩胛骨上提及前伸运动训练松动肩胛骨,伸直上臂外旋控制上臂痉挛,引导患者进行简单的主动运动(如双手上举、屈伸肘控制训练)。坐位时,双手伸直外旋向后支撑重心

转移、肩胛骨上提训练、肩胛骨前伸内收前后运动、双肘伸直躯干双侧运动、坐位推球训练。站立位时,双手伸直外旋向后支撑重心转移、偏瘫肢体伸直外旋、肘伸直上肢外展、翻转叉握双手掌心向上重心转移训练、上肢各运动方向的主动性抗阻训练、日常生活活动训练(如穿衣、床椅转移、进食等)。60 min/次,1次/d,7 d/周,共治疗2周。

**2.1.3 观察组** 在对照组基础上进行上肢康复机器人训练。

**2.1.3.1 上肢康复训练** 康复训练方法同对照组,30 min/次,1次/d,7 d/周,共治疗2周。

**2.1.3.2 上肢康复机器人训练** 使用上肢智能力反馈康复机器人(上海傅利叶智能科技有限公司,型号:Fourier M2)进行康复训练,30 min/次,1次/d,7 d/周,共治疗2周。具体训练方法如下:

(1) 训练前准备 训练开始前将偏瘫侧肢体远端固定于上肢康复机器人评估治疗平台末端执行器, 采用手套绑带固定, 防止在治疗过程中滑落; 并交代训练过程中的注意事项。

(2) 训练模式选择 由康复治疗师对患者上肢偏瘫情况进行评估, 选择不同的运动模式/训练场景, 不同场景对应不同的预设运动轨迹。具体如下:

① 被动运动模式 适用于肌力0~1级患者, 机器人提供完全助力带动患侧上肢进行被动运动的训练任务。

② 助力运动模式 适用于肌力2级患者, 机器人基于力反馈技术在训练过程中为患者提供一定辅助的力量, 帮助患者进行预定训练任务。

③ 主动运动模式 适用于肌力3级患者, 可自主通过机械臂进行训练。

④ 抗阻运动模式 适用于肌力3级以上的患者, 可以通过机器人提供阻力予以抗阻训练。

(3) 训练过程 训练开始后患者通过移动末端执行器进行偏瘫肢体多点方向运动完成游戏任务, 以达到训练偏瘫肢体肌力、关节活动度、运动控制等目的。上肢康复机器人反馈技术可通过多维力传感器感知接触力量大小, 结合多种控制算法, 真实模拟出反馈力, 根据患者的力量进行实时调节, 可以模拟治疗师根据患者情况提供助力完成任务。此外, 还可以通过趣味性游戏和多种感觉输入以及视觉和音效上的反馈提高患者主动性。治疗过程中机器人可以通过痉挛保护、急停按钮、电子围墙等为患者提供较好的安全保护功能。

## 2.2 观察指标

**2.2.1 上肢运动功能评分** 采用Fugl-Meyer运动功能评分量表上肢部分(Fugl-Meyer motor function assessment-upper limb, FMA-UL)评估上肢运动功能。主要包括单关节和多关节运动、协同运动、分离运动、运动速度、运动障碍、共济失调和反射等, 量表总分为66分。可进一步细分为FMA肩肘部评

分(FMA-shoulder and elbow, FMA-SE)及FMA腕手部评分(FMA-wrist and hand, FMA-WH), 得分越高表示运动功能越好<sup>[9]</sup>。

**2.2.2 日常生活活动能力评分** 采用Barthel指数(Barthel index, BI)评定量表进行日常生活活动能力评分。主要包括大便控制、小便控制、修饰、如厕、进食、床椅转移、洗澡、步行活动、穿衣、上下楼梯等10个评分项目。满分为100分, 得分越高表示日常生活活动能力越好, 独立性越强<sup>[10-11]</sup>。

