

上肢康复机器人辅助训练对老年脑卒中患者上肢功能的影响

张小玫, 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:** 探讨上肢康复机器人辅助训练对老年脑卒中患者上肢功能的改善效果。**方法:** 选取 2021 年 1 月—2024 年 1 月南京市高淳人民医院收治的 80 例老年脑卒中患者, 采用随机数表法, 将 80 例患者分为对照组 ($n=40$, 常规康复训练) 和观察组 ($n=40$, 常规康复联合上肢康复机器人辅助训练)。两组均治疗 4 周, 比较两组治疗前后的上肢运动功能、日常生活活动能力及综合功能独立性情况。**结果:** 治疗后, 两组患者的上肢运动功能、日常生活活动能力及综合功能独立性情况相较于治疗前显著提升 ($P<0.05$); 且观察组各指标的改善情况显著优于对照组 ($P<0.05$)。**结论:** 上肢康复机器人辅助训练对改善老年脑卒中患者上肢运动功能、日常生活活动能力及综合功能独立性具有显著效果, 临床值得推荐。

关键词 上肢康复机器人; 脑卒中; 上肢功能

中图分类号 R496 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 04-0624-04

Effect of upper limb rehabilitation robot-assisted training on upper limb function in elderly stroke patients

ZHANG Xiaomei, XU Rongzhen

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

Abstract **Objective:** To explore the improvement effect of upper limb rehabilitation robot-assisted training on upper limb function in elderly stroke patients. **Methods:** 80 elderly stroke patients who were treated in Nanjing Gaochun People's Hospital from January 2021 to January 2024 were selected. They were randomly divided into the control group ($n=40$, conventional rehabilitation training) and the observation group ($n=40$, conventional rehabilitation combined with upper limb rehabilitation robot-assisted training) using the random number table method. All patients received a 4-week treatment. Upper limb motor function, activities of daily living (ADL), and comprehensive functional independence before and after treatment were compared between the two groups of patients. **Results:** After treatment, both groups showed significant improvement in upper limb motor function, ADL, and comprehensive functional independence ($P<0.05$), while the above indicators in the observation group showed significantly greater improvement than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Upper limb rehabilitation robot-assisted training can significantly improve upper limb motor function, ADL, and comprehensive functional independence in elderly stroke patients, which is worthy of clinical recommendation.

Key words Upper Limb Rehabilitation Robot; Stroke; Upper Limb Function

《中国脑卒中防治报告(2023)》显示, 我国 40 岁以上脑卒中患者达 1242 万例, 且发病呈年轻化, 存活者中约 75% 遗留后遗症, 其中 40% 伴重度残疾, 这给家庭与社会造成了沉重负担^[1]。全球疾病负担研究指出, 脑卒中在全球致死病因中居第二位, 并列致残相关性死亡因素的第三位^[2]。研究显示, 30%~66% 的脑卒中患者因肩肘代偿性运动模式难以

恢复上肢功能^[3-4], 限制其日常生活独立性。目前临床主要采用作业疗法、镜像疗法及机器人辅助训练等方法改善患者上肢功能, 其中上肢康复机器人辅助训练技术通过量化参数调控(如关节活动度、阻力负荷)提供精准运动辅助, 有助于提升患侧上肢运动协调性^[5-6]。然而, 现有研究多聚焦于患者整体功能改善, 对异常运动模式(如肩胛带代偿性上提、

基金项目: 江苏省卫生健康科研项目 (JKC2021058)

Foundation Item: Health and Medical Research Project of Jiangsu Province (JKC2021058)

引用格式: 张小玫, 徐蓉贞. 上肢康复机器人辅助训练对老年脑卒中患者上肢功能的影响 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6(4): 624-627.

Citation: ZHANG X M, XU R Z. Effect of upper limb rehabilitation robot-assisted training on upper limb function in elderly stroke patients [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(4): 624-627.

通讯作者 (Corresponding Author): 徐蓉贞 (XU Rongzhen), Email: x139139054@163.com

肘关节屈曲痉挛)的特异性调控机制尚未明确^[7]。本研究通过对比常规康复训练与上肢康复机器人辅助训练的疗效,旨在为脑卒中后患者的康复策略提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月—2024年1月南京市高淳人民医院收治的80例老年脑卒中患者,采用随机数表法,将80例患者分为对照组($n=40$,常规康复训练)与观察组($n=40$,常规康复联合上肢康复机器人辅助训练)。比较两组患者一般资料,差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。本研究已通过医学伦理委员会审核(审批号:AF/SC-05/01.0)。

