

上肢机器人辅助作业疗法对脑卒中偏瘫患者上肢功能及日常生活活动能力的影响

阚婧雅, 刘曦, 刘嘉奕, 吴晓静, 刁明伟

(北京市第六医院康复医学科 北京 100007)

摘要 **目的:** 探究脑卒中偏瘫患者接受上肢机器人辅助作业疗法干预后上肢功能及日常生活活动能力变化情况。**方法:** 回顾性分析北京市第六医院于2022年10月—2024年1月神经内科住院及康复科门诊就诊的60例脑卒中偏瘫患者。以随机数字表法为标准将患者分为研究组(30例, 行常规康复+上肢机器人辅助作业疗法)、对照组(30例, 行常规康复), 两组患者均接受6周治疗。收集两组患者临床资料, 比较两组患者Fugl-Meyer上肢部分运动功能评分量表(FMA-UE)、手臂动作调查测试(ARAT)、改良Barthel指数量表(MBI)、功能独立性评定量表(FIM)评分、上肢Brunnstrom分期及康复满意度。**结果:** 与对照组相比, 研究组干预3周、6周后FMA-UE、ARAT、MBI、FIM评分更高, 干预后研究组上肢Brunnstrom分期优于对照组, 研究组患者康复满意度高于对照组。**结论:** 脑卒中偏瘫患者实施上肢机器人辅助作业疗法可显著改善上肢功能与日常生活活动能力。

关键词 机器人辅助作业疗法; 脑卒中; 偏瘫; 上肢功能; 日常生活活动能力

中图分类号 R743.3 R493 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2024)04-0548-06

Effect of upper limb robot-assisted occupational therapy on upper limb function and abilities of daily living in stroke patients with hemiplegia

KAN Jingya, LIU Xi, LIU Jiayi, WU Xiaojing, DIAO Mingwei

(Department of Rehabilitation Medicine, Beijing No.6 Hospital, Beijing 100007, China)

Abstract **Objective:** To investigate the changes of upper limb function and abilities of daily living ability (ADLs) in stroke patients with hemiplegia after receiving upper limb robot-assisted occupational therapy. **Methods:** Clinical data of 60 stroke patients with hemiplegia who were treated in the Beijing No.6 Hospital from October 2022 to January 2024 were retrospectively analyzed. The patients were divided into the study group (n=30) and the control group (n=30) using a randomized number table, the study group received conventional rehabilitation + upper limb robot-assisted occupational therapy for 6 weeks, and the control group received conventional rehabilitation for 6 weeks. The clinical data of the two groups were collected, the Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity (FMA-UE), Action Research Arm Test (ARAT), Modified Barthel Index (MBI), Functional Independence Measure (FIM) scores, upper limb Brunnstrom stage and rehabilitation satisfaction of patients in the two groups were compared. **Results:** Compared with the control group, the study group had higher FMA-UE, ARAT, MBI and FIM scores after 3 and 6 weeks of intervention, the upper limb Brunnstrom stage of the study group was better than that of the control group after intervention, and the rehabilitation satisfaction of patients in the study group was higher than that of the control group. **Conclusion:** The implementation of upper limb robot-assisted occupational therapy in stroke patients with hemiplegia could significantly improve their upper limb function and ADLs.

Key words Robot-assisted Occupational Therapy; Stroke; Hemiplegia; Upper Limb Function; Activities of Daily Living

收稿日期: 2024-02-26 录用日期: 2024-04-12

Received Date: 2024-02-26 Accepted Date: 2024-04-12

基金项目: 北京市自然科学基金(7102050); 北京市第六医院科研项目(2023-32号)

Foundation Item: Natural Science Foundation of Beijing (7102050); Research Project of Beijing Sixth Hospital (2023-32)

通讯作者: 阚婧雅, Email: 714016859@qq.com

Corresponding Author: KAN Jingya, Email: 714016859@qq.com

引用格式: 阚婧雅, 刘曦, 刘嘉奕, 等. 上肢机器人辅助作业疗法对脑卒中偏瘫患者上肢功能及日常生活活动能力的影响[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2024, 5(4): 548-553.

Citation: KAN J Y, LIU X, LIU J Y, et al. Effect of upper limb robot-assisted occupational therapy on upper limb function and abilities of daily living in stroke patients with hemiplegia [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(4): 548-553.

