

上肢康复机器人联合镜像疗法对脑卒中患者上肢运动功能及日常生活活动能力的疗效

王芬芬, 徐蓉贞

(南京市高淳人民医院康复医学科 江苏 南京 211300)

摘要 **目的:** 分析上肢康复机器人联合镜像疗法对于脑卒中患者的上肢运动功能及日常生活活动能力的疗效。**方法:** 观察南京市高淳人民医院 2021 年 1 月—2024 年 1 月的 150 例脑卒中患者, 随机将患者分对照组 (75 例, 行常规康复) 和观察组 (75 例, 行上肢康复机器人联合镜像疗法), 均治疗 4 周。比较两组患者治疗前后的 Wolf 运动功能、上肢运动功能以及日常生活活动能力。**结果:** 两组患者治疗后 Wolf 运动功能评价量表 (WMFT) 评分、Fugl-Meyer 运动功能评分量表上肢部分 (FMA-UL) 评分、日常生活活动能力量表 (BI) 评分均高于治疗前, 且观察组评分高于对照组 ($P<0.05$)。**结论:** 上肢康复机器人联合镜像疗法可以改善脑卒中患者 Wolf 运动功能、上肢运动功能、日常生活活动能力, 疗效优于单一的常规康复, 具有可实施性。

关键词 上肢康复机器人; 镜像疗法; 脑卒中; 运动功能; 日常生活活动能力

中图分类号 R496 R743.3 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 05-0871-05

Efficacy of upper extremity rehabilitation robot combined with mirror therapy on upper extremity motor function and activities of daily living in stroke patients

WANG Fenfen, XU Rongzhen

(Department of Rehabilitation Medicine, Nanjing Gaochun People's Hospital, Nanjing 211300, China)

Abstract **Objective:** To analyze the efficacy of upper limb rehabilitation robot combined with mirror therapy on upper limb motor function and activities of daily living (ADLs) in stroke patients. **Methods:** 150 stroke patients in Nanjing Gaochun People's Hospital from January 2021 to January 2024 were observed, and they were randomly divided into the control group ($n=75$) and the observation group ($n=75$). The control group received conventional rehabilitation, while the observation group received upper limb rehabilitation robot combined with mirror therapy, all of which were treated for 4 weeks. The Wolf motor function test (WMFT) scores, upper limb motor function and ADLs of patients in the two groups before and after treatment were compared. **Results:** The WMFT score, Fugl-Meyer Motor Function Assessment Upper Limb (FMA-UL) score, and Barthel Index (BI) score of the two groups were both higher than those before treatment, and the scores of the observation group were higher than those of the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Upper extremity rehabilitation robot combined with mirror therapy can improve Wolf motor function, upper extremity motor function, and ADLs of stroke patients, and the efficacy is better than conventional rehabilitation, which is implementable.

Key words Upper Limb Rehabilitation Robot; Mirror Therapy; Stroke; Movement Function; Activities of Daily Living

收稿日期: 2024-04-22 录用日期: 2024-05-11

Received Date: 2024-04-22 Accepted Date: 2024-05-11

基金项目: 江苏省卫生健康科研项目 (JKC2021058)

Foundation Item: Health Research Program of Jiangsu Province (JKC2021058)

通讯作者: 徐蓉贞, Email: 139139054@163.com

Corresponding Author: XU Rongzhen, Email: 139139054@163.com

引用格式: 王芬芬, 徐蓉贞. 上肢康复机器人联合镜像疗法对脑卒中患者上肢运动功能及日常生活活动能力的疗效 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (5): 871-875.

Citation: WANG F F, XU R Z. Efficacy of upper extremity rehabilitation robot combined with mirror therapy on upper extremity motor function and activities of daily living in stroke patients[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(5): 871-875.