1.2 纳入标准与排除标准 纳入标准:①经诊断,临床确认为脑出血或脑梗死^[8];②首次单侧发病;③病情处于恢复期,且可以配合研究者;④上肢部分运动功能丧失;⑤生命体征比较平稳,且心肺功能良好;⑥无视觉、听觉、心理或者认知方面^[9]的障碍;⑦患者及家属签署知情同意书。排除标准:①肩痛明显,上肢各关节被动活动显著受限;②患有呼吸系统疾病、心肺功能异常、肝肾功能异常、血液系统疾病、蛛网膜下腔出血之一者;③病程>3个月;④肌张力过高;⑤无法完成本研究者。

1.3 方法

1.3.1 对照组 行常规康复训练,主要包括作业疗法和物理疗法。作业疗法包括日常生活方面的指导、木钉盘活动以及滚筒训练等内容,每日训练1次即

可,单次训练30 min,每周训练5 d,休息2 d。物理疗法包括转移训练、站立位及坐立位的平衡把握、被动活动等,研究期间每日训练1次即可,单次训练30 min,每周训练5 d,休息2 d,总计训练4周。

1.3.2 观察组 在对照组的基础上进行Burt上肢康复机器人(ESTUN埃斯顿医疗,如图1)辅助训练,具体如下。①训练开始前,对患者进行5 min的患侧上肢各关节被动活动训练,对上肢康复机器人的参数进行个性化设置,包括调节机械臂的高度以及左右方向等,考量患者的手部、前臂部位以及上臂部位的长度情况,从而对于机器人机械臂的长度等予以调整,且依照患者上肢可承受负荷对机器人机械臂的支撑参数加以调节,随后将患者肩关节被动前屈至90°,且使前臂呈现水平姿势。②观察患者的运动受限情况。选择适合患者的游戏进行训练,针对性地训练其肘部的屈伸功能、内收与外展功能、肩关节的前屈功能与后伸功能,以及手指部位的抓握功能等。训练采用循序渐进的方法,训练时间从5 min逐步增加至15 min,期间注意观察患者具体情况。总计训练4周。

1.4 观察指标 ①上肢运动功能。采用Fugl-Meyer上肢运动功能量表^[10](Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity, FMA-UE)评估患者上肢运动功能。其包括Fugl-Meyer肩肘部运动功能评分(Fugl-Meyer Assessment for Shoulder-Elbow, FMA-SE)和Fugl-Meyer腕手部运动功能评分(Fugl-Meyer Assessment for Wrist-Hand, FMA-WH)2个小量表。满分66分,分数越高表示上肢运动功能越佳。②日常生活活动能力。

表1 两组患者一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

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

项目	观察组 ($n=40$)	对照组 ($n=40$)	t/χ^2 值	P 值
性别(男/女)	24/16	23/17	0.112	0.738
年龄(岁)	70.12 ± 5.05	70.25 ± 5.15	0.121	0.904
类型(出血型/梗死型)	13/27	14/26	0.087	0.768
发病部位(左/右)	22/18	21/19	0.050	0.823
FMA-UL(分)	19.05 ± 3.38	19.18 ± 3.21	0.178	0.859
FMA-SE(分)	12.87 ± 1.95	13.11 ± 3.21	0.532	0.596
FMA-WH(分)	5.24 ± 0.82	5.3 ± 0.88	0.321	0.749
BI(分)	55.7 ± 3.52	55.43 ± 3.28	0.416	0.678

注:FMA-UL.反映上肢运动功能;FMA-SE.反映肩肘部运动功能;FMA-WH.反映腕手部运动功能;BI.反映日常生活活动能力



图1 上肢康复机器人辅助训练

Figure 1 Upper limb rehabilitation robot-assisted training

采用 Barthel 指数 (Barthel Index, BI) 评定量表^[11] 评估。满分 100 分, 分数越高表示个体日常生活活动能力越理想。③综合功能独立性。采用功能独立性量表 (Functional Independence Measure, FIM)^[12] 评估, 总分 126 分, 分数越高表示功能独立性越好, 依赖程度越低。

1.5 统计学方法 所有数据采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析, 计数资料用例数 (n) 表示, 组间行 χ^2 检验; 计量资料用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间行 t 检验, 多时点采用重复测量方差分析。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 上肢运动功能 两组患者治疗前的 FMA-UE、FMA-SE、FMA-WH 评分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗后两组患者评分相较于治疗前显著提升, 且观察组的 FMA-UE、FMA-SE 评分高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 2。

2.2 日常生活活动能力 两组患者治疗前的 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 3。

2.3 综合功能独立性 两组患者治疗前的 FIM 评分比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。治疗后两组患者的 FIM 评分均高于治疗前, 且观察组高于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 4。

3 讨论

有研究^[13-15]指出, 相当一部分脑卒中后患者存在痉挛、肢体僵硬或者运动不协调等上肢功能障碍问题, 其劳动能力部分乃至全部丧失。当前国内外的较多研究均致力于脑卒中后上肢运动功能改善, 并将上肢康复机器人辅助训练等新技术应用到其中。