脑卒中是由于脑部血管突然破裂或因血管阻塞导致血液不能流入大脑而引起的脑组织损伤，通常分为缺血性和出血性两大类，其中缺血性脑卒中的发病率高于出血性脑卒中，占脑卒中总数的60%~70%^[1]。脑卒中偏瘫是指因脑卒中引起的瘫痪症状，通常影响身体的一侧，包括上下肢、面部等^[2]。目前传统的康复治疗方法虽然取得了一定的效果，但存在治疗周期长、效果不稳定等问题^[3]。因此，探索新的康复治疗方法，提高偏瘫患者上肢功能和日常生活活动能力，具有重要的现实意义。近年来，随着机器人技术的不断发展，上肢机器人辅助作业疗法在康复医学领域得到了广泛关注^[4]。上肢机器人辅助作业疗法作为一种新型的康复手段，结合了机器人技术的精确性、可重复性以及作业疗法的实用性，为卒中中偏瘫患者的康复治疗提供了新的可能^[5]。本研究旨在深入探索上肢机器人辅助作业疗法在脑卒中偏瘫中的应用价值，以期证实该复合康复手段的有效性，为临床康复治疗提供新的思路。同时期望通过本研究为脑卒中偏瘫患者的康复治疗提供更加个性化、高效的治疗方案，进一步改善患者生活质量，减轻家庭和社会负担。

1 资料与方法

1.1 一般资料 对北京市第六医院2022年10月—2024年1月神经内科住院及康复科门诊就诊的60例脑卒中患者进行随机对照试验。纳入标准：①入院后经脑CT、MRI检查确诊，排除脑出血和其他病变，有梗死责任病灶^[6]；②年龄范围在25~80岁；③意识清晰，无任何严重的认知障碍，能够按照医生的建议和指导完成康复训练计划以及相关评估；④病程在2周~6个月；⑤病情稳定，存在冠心病、高血压、糖尿病等疾病患者病情控制良好；⑥简易精神状态检查表评分 ≥ 17 分。排除标准：①伴有严重心、肺等脏器功能障碍者；②伴有多发性癫痫者；③偏瘫侧改良Ashworth痉挛评分 >3 级，有严重痉挛者；④患病前有上肢关节功能障碍或影响肢体功能的其他疾病者；⑤属复发脑卒中或属

双侧偏瘫者。以随机数字表法为标准将患者分为对照组（行常规康复）和研究组（行常规康复+上肢机器人辅助作业疗法）。以研究对象干预3周Fugl-Meyer运动功能评分量表上肢部分（Fugl-Meyer Assessment-Upper Extremities, FMA-UE）评分为观测的主要结局指标，设双侧 $\alpha=0.05$ ，把握度为90%。根据以下样本量计算公式计算样本量：

$$n = \frac{2(z_{\alpha} + z_{\beta})^2 \times \sigma^2}{\delta^2} \quad (1.1)$$

可得 $n=30$ 例，考虑到1:1随机化分组，即研究组和对照组各纳入对象30例。研究期间研究组患者脱落1例，对照组无脱落。因本研究为前瞻性研究，为保障两组患者均衡实施补齐干预，使研究组患者与对照组保持比例为1:1，最终两组完成研究患者各30例，共计60例。两组患者一般资料比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），具有可比性，见表1。

1.2 方法 对照组患者接受标准常规康复训练，每次20 min，2次/天，5天/周，持续治疗6周。常规康复训练涵盖运动疗法（包括关节松动训练、肌力增强训练、平衡与协调训练以及步态调整训练等）、物理疗法（如电疗、热疗）、吞咽与言语功能恢复治疗。作业治疗聚焦于上肢及手部功能恢复训练，通过模拟日常活动训练如使用钥匙开锁、持杯饮水、翻页阅读等，以及日常生活活动训练如穿脱衣物、床椅转移和进食等，促进患者生活自理能力提升。

研究组患者每日上午接受对照组相同常规康复训练，下午接受上肢康复机器人辅助训练，每次20 min，5天/周，连续治疗6周。选用S500上肢康复机器人（橙象医疗科技有限公司）进行训练，该康复训练系统具有实时数据反馈、患者训练信息数据库管理功能，配备8个角度无接触传感器，能够精确记录患者的训练数据，并对患者康复状况进行评估。干预过程中，医生根据患者康复进展，借助机械臂上2个负重调节器适当增加上肢负重，增强患者肌肉力量。实施干预时，患者患侧上肢应稳固固定在执行器支架上，以确保训练的安全性、有效性。医