**2.2.3 上肢肌肉激活和运动募集同步化评估** 采用表面肌电图仪(上海诺诚医疗器械有限公司, MyoMove-EOW)测量受试者患侧上肢肱二头肌、肱三头肌、三角肌前束和三角肌中束最大等长收缩时的表面肌电图(surface electromyography, sEMG), 评估上肢肌肉激活和运动募集同步化情况。主要包括均方根值(root mean square, RMS)和积分肌电值(integrated electromyography, iEMG)<sup>[12]</sup>。

## 2.3 统计学分析

采用SPSS 25.0软件行统计学分析。计量资料符合正态分布, 采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 组内比较使用配对样本 $t$ 检验, 组间比较使用独立样本 $t$ 检验; 偏态分布数据以 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示, 组内比较使用Wilcoxon符号秩检验, 组间比较Mann-Whitney  $U$ 检验。计数资料采用 $\chi^2$ 检验。等级资料采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 3 结果

### 3.1 2组治疗完成情况

本研究治疗过程中对照组脱落2例, 共38例完成治疗, 其中对照组、观察组分别18例、20例。

### 3.2 2组FMA、BI评分比较

与治疗前比较, 2组治疗后FMA-UL、FMA-SE、FMA-WH、BI评分均明显升高, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。与对照组比较, 观察组FMA-UL、FMA-SE、BI评分均明显更高, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表2。

表2 2组治疗前后FMA、BI评分比较 $(\bar{x} \pm s) / [M(P_{25}, P_{75})]$

Table 2 Comparison of FMA, BI scores between two group before and after treatment $(\bar{x} \pm s) / [M(P_{25}, P_{75})]$		分				
组别	例数	时间	FMA-UL	FMA-SE	FMA-WH	BI
对照组	18	治疗前	19.00(9.00, 29.00)	12.50(7.25, 20.00)	5.00(2.00, 10.00)	53.61 ± 17.64
		治疗后	26.50(10.50, 38.75) <sup>1)</sup>	17.00(8.75, 23.25) <sup>1)</sup>	10.50(2.00, 15.25) <sup>1)</sup>	57.50 ± 15.84 <sup>1)</sup>
观察组	20	治疗前	15.50(10.00, 30.75)	13.00(10.00, 19.50)	3.00(0.50, 11.50)	58.50 ± 16.94
		治疗后	35.50(24.00, 46.75) <sup>1)2)</sup>	26.00(19.25, 32.50) <sup>1)2)</sup>	9.50(4.25, 15.50) <sup>1)</sup>	68.50 ± 15.40 <sup>1)2)</sup>

注: 与治疗前比较, 1)  $P < 0.05$ ; 与对照组比较, 2)  $P < 0.05$ 。

Note: Compared with before treatment, 1)  $P < 0.05$ ; compared with the control group, 2)  $P < 0.05$ .

### 3.3 2组表面肌电图比较

与治疗前比较,2组治疗后肱二头肌、肱三头肌、三角肌前束、三角肌中束RMS、iEMG值均明显升高,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。与对照组比

较,观察组肱三头肌RMS值、三角肌中束RMS和iEMG值均明显更高,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。见表3。

表3 2组治疗前后RMS、iEMS值比较( $\bar{x}\pm s$ )/[ $M(P_{25},P_{75})$ ]

Table 3 Comparison of RMS, iEMG between two groups before and after treatment ( $\bar{x}\pm s$ )/[ $M(P_{25},P_{75})$ ]

组别	例数	时间	RMS值/ $\mu V$			
			肱二头肌	肱三头肌	三角肌前束	三角肌中束
对照组	18	治疗前	80.84 $\pm$ 51.64	12.14(6.45,30.94)	29.32(8.05,49.82)	51.07(18.18,84.53)
		治疗后	96.56 $\pm$ 54.40 <sup>1)</sup>	19.19(7.70,37.26) <sup>1)</sup>	49.95(13.75,75.71) <sup>1)</sup>	61.64(20.33,93.49) <sup>1)</sup>
观察组	20	治疗前	75.73 $\pm$ 40.10	11.59(6.82,27.94)	39.01(15.93,76.69)	47.49(18.37,103.10)
		治疗后	96.00 $\pm$ 55.75 <sup>1)</sup>	29.98(24.48,44.24) <sup>1)2)</sup>	44.03(20.95,99.52) <sup>1)</sup>	94.70(70.44,119.90) <sup>1)2)</sup>