脑卒中是全人类共同面对的一种严重的致死、致残性疾病，为引发偏瘫的一项关键因素，脑卒中患者中有 30%~66% 不能很好地恢复自身上肢运动功能，明显降低了其日常生活质量^[1]。在实际临床工作中，作业疗法、镜像疗法以及近年广泛研究的上肢康复机器人训练等上肢康复治疗方法得到了比较广泛的应用，且效果令人满意^[2-3]。其中上肢康复机器人的引入和应用为脑卒中患者的上肢运动功能恢复给予了一种可靠有效的康复途径^[4]。镜像疗法即为镜像视觉反馈疗法，1992 年首次提出后用于改善患者截肢后患肢明显疼痛，随后用于脑卒中后的肢体运动功能锻炼^[5]。近些年以来，镜像疗法治疗脑卒中伴上肢运动功能受限患者的康复效果已经得到了广泛认可，对于上肢运动功能受限症状群体的肢体功能恢复发挥了较好的疗效^[6]。本研究探究上肢康复机器人、镜像疗法的联合应用对于脑卒中患者上肢运动功能及日常生活能力的影响，现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析南京市高淳人民医院 2021 年 1 月—2024 年 1 月接诊的 150 例脑卒中患者的临床资料。纳入标准：①参考《中国脑血管疾病分类 2015》^[7] 诊断为脑出血/脑梗死；②根据影像学检查以及家属问诊显示为首次单侧发病；③病情处于恢复期，可以配合完成研究内容，且配合度良好；④参考《中国脑血管疾病分类 2015》^[7] 上肢运动功能障碍相关内容，入组患者上肢运动功能非完全丧失，存在一定的活动困难，但保留部分自主活动；⑤生命体征平稳，心肺功能良好；⑥无视觉、听觉、心理或认知功能障碍。排除标准：①简易精神状态

量表 (Mini-mental State Examination, MMSE)^[8] 评分 ≤ 24 分者；②上肢各个关节的被动活动均有明显受限，上肢部位疼痛视觉模拟评分法 (Visual Analogue Scale, VAS) 评分 ≤ 7 分；③存在呼吸系统疾病、心肺功能异常、肝肾功能异常、肌张力过高、精神分裂症、神经官能症、血液系统有关病症、痴呆、帕金森综合征、蛛网膜下腔出血亦或者短暂性脑缺血发作其中之一情形者；④病程 >2 个月。随机将入选者分为对照组和观察组，每组 75 例。两组患者基础资料比较，差异无统计学意义 ($P>0.05$)，具有可比性，见表 1。本研究得到了医学伦理委员会审核通过，与脑卒中患者的家属签具了知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 对照组 行常规康复内容。进行常规物理疗法，例如转移训练、站立位及坐立位的平衡把握、被动活动等。借助患者的视觉、听觉以及触觉等，适度刺激以促进其患侧上肢的运动反应。如果患者出现肢体痉挛等问题，则采用医疗刺激感受器对其肌张力加以治疗和改善。每次训练 45 min，1 次/天，5 天/周，休息 2 d，持续 4 周。

1.2.2 观察组 在对照组的基础上同时行上肢康复机器人联合镜像疗法。

1.2.2.1 训练开始前调节 Burt 医用上肢康复机器人 (ESTUN 埃斯顿医疗) 的活动参数，如机械臂靠背高度、宽度等，评估患者的手部、前臂部位以及上臂部位的长度，从而对于机器人机械臂的长度等予以个体化调整，依照患者的上肢承受负荷个体化调节机器人机械臂支撑参数 (如负重值等)，随后嘱咐患者肩关节前屈 45° ，使前臂呈现为水平姿势。医用上肢康复机器人可以通过游戏的形式进行 3 种训练：①单关节训练

表 1 两组患者基线资料比较 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

Table 1 Comparison of baseline data between the two groups of patients [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

组别	性别 (男/女)	年龄 (岁)	类型 (脑出血/脑梗死)	发病部位 (左/右)
观察组 (n=75)	46 (61.33) /29 (38.67)	69.77 \pm 6.40	23 (30.67) /52 (69.33)	39 (52.00) /36 (48.00)
对照组 (n=75)	48 (64.00) /27 (36.00)	69.94 \pm 6.21	22 (29.33) /53 (70.67)	40 (53.33) /35 (46.67)
t/χ^2 值	0.114	0.165	0.032	0.027
P 值	0.736	0.869	0.859	0.870

(一维训练), 对于患者患侧上肢需要治疗的关节群, 例如腕关节、肩关节等, 逐一进行屈伸等功能训练, 游戏内容包括装水等; ②进行一组关节的协调训练(二维训练), 游戏内容包括拼图等; ③患侧上肢全部关节训练(三维训练), 游戏内容包括击球等。患者根据病情及耐受度选择对应的游戏, 游戏难度逐步增大。每次训练 20 min, 1 次/天, 5 天/周, 休息 2 d, 持续 4 周。

1.2.2.2 使用专用镜盒进行镜像疗法训练: 告知患者控制自己双上肢实施完全一样的动作, 在留意健侧上肢的镜像时锻炼患侧上肢, 镜像反馈可以使患者的脑部留意自己同时锻炼双侧上肢。可以在镜像下进行一些日常动作训练, 如肘屈、肘伸训练, 模拟空手抓握各种物体, 拇指内收、外展动作等。每次训练 20 min, 1 次/天, 5 天/周, 休息 2 d, 持续 4 周。观察组患者每日同时开展常规康复、医用上肢康复机器人训练及镜像训练。