表 1 两组患者一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups of patients

指标	研究组 (n=30)	对照组 (n=30)	t/ χ^2 值	P 值
年龄 (岁)	61.57 ± 7.77	62.00 ± 8.93	-0.201	0.842
病程 (d)	31.70 ± 10.77	32.17 ± 12.49	-0.155	0.877
性别			0.067	0.795
男	17 (56.67)	16 (53.33)	—	—
女	13 (43.33)	14 (46.67)	—	—
卒中类型			0.271	0.602
脑梗死	16 (53.33)	18 (60.00)	—	—
脑出血	14 (46.67)	12 (40.00)	—	—
偏瘫侧			0.271	0.602
左	16 (53.33)	18 (60.00)	—	—
右	14 (46.67)	12 (40.00)	—	—

生会根据患者具体状况设置相应治疗模式,并由系统生成个性化训练方法,以指导患者完成治疗过程。

1.3 观察指标

1.3.1 主要评价指标 FMA-UE^[7]: 于干预前、干预 3 周、干预 6 周评估患者 FMA-UE 评分。量表包含 9 个维度,共 33 项,总分为 66 分,分数与上肢功能正向变化。

1.3.2 次要评价指标 ①手臂动作调查测试 (Action Research Arm Test, ARAT)^[8]: 于干预前、干预 3 周、干预 6 周评估患者 ARAT 评分。测试内容包括抓、握等共 19 项,总分为 57 分,分数与手功能正向变化。②上肢 Brunnstrom 分期^[9]: 于干预前、干预后进行评估,可分为 I ~ VI 期,分别代表迟缓期 (上肢无任何随意运动)、联合运动期 (存在一些联合、协同运动,有极少的随意运动)、共同运动期 (可随意实施协同运动)、部分分离运动期 (开始出现分离运动)、分离运动期 (肌张力逐渐恢复)、亚健康期或相对恢复期 (运动能力接近正常,速度和准确性逐渐接近正常水平)。③改良 Barthel 指数量表 (Modified Barthel Index, MBI)^[10]: 于干预前、干预 3 周、干预 6 周评估患者 MBI,量表包括 10 个项目,每项有 5 个等级,总分为 100 分,分数与生活能力正向变化。④功能独立性评定量表 (Functional Independence Measure, FIM)^[11]:

于干预前、干预 3 周、干预 6 周评估患者 FIM,仅取其中运动功能评分,总分为 91 分,分数与生活能力正向变化。⑤康复满意度: 于干预结束后采用匿名方式评估患者康复满意度,根据满意程度分为非常满意、满意、一般满意、不满意。总满意度 = 1 - (不满意 / 总例数) × 100%。

1.4 统计学方法 所有数据均采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。计数资料如性别、卒中类型、偏瘫侧、上肢 Brunnstrom 分期、康复满意度用例数 (百分比) [n (%)] 表示,进行 χ^2 检验;符合正态分布的计量资料如年龄、病程、FMA-UE、ARAT、MBI、FIM 用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,行 *t* 检验,两组多时点比较如干预前、干预 3 周、干预 6 周 FMA-UE、ARAT、MBI、FIM 评分采用重复测量方差分析,以 $P < 0.05$ 表示差异统计学意义。

2 结果

2.1 FMA-UE、ARAT 评分 FMA-UE、ARAT 评分主体内效应 ($F_{\text{时点}}$ 、 $F_{\text{交互}}$)、主体间效应 ($F_{\text{组间}}$) 比较,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。干预前,两组患者 FMA-UE、ARAT 评分比较无明显差异 ($P > 0.05$)。干预 3 周、6 周后,两组患者 FMA-UE、ARAT 评分均升高,且研究组高于对照组 ($P < 0.05$),差异有统计学意义,见表 2。

2.2 上肢 Brunnstrom 分期 干预前,两组患

者上肢Brunnstrom分期未见显著差异 ($P>0.05$)，干预后研究组上肢Brunnstrom分期优于对照组 ($P<0.05$)，差异有统计学意义，见表3。

2.3 MBI、FIM 评分 MBI、FIM评分主体内效应 ($F_{\text{时点}}$ 、 $F_{\text{交互}}$)、主体间效应 ($F_{\text{组间}}$) 比较，差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。干预前，两组患者MBI、FIM评分比较无明显差异 ($P>0.05$)。干预3周、6周后，两组患者MBI、FIM评分均升高，且研究组评分高于对照组 ($P<0.05$)，差异具有统计学意义，见表4。