有研究表明^[16-17], 机器人辅助训练在脑卒中恢复期患者中的应用, 使患者上肢运动功能较治疗前显著改善, 反映出机器人辅助训练有利于脑卒中恢复期人群上肢运动功能的逐步恢复。本团队查阅了有关文献, 发现重复性比较强的运动训练有利于刺激脑卒中患者上肢运动功能, 同时机器人辅助训练可以为患者提供个性化的稳定性训练, 且训练模式比较多样化, 能够适应患者不同训练阶段的肌力要求^[18-19]。此外, 人的大脑具有较强的可塑性, 以往研究^[20-22]发现, 脑卒中患者在活动患侧肢体时, 能够向大脑输入多种感觉和运动刺激信息, 对大脑形成反复的有益刺激, 促进病灶附近脑组织的不断激活, 有利于局部脑功能的重组以及代偿, 从而有利于上肢运动功能的逐渐恢复。此外, 对患者进行科学的训练指导, 帮助患者重新建立神经系统对运动功能的控制, 进一步促进上肢功能的恢复^[23]。

本次研究中运用的机器人辅助训练为患者提供了有效的上肢物理学支撑, 实现了患者的灵活与自主运动, 且增加了游戏内容, 使得整个康复治疗过程充满趣味, 有利于培养和提升患者治疗的积极性。机器人辅助训练实现了患者与机器人之间的互动, 充分调动了患者的主动参与性。在治疗过程中, 机器人能够循序渐进地促进患者大脑在运动协调、感觉反馈以及信息处理等方面的提升, 刺激中枢神经尽快修复及重建^[24-28]。本研究发现, 治疗前, 两组患者在上肢运动功能、日常生活活动能力以及综合功能独立性方面的差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后, 观察组的上肢运动功能、日常生活活动能力以及综合功能独立性显著优于对照组 ($P < 0.05$), 这与既往有关报道^[29-30]的结论一致。

综上所述, 常规康复训练联合上肢康复机器人辅助训练对老年脑卒中患者的上肢功能具有一定的

表 2 两组患者上肢运动功能比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of upper limb motor function between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	FMA-UE (分)		FMA-SE (分)		FMA-WH (分)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
观察组 ($n=40$)	19.05 \pm 3.38	36.12 \pm 6.45 ^a	12.87 \pm 1.95	25.93 \pm 3.52 ^a	5.24 \pm 0.82	9.45 \pm 1.18 ^a
对照组 ($n=40$)	19.18 \pm 3.21	26.85 \pm 5.75 ^a	13.11 \pm 2.15	17.65 \pm 3.08 ^a	5.30 \pm 0.88	9.88 \pm 1.57 ^a
t 值	0.285	5.551	0.671	11.420	0.201	1.578
P 值	0.777	<0.001	0.504	<0.001	0.841	0.119

注: 与治疗前比较, ^a $P < 0.05$

表3 两组患者BI评分比较 ($\bar{x} \pm s$)Table 3 Comparison of BI scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	治疗前	治疗后
观察组 (n=40)	55.75 ± 3.52	68.20 ± 4.89 ^a
对照组 (n=40)	55.43 ± 3.28	58.75 ± 5.92 ^a
t 值	0.416	9.142
P 值	0.678	<0.001

注：与治疗前比较，^aP<0.05

表4 两组患者FIM评分比较 ($\bar{x} \pm s$)Table 4 Comparison of FIM scores between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	治疗前	治疗后
观察组 (n=40)	53.85 ± 4.62	73.45 ± 4.88 ^a
对照组 (n=40)	54.12 ± 4.35	62.30 ± 5.98 ^a
t 值	0.275	9.142
P 值	0.784	<0.001

注：与治疗前比较，^aP<0.05

改善效果，临床值得推广。但本研究样本量较小，随访周期较短，未来需通过多中心、大样本量的长期随访以进一步验证。

利益冲突声明： 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明： 张小玫负责设计论文框架，起草论文，数据收集，统计学分析；徐蓉负责拟定写作思路，修改论文，指导撰写文章并定稿。