1.3 观察指标 ①以 Wolf 运动功能评价量表 (Wolf Motor Function, WMFT)^[9] 对两组患者治疗前后患侧上肢在任务性活动中的功能予以评定, 量表涵盖 6 项上肢运动和 9 项功能性任务, 每项 0~5 分, 总分 75 分, 分值越高表示运动功能越理想。②以 Fugl-Meyer 运动功能评分量表上肢部分 (Fugl-Meyer Motor Function Assessment Upper Limb, FMA-UL)^[10] 对两组患者治疗前后上肢运动功能加以评价。量表涵盖肩肘部 (FMA-shoulder and Elbow, FMA-SE) 和腕手部 (FMA-wrist and Hand, FMA-WH) 两部分, 总分 66 分, 分值越高表示上肢功能越好。③以日常生活活动能力量表 (Barthel Index, BI)^[11] 对两组患者治疗前后的日常生活活动能力加以评

价, 总分 100 分, 分值越高表示个体日常生活活动能力越理想。

1.4 统计学方法 采用软件 SPSS 26.0 进行数据处理, 符合正态分布及方差齐性的计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用 t 检验, 计数资料以例数 (百分比) [n (%)] 表示, 采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 Wolf 运动功能 治疗前, 两组患者 WMFT 评分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后, 观察组 WMFT 评分高于治疗前, 且评分高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 2。

2.2 上肢运动功能 治疗前, 两组患者 FMA-SE、FMA-WH 评分及 FMA-UL 总分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 治疗后, 两组患者各项评分均高于治疗前, 且观察组评分高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 3。

2.3 日常生活活动能力 治疗前, 两组患者 BI 评分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 治疗后, 两组患者 BI 评分均高于治疗前, 且观察组评分高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 4。

3 讨论

当前临床工作中, 治疗师通常一对一地治疗脑卒中肢体功能障碍患者, 尽管有一定的效果, 但费力费时, 重复治疗的过程相对枯燥, 患者训练主动性明显不足^[12-13]。上肢康复机器人借助计算机多媒体系统, 通过一维、二维、三维互动软件, 能够给患者提供丰富环境下的不同功能性训练, 趣味性比较高, 患者不易有疲劳感; 上肢康复机器人中不同的游戏可以给脑

表 2 两组患者 WMFT 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Table 2 Comparison of WMFT scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)

组别	治疗前	治疗后	t 值	P 值
观察组 ($n=75$)	25.77 \pm 3.10	29.78 \pm 4.11	6.746	<0.001
对照组 ($n=75$)	25.61 \pm 3.23	26.55 \pm 3.79	1.635	0.104
t 值	0.310	5.003	—	—
P 值	0.757	<0.001	—	—

表 3 两组患者 FMA-UL 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)Table 3 Comparison of FMA-UL scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)

组别	FMA-SE		FMA-WH		总 FMA-UL	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组 (n=75)	13.23 ± 1.98	28.11 ± 3.56 ^a	5.44 ± 0.86	10.51 ± 1.33 ^a	19.21 ± 3.45	36.11 ± 6.03 ^a
对照组 (n=75)	13.58 ± 2.20	15.71 ± 3.07 ^a	5.29 ± 0.90	6.42 ± 1.45 ^a	19.35 ± 3.22	22.12 ± 5.64 ^a
t 值	1.024	22.844	1.044	18.002	0.257	14.674
P 值	0.307	<0.001	0.298	<0.001	0.798	<0.001

注: 与治疗前相比, ^aP<0.05表 4 两组患者 BI 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)Table 4 Comparison of BI scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, score)

组别	治疗前	治疗后	t 值	P 值
观察组 (n=75)	53.79 ± 5.17	68.50 ± 7.22	14.346	<0.001
对照组 (n=75)	53.35 ± 4.83	56.10 ± 6.44	2.958	0.004
t 值	0.539	11.100	—	—
P 值	0.591	<0.001	—	—