2.4 康复满意度 研究组总满意度高于对照组，差异具有统计学意义 ($P<0.05$)，见表5。

3 讨论

3.1 上肢机器人辅助作业疗法在脑卒中偏瘫患者中的应用意义

脑卒中，又称脑血管意外或中风，是全球范围内导致长期残疾和死亡的主要原因之一^[12]。脑卒中后许多患者会遭受偏瘫等后遗症的困扰，其中上肢功能障碍尤为常见，这不仅会影响患者的日常生活自理能力，还会对社交和心理健康产生深远影响。因此，寻找有效改善脑卒中偏瘫患者上肢功能和生活质量的康复治疗方法，一直是康复医学领域的研究热点^[13]。上肢机器人辅助作业疗法作为一

表2 两组患者FMA-UE、ARAT评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of FMA-UE and ARAT scores between the two groups of patients (score, $\bar{x} \pm s$)

指标	FMA-UE		t值	P值	ARAT		t值	P值
	研究组 (n=30)	对照组 (n=30)			研究组 (n=30)	对照组 (n=30)		
干预前	33.10 ± 5.70	32.67 ± 5.47	0.301	0.765	33.03 ± 4.96	32.47 ± 5.04	0.439	0.662
干预3周	40.50 ± 5.99 ^a	36.43 ± 5.66 ^a	2.702	0.009	41.63 ± 5.65 ^a	37.03 ± 5.35 ^a	3.240	0.002
干预6周	48.03 ± 5.90 ^a	42.10 ± 5.76 ^a	3.939	<0.001	48.17 ± 5.75 ^a	42.47 ± 6.03 ^a	3.745	<0.001
$F_{\text{时点}}$	172.585		—	<0.001	201.761		—	<0.001
$F_{\text{组间}}$	7.424		—	0.008	8.878		—	0.004
$F_{\text{交互}}$	9.074		—	<0.001	9.326		—	<0.001

注：与本组干预前比，^a $P<0.05$

表3 两组患者上肢Brunnstrom分期比较 [n (%)]

Table 3 Comparison of Brunnstrom stage of upper limbs between the two groups of patients [n (%)]

分期	研究组 (n=30)	对照组 (n=30)	Z值	P值
干预前			-0.081	0.936
I期	0 (0.00)	0 (0.00)	—	—
II期	15 (50.00)	14 (46.67)	—	—
III期	10 (33.33)	12 (40.00)	—	—
IV期	5 (16.67)	4 (13.33)	—	—
V期	0 (0.00)	0 (0.00)	—	—
VI期	0 (0.00)	0 (0.00)	—	—
干预后			-2.400	0.016
I期	0 (0.00)	0 (0.00)	—	—
II期	4 (13.33)	8 (26.67)	—	—
III期	8 (26.67)	12 (40.00)	—	—
IV期	11 (36.67)	9 (30.00)	—	—
V期	4 (13.33)	1 (3.33)	—	—
VI期	3 (10.00)	0 (0.00)	—	—

表 4 两组患者 MBI、FIM 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of MBI and FIM scores between the two groups of patients (score, $\bar{x} \pm s$)

指标	MBI		t 值	P 值	FIM		t 值	P 值
	研究组 (n=30)	对照组 (n=30)			研究组 (n=30)	对照组 (n=30)		
干预前	55.50 ± 5.61	56.03 ± 6.54	-0.339	0.736	47.67 ± 5.38	46.77 ± 6.40	0.589	0.558
干预 3 周	65.50 ± 5.94 ^a	60.17 ± 5.49 ^a	3.613	0.001	56.77 ± 6.04 ^a	51.33 ± 5.68 ^a	3.589	0.001
干预 6 周	78.50 ± 6.79 ^a	68.57 ± 5.70 ^a	6.135	<0.001	67.03 ± 6.20 ^a	60.43 ± 5.66 ^a	4.308	<0.001
$F_{\text{时点}}$	357.585		—	<0.001	253.184		—	<0.001
$F_{\text{组间}}$	13.198		—	0.001	11.630		—	0.001
$F_{\text{交互}}$	30.749		—	<0.001	8.332		—	<0.001

注: 与本组干预前比, ^a $P < 0.05$

表 5 两组患者康复满意度比较 [n (%)]

Table 5 Comparison of rehabilitation satisfaction between the two groups of patients [n (%)]