参考文献

- [1] 胡琼丹, 陈霞, 高春鹏. 219 所医院脑心健康管理师工作开展和资源配置现状调查 [J]. 护理实践与研究, 2023, 20(11): 1586-1593.
- [2] Chien W T, Chong Y Y, Tse M K, et al. Robot-assisted therapy for upper-limb rehabilitation in subacute stroke patients: a systematic review and meta-analysis[J]. Brain Behav, 2020, 10(8): 1742.
- [3] Coscia M, Wessel M J, Chaudary U, et al. Neurotechnology-aided interventions for upper limb motor rehabilitation in severe chronic stroke[J]. Brain, 2019, 142(8): 2182-2197.
- [4] 刘结梅, 陈国梁, 蔡奇芳, 等. 机器人训练对脑卒中恢复期患者上肢运动功能的影响研究 [J]. 中国现代医生, 2022, 57(19): 98-100.
- [5] 唐泽文, 许方军, 秦成义, 等. 上肢康复机器人联合等速肌力训练对脑卒中恢复期偏瘫患者的康复效果研究 [J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(16): 3183-3186.
- [6] 刘攀, 卢秀艳, 王欣, 等. 机器人虚拟情景训练联合头针对脑卒中患者认知功能障碍的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2024, 46(3): 242-246.
- [7] Takebayashi T, Takahashi K, Amano S, et al. Robot-assisted training as self-training for upper-limb hemiplegia in chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. Stroke, 2022, 53(7): 2182-2191.
- [8] LI H, FU X, LU L, et al. Upper limb intelligent feedback robot training significantly activates the cerebral cortex and promotes the functional connectivity of the cerebral cortex in patients with stroke: a functional near-infrared spectroscopy study[J]. Front Neurol, 2023, 2(14): 1042254.
- [9] TANG C, ZHOU T, ZHANG Y, et al. Bilateral upper limb robot-assisted rehabilitation improves upper limb motor function in stroke patients: a study based on quantitative EEG[J]. Eur J Med Res, 2023, 28(1): 603.

- [10] 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, 9(15): 50.
- [11] Yang S W, Ma S R, Choi J B. Effect of 3-dimensional robotic therapy combined with electromyography-triggered neuromuscular electrical stimulation on upper limb function and cerebral cortex activation in stroke patients: a randomized controlled trial[J]. Bioengineering (Basel), 2023, 11(1): 12.
- [12] 孙琦, 谢晶军. 上肢康复机器人对脑卒中患者上肢功能障碍的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(9): 835-838.
- [13] Zhang J J, Bai Z, Fong K N K. Priming intermittent theta burst stimulation for hemiparetic upper limb after stroke: a randomized controlled trial[J]. Stroke, 2022, 53(7): 2171-2181.
- [14] 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): 33246.
- [15] Scutelnic A, Streit S, Sarikaya H, et al. Primary prevention of acute stroke[J]. Praxis, 2020, 109(4): 277-289.
- [16] Angerhöfer C, Colucci A, Vermehren M, et al. Post-stroke rehabilitation of severe upper limb paresis in germany-toward long-term treatment with brain-computer interfaces[J]. Front Neurol, 2021, 18(12): 772199.
- [17] 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.
- [18] NI J, JIANG W, GONG X, et al. Effect of rTMS intervention on upper limb motor function after stroke: a study based on fNIRS[J]. Front Aging Neurosci, 2023, 13(14): 1077218.
- [19] 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.
- [20] Morone G, Capone F, Iosa M, et al. May dual transcranial direct current stimulation enhance the efficacy of robot-assisted therapy for promoting upper limb recovery in chronic stroke?[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2022, 36(12): 800-809.
- [21] 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, 8(123): 103843.
- [22] 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.
- [23] 朱朝叠, 董娅南, 郑发宇, 等. 上肢机器人在脑卒中患者功能恢复中的应用 [J]. 中国继续医学教育, 2018, 10(25): 146-147.
- [24] GU Y, XU Y, SHEN Y, et al. A review of hand function rehabilitation systems based on hand motion recognition devices and artificial intelligence[J]. Brain Sci, 2022, 12(8): 1079.
- [25] ZHANG R, CHEN Y, XU Z, 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.
- [26] 张大冬, 黄鹏鹏, 李翔鹏, 等. 机器人训练对恢复期脑卒中患者上肢运动功能及日常生活活动能力的影响 [J]. 生物医学工程与临床, 2021, 25(4): 459-461.
- [27] 陈慧婷, 李冰洁, 于海艳, 等. 上肢机器人在脑卒中社区康复中的应用 [J]. 上海医药, 2024, 45(14): 1-4.
- [28] 张丽英, 王杰宁, 于小明. 机器人辅助训练对脑卒中患者上肢运动功能效果的 Meta 分析 [J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29(2): 156-166.
- [29] 梁俏俏, 李燕君, 冯静. 机器人辅助训练对脑卒中恢复期患者上肢功能的康复作用 [J]. 中国现代医生, 2022, 60(17): 4.
- [30] Comino-Suárez N, Moreno J C, Gómez-Soriano J, et al. Transcranial direct current stimulation combined with robotic therapy for upper and lower limb function after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized control trials[J]. J Neuroeng Rehabil, 2021, 18(1): 148.

收稿日期：2024-04-18

编辑：魏小艳