  

组别	例数	时间	iEMG值/( $mV\cdot s$ )			
			肱二头肌	肱三头肌	三角肌前束	三角肌中束
对照组	18	治疗前	241.37 $\pm$ 156.51	36.42(20.23,92.32)	98.22(24.13,194.89)	130.29(54.53,199.25)
		治疗后	293.36 $\pm$ 167.49 <sup>1)</sup>	57.55(23.03,118.11) <sup>1)</sup>	149.84(45.40,227.13) <sup>1)</sup>	184.93(60.98,280.47) <sup>1)</sup>
观察组	20	治疗前	225.39 $\pm$ 111.21	45.25(16.03,83.82)	117.01(39.94,230.08)	143.23(35.16,309.28)
		治疗后	293.79 $\pm$ 173.48 <sup>1)</sup>	83.49(70.36,117.71) <sup>1)</sup>	132.07(57.66,298.54) <sup>1)</sup>	284.10(211.30,359.85) <sup>1)2)</sup>

注:与治疗前比较,1)  $P<0.05$ ;与对照组比较,2)  $P<0.05$ 。

Note: Compared with before treatment, 1)  $P<0.05$ ; compared with the control group, 2)  $P<0.05$ .

## 4 讨论

### 4.1 上肢康复机器人联合上肢康复训练可提高脑卒中偏瘫患者上肢功能

本研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后的FMA-UL评分明显提高,提示上肢康复机器人结合常规上肢康复训练可有效改善脑卒中偏瘫上肢的运动功能。这与MEHRHOLZ等<sup>[13]</sup>Meta分析结果显示脑卒中患者接受机器人康复治疗可改善其上肢运动功能的结果一致。其机制可能与以下因素相关:①本研究使用的是末端执行器类型上肢康复机器人,通过力反馈技术感知患者用力程度调整助力大小,牵引脑卒中患者偏瘫肢体进行主动运动或被动运动,可诱发患侧上肢主动参与,进一步帮助其建立正常的运动模式。②上肢康复机器人辅助训练在相同的治疗时间内可提供较常规上肢康复训练更高强度的训练,通过高强度、重复性和特定的任务训练,可促进中枢神经的代偿和重组,有助于脑卒中患者上肢运动功能恢复<sup>[14]</sup>。基于大脑可塑性,重复性训练动作可对大脑产生重复性刺激,部分未受损的脑组织可补偿部分原有的功能<sup>[15]</sup>。③上肢康复机器人不同训练模式均配备不同的游戏,通过娱乐结合训练的方法更容易调动患

者的主动性,提高患者训练的积极性,弥补常规康复训练的不足。

### 4.2 上肢康复机器人联合上肢康复训练可改善脑卒中偏瘫患者上肢近端功能

表面肌电图具有定量评估肌肉收缩、肌张力、运动神经传导速度检测等功能,可以反映肌肉兴奋性<sup>[16]</sup>和运动单位募集同步化,是最为直接检测肌肉功能状况的手段之一<sup>[17]</sup>。sEMG指标中RMS值很少受到干扰,是最常用于表面肌电图的定量分析指标<sup>[18]</sup>。研究结果显示,与对照组比较,观察组治疗后FMA-SE评分、肱三头肌RMS值、三角肌中束的RMS值和iEMG值均明显提高,这提示上肢康复机器人联合上肢康复训练能提高肱三头肌、三角肌中束的肌肉激活和运动单位募集同步化效果,其中肩肘部的功能尤其是肌力的改善较明显。脑卒中患者偏瘫上肢改善以肩关节为主的可能原因如下:①在训练过程中,偏瘫上肢(手部及腕部)基本是固定于末端执行器上未得到充分训练,故腕手部功能改善不明显,这提示了上肢康复机器人训练存在整体性不足的缺点,应在下一步研究中完善。②康复机器人治疗结合上肢康复训练对肌群的激活程度更高,可能与任务导向性训练激发患者主动性,使目