康复满意度	研究组 (n=30)	对照组 (n=30)	χ^2 值	P 值
总满意度	29 (96.67)	22 (73.33)	4.706	0.030
非常满意	10 (33.33)	5 (16.67)	—	—
满意	6 (20.00)	9 (30.00)	—	—
一般满意	13 (43.33)	8 (26.67)	—	—
不满意	1 (3.33)	8 (26.67)	—	—

种新兴的康复手段, 结合了机器人技术的精确性、可重复性和作业疗法的实用性、针对性, 为脑卒中偏瘫患者的上肢功能康复提供了新的可能^[14]。

3.2 上肢机器人辅助作业疗法在脑卒中偏瘫患者康复干预中的效用分析 李景兰^[15]研究发现, 上肢机器人辅助作业疗法可显著改善脑卒中患者肢体功能, 赵久明等人^[16]认为, 上肢康复机器人可显著改善脑卒中偏瘫患者日常生活活动, 降低肱二头肌张力, 这说明上肢康复机器人对脑卒中患者的应用效果较为明确。本研究结果显示, 与对照组相比, 研究组干预 3 周、6 周后 FMA-UE、ARAT 评分及 MBI、FIM 评分更高, 上肢 Brunnstrom 分期更好, 说明常规康复联合上肢机器人辅助作业疗法对脑卒中偏瘫患者上肢功能、生活能力有一定改善效果。分析原因可能为, 本研究使用的上肢康复机器人系统具备实时数据反馈和患者训练信息数据库管理功能, 因此医生可以根据患者具体状况和康复进展制定个性化的治疗模式。上肢机器人还可以根据患者实际情况生成个性化的训练方法, 通

过调整训练难度、速度和频率等参数为患者定制最适合的训练方案, 从而使患者接受到更有针对性的治疗, 更好地促进上肢功能的恢复, 弥补了常规康复方法难以充分考虑每位患者具体需求和身体状况的不足^[17], 从而提高康复效果。同时, 8 个角度无接触传感器能够精确记录患者的训练数据, 为医生提供客观的评估依据, 以便及时调整治疗方案^[18]。患者在训练过程中, 患侧上肢始终稳固固定在执行器支架上, 确保了训练的安全性和有效性, 患者在安全的环境下进行训练, 有助于减少意外风险, 同时提高训练的专注度和效果。上肢机器人辅助作业疗法融合了作业疗法理念, 通过模拟各种实际生活中的场景和任务, 如抓握、抬举、伸展等动作, 使患者在训练中更好地适应和掌握这些实用技能, 这种与实际生活紧密结合的训练方式有助于患者更快地将康复成果应用到日常生活中^[19-20]。

本研究结果显示研究组康复满意度更高, 可能是因为上肢机器人辅助作业疗法提供了更为个性化且精准的治疗体验, 不仅提高了治疗

效果，也让患者感受到了更多的关注和尊重，从而提升了满意度^[21]。同时，上肢机器人辅助作业疗法还提供了实时反馈和进度追踪的功能，患者可以随时了解自己的训练情况和进步程度，有助于保持积极的心态和动力，医生也可以根据反馈数据及时调整治疗方案，确保治疗始终沿着正确的方向进行。这种透明、及时的沟通方式让患者感受到了更多的掌控感和安全感^[22]。此外，由于机器人的精确性和高强度训练能力，上肢机器人辅助作业疗法通常能让患者在较短的时间内看到明显的功能改善^[23]。这不仅能增强患者的信心，也使其对治疗方法更加信任和认可。

3.3 上肢机器人辅助作业疗法对脑卒中偏瘫患者康复的展望 从本研究结果及其他学者研究结论可知，与常规康复干预方式相比，上肢机器人辅助作业疗法康复效益改善更明显，在改善患者上肢功能及日常生活活动能力方面有显著优势^[22-23]。但上肢机器人的研发、制造和维护都需要相当大的资金投入，使得其购置成本和使用费用相对较高，一些经济条件有限的地区或医疗机构可能难以承担购买和使用上肢机器人的费用，从而限制了其在脑卒中偏瘫患者康复治疗中的普及和应用。未来，随着医疗技术的进步，上肢机器人辅助作业疗法有望在临床得到广泛的应用。

利益冲突声明：本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明：阙婧雅负责设计论文框架，起草论文；刘曦、刘嘉奕、吴晓静、刁明伟均参与该项目具体操作及研究过程的实施；刁明伟、刘嘉奕、吴晓静负责数据收集，统计学分析，绘制图表；阙婧雅负责拟定写作思路，撰写文章并最后定稿。