卒中患者带来视觉、听觉等感官上的实时刺激与反馈,使患者能够观察到自己的成绩,可以明显调动其训练的能动性^[14]。开展上肢康复机器人训练时,患者参与的热情程度非常强,且其属于具有明显控制性的训练,可以正向刺激中枢神经网络^[15],对于中枢神经损伤患者而言是一种适宜且可行的训练措施^[16-17]。Kuroda M M 等人^[18]研究显示,上肢康复机器人的引入有益于脑卒中上肢运动功能受限的患者进行周期性训练,可以激发颅内运动皮质区对应功能的重组和恢复等。本研究中,观察组借助了上肢康复机器人展开周期性训练,其中包含三种模式训练及趣味游戏,如一维的装水、二维的拼图、三维的击球等,患者参与热情高于对照组。

镜像疗法则是以脑卒中患者神经系统作为基点,借助视-运动神经元,对动作实时进行注意、想象乃至执行。近年有研究^[15, 19]证实,当患者对某一动作展开被动地观察时,机体实施肢体动作的对应肌肉所关联的脑内运动皮质的活跃程度,能对偏瘫症状所伴随的不适感起到明显的改善作用。借助规律的镜像疗法可有效恢复患者患侧肢体一部分或全部的运动功能,视觉上的刺激信息可以传导入相关联功能受损的脑内运动前皮质部位,以镜像神经元实现相

关性的流程,同时患者健侧肢体实施运动,以健侧颅内半球有关的交互易化作为基点,可强化患侧肢体相关运动传导通路的活跃程度,对于患侧肢体功能恢复有明显益处^[12, 20]。以往研究^[21-23]也显示,患者健侧肢体在镜中可见运动成像的情况下,患侧肢体颅内功能控制区的传导信号会得到强化,体现出颅内中枢神经较强的可塑性。镜像疗法有利于脑卒中偏瘫患者的脑功能重组,可以对周围神经系统和中枢神经系统进行刺激,能够有效减轻症状,优化患者预后结局,在联合治疗时作用更加显著^[24-26]。

本研究结果显示,干预 4 周后,观察组的 WMFT、FMA-UL、BI 评分均高于对照组,表示在常规康复的基础上,采取上肢康复机器人联合镜像疗法可以改善脑卒中患者 Wolf 运动功能、上肢运动功能、日常生活活动能力,优于单一的常规康复,与既往类似报道结论一致。分析原因有可能是,上肢康复机器人的 3 种训练模式通过视觉、听觉等感官上的实时刺激与反馈,进一步地正向刺激中枢神经网络,从而促进了其颅内运动皮质区对应功能的重组和恢复等。而镜像疗法对支配患肢运动的颅内区域进行了正向刺激,借助视觉反馈效应,使得视觉感觉相较于触觉以及本体感觉更为灵敏。

综上所述, 上肢康复机器人联合镜像疗法对于脑卒中患者的 Wolf 运动功能、上肢运动功能、日常生活活动能力具有显著的正向作用, 联合疗法的效果优于单一的常规康复。但本研究也存在一定不足, 本次研究样本偏小, 没有纳入干预措施的长期效果, 因此, 未来需要进一步扩大样本量, 延长观察期限, 补充相应功能脑区的客观量化指标, 以期对脑卒中患者恢复期的临床治疗提供一种安全可行的方法。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 王芬芬负责设计论文框架, 起草论文, 实验操作, 实施研究过程, 数据收集, 统计学分析, 拟定写作思路, 指导撰写文章并最后定稿; 徐蓉负责论文修改。