标肌肉重复运动次数更多相关<sup>[19]</sup>。研究表明运动功能恢复的关键因素为高强度、重复性、以任务为导向的运动训练<sup>[20]</sup>, 康复机器人联合上肢康复训练次数更为密集, 训练强度不会因治疗师的水平及患者疲劳程度而变化。无疲劳的重复性运动可促进偏瘫上肢参与运动的肌纤维增加, 提高偏瘫上肢肌力。

### 4.3 上肢康复机器人联合上肢康复训练可提高脑卒中偏瘫患者的日常生活活动能力

日常生活活动能力的提高与上肢运动功能密切相关。本研究结果显示, 与对照组比较, 观察组治疗后 BI 评分明显提高, 提示机器人训练结合上肢功能训练可有效提高脑卒中恢复期偏瘫患者的日常生活活动能力。这可能与以下原因相关: ① 康复机器人联合上肢康复训练过程中许多康复训练任务具有相似性, 通过高强度、重复性的运动技能学习有助于脑卒中患者日常生活活动能力的提高, 这与 SEIDLER 等<sup>[21]</sup>研究结果相似。② 康复机器人联合上肢康复训练可提高上肢特别是肩肘部的运动功能, 而日常生活活动与肩肘部的运动功能密切相关, 联合康复训练后脑卒中患者穿衣、进食等需要肩肘部参与的日常生活活动能力明显提高。这与 KWAKKEL 等<sup>[22]</sup>研究结果存在差异。这可能与该研究中的上肢机器人在治疗过程中的康复训练任务未包含有日常生活能力的锻炼有关。