参考文献

[1] Brás-Cruz R, Cruz I, Camões S. Pituitary apoplexy and cerebral infarction[J]. *BMJ Case Rep*, 2023, 16(4): e254507.
 [2] Nakamura A, Sakai S, Taketomi Y, et al. PLA2G2E-mediated lipid metabolism triggers brain-autonomous neural repair after ischemic stroke[J]. *Neuron*, 2023, 111(19): 2995-3010.e9.
 [3] LI C, XU B F, ZHANG M, et al. Severe thrombocytopenia with acute cerebral infarction: a case report and literature review[J]. *Niger J Clin*

Pract, 2023, 26(7): 1040-1044.
 [4] 李京泽, 邢靖松, 吕福现, 等. 下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2023, 4(6): 512-516.
 [5] 陈礼静, 李娟, 储静. 康复机器人在卒中患者中的应用[J]. *上海护理*, 2023, 23(3): 72-75.
 [6] 中国中西医结合学会急救医学专业委员会. 中国急性缺血性脑卒中中西医结合诊治专家共识[J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30(3): 193-197.
 [7] Woodbury M, Grattan E S, Li C Y. Development of a short form assessment combining the Fugl-Meyer Assessment-Upper extremity and the wolf motor function test for evaluating stroke recovery[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2023, 104(10): 1661-1668.
 [8] Amano S, Umeji A, Takahashi K, et al. Psychometric properties of the Action Research Arm Test using decision rules for skipping items in hemiparetic patients after stroke: a retrospective study[J]. *Disabil Rehabil*, 2023, 45(26): 4471-4477.
 [9] 金艳, 倪朝民, 范文祥, 等. 脑卒中后认知障碍的相关因素分析[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023, 18(1): 56-59.
 [10] WANG Y C, CHANG P F, CHEN Y M, et al. Comparison of responsiveness of the Barthel Index and modified Barthel Index in patients with stroke[J]. *Disabil Rehabil*, 2023, 45(6): 1097-1102.
 [11] Kaya Y, Saka S, Tuncer D. Effect of hippotherapy on balance, functional mobility, and functional independence in children with Down syndrome: randomized controlled trial[J]. *Eur J Pediatr*, 2023, 182(7): 3147-3155.
 [12] Yasuura Y, Kayata H, Konno H, et al. Pulmonary vein stump thrombosis and cerebral infarction after left upper lobectomy[J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2023, 71(7): 589-594.
 [13] 王壮, 王轶钊, 丘世因, 等. 脑卒中上肢康复机器人研究进展[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2023, 23(1): 15-21.
 [14] 张秀, 张宇斐, 焦志伟. 康复机器人研究进展[J]. *医疗卫生装备*, 2020, 41(4): 97-102.
 [15] 李景兰. 作业疗法联合上肢康复机器人辅助治疗在小儿脑瘫痉挛型偏瘫中的应用价值[J]. *黔南民族医学学报*, 2023, 36(1): 19-21.
 [16] 赵久明, 李月, 张佳奇, 等. 上肢康复机器人治疗脑卒中偏瘫患者上肢功能障碍的疗效[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2023, 4(6): 507-511.
 [17] 蔡华年, 费思先, 张忆晨, 等. 基于导纳控制的双边康复机器人运动辅助分析[J]. *中国康复理论与实践*, 2023, 29(9): 1104-1109.
 [18] 郑晓英, 陈嘉源, 郭荟骅. 上肢康复机器人对卒中患者的影响[J]. *深圳中西医结合杂志*, 2023, 33(8): 112-115.
 [19] 刘恩辰, 梁蔓安. 上肢康复机器人研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2014, 20(9): 895-897.
 [20] 苏鹏, 李冬静, 程露露, 等. 上肢康复机器人对卒中后肩痛患者的疗效观察[J]. *神经损伤与功能重建*, 2023, 18(3): 181-183.
 [21] 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(2): 54-59.
 [22] 张哲, 王亚男, 刘晓佩, 等. 基于 CiteSpace 的国内康复机器人应用于脑卒中领域研究的可视化分析[J]. *医疗卫生装备*, 2023, 44(4): 61-65.
 [23] 苏予洁, 裴菊红, 钟娟平, 等. 康复机器人在脑性瘫痪儿童肢体康复中的应用进展[J]. *护理学报*, 2022, 29(17): 23-27.

编辑：张笑嫣