参考文献

- [1] 王梁, 朱冬燕, 徐倩, 等. 上肢康复机器人辅助训练联合镜像疗法对脑卒中单侧空间忽略的疗效 [J]. 华西医学, 2021, 36(4): 471-475.
- [2] WU Q, YUE Z, GE Y X, et al. Brain functional networks study of subacute stroke patients with upper limb dysfunction after comprehensive rehabilitation including BCI training[J]. Front Neurol, 2020, 27(10): 1419.
- [3] Moon J H, Kim J, Hwang Y, et al. Novel evaluation of upper-limb motor performance after stroke based on normal reaching movement model[J]. J Neuroeng Rehabil, 2023, 20(1): 66.
- [4] ZHANG R, CHEN Y D, XU Z X, et al. Recognition of single upper limb motor imagery tasks from EEG using multi-branch fusion convolutional neural network[J]. Front Neurosci, 2023, 22(17): 1129049.
- [5] Pournajaf S, Morone G, Straudi S, et al. Neurophysiological and clinical effects of upper limb robot-assisted rehabilitation on motor recovery in patients with subacute stroke: a multicenter randomized controlled trial study protocol[J]. Brain Sci, 2023, 13(4): 700.
- [6] LIU K P, LI L, LI W T, et al. Compliant control of lower limb rehabilitation exoskeleton robot based on flexible transmission[J]. J Bionic Eng, 2023, 20(3): 1021-1035.
- [7] Rustamov N, Humphries J, Carter A, et al. Theta-gamma coupling as a cortical biomarker of brain-computer interface-mediated motor recovery in chronic stroke[J]. Brain Commun, 2022, 4(3): 136.
- [8] 顾赛勇, 邵圣茜, 杨煜. 康复机器人手套结合镜像疗法对脑卒中偏瘫患者上肢运动及手功能的影响 [J]. 中外医疗, 2023, 42(9): 9-13.
- [9] 时景, 李成, 李洪艳, 等. 镜像疗法联合核心肌群训练对脑卒中病人平衡功能及日常生活能力的影响 [J]. 蚌埠医学院学报, 2021, 46(12): 1782-1784.
- [10] 朱琳, 曲斯伟, 刘霖, 等. 阳极经颅直流电刺激联合镜像疗法对脑卒中患者上肢功能的效果 [J]. 中国康复理论与实践, 2022, 28(11): 1247-1251.
- [11] 匡佳丽. 上肢康复机器人训练联合康复护理对脑卒中偏瘫患者上肢功能的影响 [J]. 中国伤残医学, 2021, 29(12): 77-78.
- [12] Khan M A, Das R, Iversen H K, et al. Review on motor imagery based BCI systems for upper limb post-stroke neurorehabilitation: From designing to application[J]. Comput Biol Med, 2020, 123(8): 103843.
- [13] Gasperina S D, Longatelli V, Braghin F, et al. A human-robot cooperative and personalized compliant joint controller for upper-limb rehabilitation robots: the elbow joint validation[J]. Front Neurobot, 2022, 18(15): 734130.
- [14] Senesh M R, Reinkensmeyer D J. Breaking proportional recovery after stroke[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2019, 33(11): 888-901.
- [15] 钮晟佳, 杨卫新, 张大伟, 等. 上肢机器人联合川平疗法对脑卒中患者上肢运动功能及日常生活活动能力的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(8): 1003-1005.
- [16] Ennaïem F, Chake A, Laribi M A, et al. Task-based design approach: Development of a planar cable-driven parallel robot for upper limb rehabilitation[J]. Applied Sciences, 2021, 11(12): 5635.
- [17] Abbas M, Narayan J, Dwivedy S K. Event-triggered adaptive control for upper-limb robot-assisted passive rehabilitation exercises with input delay[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering, 2022, 236(4): 832-845.
- [18] Kuroda M M, Iwasaki N, Yoshikawa K, et al. Voluntary-assisted upper limb training for severe cerebral palsy using robotics devices and neuromuscular electrical stimulation: three case reports[J]. Prog Rehabil Med, 2022, 7: 20220050. DOI: 10.2490/prm.20220050.
- [19] Kim J A, Chun M H, Lee A, et al. The effect of training using an upper limb rehabilitation robot (HEXO-UR30A) in chronic stroke patients: a randomized controlled trial[J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(12): e33246.
- [20] Naro A, Calabrò R S. Improving upper limb and gait rehabilitation outcomes in post-stroke patients: a scoping review on the additional effects of non-invasive brain stimulation when combined with robot-aided rehabilitation[J]. Brain Sci, 2022, 12(11): 1511.
- [21] 杨威, 曾柱纯, 周航帆, 等. 镜像疗法联合上肢康复机器人训练对脑卒中患者上肢功能的影响 [J]. 护理与康复, 2022, 21(8): 7-11.
- [22] Cha T H, Hwang H S. Rehabilitation interventions combined with noninvasive brain stimulation on upper limb motor function in stroke patients[J]. Brain Sci, 2022, 12(8): 994.
- [23] Melnikova E A, Starkova E Y, Razumov A N. Modern view on upper limb physical rehabilitation after stroke. Literature review[J]. Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult, 2023, 100(1): 42-53.
- [24] Schrader M, Sterr A, Kettlitz R, et al. The effect of mirror therapy can be improved by simultaneous robotic assistance[J]. Restor Neurol Neurosci, 2022, 40(3): 185-194.
- [25] WANG Y X, LUO Z Z. Research on the effect of MT+FES training on sensorimotor cortex[J]. Neural Plast, 2022. DOI: 10.1155/2022/6385755.
- [26] Kim D H, Lee K D, Bulea T C, et al. Increasing motor cortex activation during grasping via novel robotic mirror hand therapy: a pilot fNIRS study[J]. J Neuroeng Rehabil, 2022, 19(1): 8.

编辑: 张笑嫣

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎指导