## 5 小 结

上肢康复机器人联合上肢康复训练可以有效改善脑卒中恢复期患者上肢运动功能, 促进偏瘫上肢肌肉激活和运动单位募集同步化, 提高日常生活能力, 值得临床推广应用。

### 参考文献

- [1] KRISHNAMURTHI R V, FEIGIN V L, FOROUZANFAR M H, et al. Global and regional burden of first-ever ischaemic and haemorrhagic stroke during 1990–2010: findings from the Global Burden of Disease Study 2010 [J]. *Lancet Glob Health*, 2013, 1(5): e259–e281.
- [2] 王陇德, 刘建民, 杨弋, 等. 我国脑卒中防治仍面临巨大挑战: 《中国脑卒中防治报告 2018》概要 [J]. *中国循环杂志*, 2019, 34(2): 105–119.  
WANG L D, LIU J M, YANG Y, et al. The prevention and treatment of stroke still face huge challenges: brief report on stroke prevention and treatment in China, 2018 [J]. *Chin Circ J*, 2019, 34(2): 105–119.
- [3] BEEBE J A, LANG C E. Active range of motion predicts upper extremity function 3 months after stroke [J]. *Stroke*, 2009, 40(5): 1772–1779.
- [4] POLLOCK A, FARMER S E, BRADY M C, et al. Interventions for improving upper limb function after stroke [J]. *Stroke*, 2015, 46(3): e57–e58.
- [5] 李宇淇, 曾庆, 黄国志. 上肢康复机器人在脑卒中中的应用进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2020, 26(3): 310–314.  
LI Y Q, ZENG Q, HUANG G Z. Application of robot-assisted upper limb rehabilitation for stroke (review) [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2020, 26(3): 310–314.
- [6] 徐冬艳, 田茹锦, 刘珏, 等. 上肢智能力反馈康复机器人联合常规康复治疗改善脑卒中患者上肢运动功能临床研究 [J]. *康复学报*, 2018, 28(2): 11–17.  
XU D Y, TIAN R J, LIU J, et al. Therapeutic effect of upper limb intelligent rehabilitation robot and routine rehabilitation combination on upper extremities' motor function of stroke patients [J]. *Rehabil Med*, 2018, 28(2): 11–17.
- [7] 姜荣荣, 叶正茂, 陈艳, 等. 上肢康复机器人对偏瘫上肢运动功能和日常生活能力的影响 [J]. *中国康复*, 2020, 35(10): 517–521.  
JIANG R R, YE Z M, CHEN Y, et al. Effect of robot-assisted training on motor function and activity ability of hemiplegic upper limb and the possible mechanism [J]. *Chin J Rehabil*, 2020, 35(10): 517–521.
- [8] 中华医学会神经病学分会, 脑血管病学组中华医学会神经病学分会. 中国各类主要脑血管病诊断要点 2019 [J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(9): 710–715.  
Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Diagnostic criteria of cerebrovascular diseases in China (version 2019) [J]. *Chin J Neurol*, 2019, 52(9): 710–715.
- [9] PAGE S J, FULK G D, BOYNE P. Clinically important differences for the upper-extremity Fugl–Meyer scale in people with minimal to moderate impairment due to chronic stroke [J]. *Phys Ther*, 2012, 92(6): 791–798.
- [10] GOSMAN-HEDSTRÖM G, SVENSSON E. Parallel reliability of the functional independence measure and the Barthel ADL index [J]. *Disabil Rehabil*, 2000, 22(16): 702–715.
- [11] 蔡业峰, 贾真, 李伟峰, 等. 中文版 Barthel 指数对多中心测评缺血性卒中患者预后的研究 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2007, 11(4): 486–490.  
CAI Y F, JIA Z, LI W F, et al. Multicenter evaluation of the ischemic stroked patients with the Chinese Barthel index: a prognostic study [J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2007, 11(4): 486–490.
- [12] 李芳, 安丙辰, 郑洁皎. 表面肌电图在脑卒中患者手神经肌肉功能评定中的应用 [J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 31(3): 280–283.  
LI F, AN B C, ZHENG J J. Evaluating hand neural-muscle function after stroke with surface electromyography (review) [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2015, 31(3): 280–283.
- [13] MEHRHOLZ J, POHL M, PLATZ T, et al. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 9: CD006876.
- [14] 陈玲, 王俊玲, 黄东锋. 亚急性期脑梗死患者皮层兴奋性与手功能相关性研究 [J]. *康复学报*, 2020, 30(6): 434–440.

- CHEN L, WANG J L, HUANG D F. Correlation between cortical excitability and hand function in patients with subacute cerebral infarction [J]. *Rehabil Med*, 2020, 30(6):434-440.
- [15] BERTANI R, MELEGARI C, DE COLA M C, et al. Effects of robot-assisted upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review with meta-analysis [J]. *Neurol Sci*, 2017, 38(9):1561-1569.
- [16] DISSELHORST-KLUG C, SCHMITZ-RODE T, RAU G. Surface electromyography and muscle force: limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications [J]. *Clin Biomech*, 2009, 24(3):225-235.
- [17] ZHU G, ZHANG X, TANG X, et al. Examining and monitoring parietic muscle changes during stroke rehabilitation using surface electromyography: a pilot study [J]. *Math Biosci Eng*, 2019, 17(1):216-234.
- [18] 黄崧华, 白玉龙, 陈婵, 等. 对侧控制型功能性电刺激对脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2018, 37(6):519-523.
- HUANG S H, BAI Y L, CHEN C, et al. Effect of contralateral controlled functional electrical stimulation on functional recovery of the upper extremity in stroke patients [J]. *Chin J Sports Med*, 2018, 37(6):519-523.
- [19] SHAHAR N, SCHWARTZ I, PORTNOY S. Differences in muscle activity and fatigue of the upper limb between task-specific training and robot assisted training among individuals post stroke [J]. *J Biomech*, 2019, 89:28-33.
- [20] DEHEM S, GILLIAUX M, STOQUART G, et al. Effectiveness of upper-limb robotic-assisted therapy in the early rehabilitation phase after stroke: a single-blind, randomised, controlled trial [J]. *Ann Phys Rehabil Med*, 2019, 62(5):313-320.
- [21] SEIDLER R D. Neural correlates of motor learning, transfer of learning, and learning to learn [J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 2010, 38(1):3-9.
- [22] KWAKKEL G, KOLLEN B J, KREBS H I. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2008, 22(2):111-121.

## Effect of Rehabilitation Robot Combined with Upper Limb Rehabilitation Training on Hemiplegic Patients in Recovery Stage of Stroke

LI Yuqi<sup>1,2</sup>, HUANG Guozhi<sup>1,3</sup>, LU Pengcheng<sup>1</sup>, HE Longlong<sup>1</sup>, HUANG Wenhao<sup>4</sup>, HUANG Chuhong<sup>5</sup>, ZENG Qing<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Zhujiang Hospital of Southern Medical University, Guangzhou, Guangdong 510280, China;

<sup>2</sup> Liuzhou Workers Hospital, Liuzhou, Guangxi 545027, China;

<sup>3</sup> Medical College of Rehabilitation Southern Medical University, Guangzhou, Guangdong 528305, China;

<sup>4</sup> The Third Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510630, China;

<sup>5</sup> Shantou Central Hospital, Shantou, Guangdong 515041, China

\*Correspondence: ZENG Qing, E-mail: zengqingyang203@126.com

**ABSTRACT Objective:** To observe the effect of upper limb rehabilitation robot combined with upper limb rehabilitation training on motor function of upper extremity of hemiplegic patients in recovery stage of stroke. **Methods:** A total of 40 hemiplegic patients in recovery stage of stroke who were treated in the Zhujiang Hospital of Southern Medical University from October 2018 to January 2020, which were randomly divided into the control group and the observation group according to the random number table method, with 20 cases in each group. Both groups received basic medication and conventional rehabilitation therapy (including good limb position, active and passive joint movement, sitting and standing balance training, walking function training, assistive device use training, speech and swallowing therapy, conventional physical therapy, etc.). The control group received upper limb rehabilitation training on the basis of basic medication and conventional rehabilitation therapy, 60 minutes a time, once a day, seven days a week, continuous treatment for two weeks. The observation group received upper limb rehabilitation robot training on the basis of the control group, upper limb rehabilitation training for 30 minutes a time, upper limb robot rehabilitation training for 30 minutes a time, once a day, seven days a week, continuous treatment for two weeks. Before and after treatment, the Fugl-Meyer assessment-upper limb (FMA-UL) was used to evaluate the motor function of upper extremity, including the FMA shoulder and elbow (FMA-SE) score and the FMA wrist and hand (FMA-WH) score; the Barthel index (BI) was used to evaluate activities of daily living; the root mean square (RMS) and integral electromyography (iEMG) values of the biceps, triceps, deltoid of anterior and middle fiber of the affected upper limbs of the subjects during maximal isometric contraction were measured by surface electromyography to assess muscle activation and synchronization of motor recruitment of the upper limbs. **Results:** A total of 38 hemiplegia patients in the recovery stage of stroke completed the whole course of treatment. Compared with before treatment, FMA-UL score, FMA-SE score, FMA-WH score, BI score, RMS values of biceps, triceps, deltoid of anterior and middle fiber, and iEMG values of the both groups after treatment were significantly higher, with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). Compared with the control group, the FMA-UL score, FMA-SE score, BI scores, triceps RMS value, deltoid of middle fiber RMS value and iEMG value of observation group were significantly higher, with statistically significant differences ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Upper limb rehabilitation robot combined with upper limb rehabilitation training can effectively improve motor function of upper limb, muscle activation and motor unit recruitment synchronization of hemiplegic upper limb, and improve the activities of daily living of hemiplegic patients in recovery stage of stroke, which is worthy of clinical promotion.

**KEY WORDS** stroke; hemiplegia; upper limb rehabilitation robot; motion function; surface electromyography

**DOI:**10.3724/SP.J.1329.2022.02004