

任务导向型上肢康复机器人训练在脑卒中后上肢功能恢复中的疗效研究

韩梅, 敦旺欢, 李冰轮

(西安交通大学第一附属医院康复医学科 陕西 西安 710061)

摘要 目的: 探究任务导向型上肢康复机器人训练在脑卒中后上肢功能恢复中的疗效。**方法:** 选取 2021 年 1 月—2023 年 12 月在西安交通大学第一附属医院诊治脑卒中的 92 例患者, 随机分为对照组 (46 例, 行常规康复训练) 和研究组 (46 例, 行任务导向型上肢康复机器人训练), 比较两组患者上肢运动功能, 上肢痉挛程度, 以及肱二头肌、肱三头肌的积分肌电值 (iEMG)、协同收缩率。**结果:** 相较于训练前, 训练 4 周后两组患者 Fugl-Meyer 上肢运动功能评分量表 (FMA-UE) 评分、Wolf 运动功能测试量表 (WMFT) 评分、功能独立性评定 (FIM) 评分均升高 ($P<0.05$), 且研究组 FMA-UE、WMFT、FIM 评分高于对照组 ($P<0.05$)。训练 4 周后两组患者改良 Ashworth 肌张力评定量表 (MAS) 分级优于训练前 ($P<0.05$), 且研究组 MAS 分级优于对照组 ($P<0.05$)。相较于训练前, 训练 4 周后两组患者肱二头肌、肱三头肌的 iEMG 升高, 协同收缩率降低 ($P<0.05$), 且研究组 iEMG 高于对照组, 协同收缩率低于对照组 ($P<0.05$)。**结论:** 任务导向型上肢康复机器人训练应用于脑卒中后, 可改善患者的上肢运动功能, 缓解上肢肌肉痉挛, 提高肱二头肌、肱三头肌的 iEMG, 降低肱二头肌、肱三头肌的协同收缩率。

关键词 脑卒中; 任务导向性训练; 上肢康复机器人; 上肢功能

中图分类号 R493 R743.3 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2025) 01-0075-06

Efficacy of task-oriented upper limb rehabilitation robot-assisted training in upper limb functional recovery after stroke

HAN Mei, DUN Wanghuan, LI Binglun

(Department of Rehabilitation Medicine, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University Xi'an 710061, China)

Abstract Objective: To investigate the efficacy of task-oriented upper limb rehabilitation robot-assisted training in upper limb functional recovery after stroke. **Methods:** 92 stroke patients in the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University from January 2021 to December 2023 were selected and randomly divided into the control group (conventional rehabilitation training, $n=46$) and the research group (task-oriented upper limb rehabilitation robot training, $n=46$). The upper limb motor function, degree of upper limb spasticity, integrated electromyography (iEMG) of biceps and triceps brachii and their synergistic contraction rate were compared between the two groups. **Results:** Compared with that before training, the Fugl-Meyer assessment of upper extremity (FMA-UE) scores, Wolf motor function test (WMFT) scores, and function independent measure (FIM) scores were all increased in the two groups after 4 weeks of training ($P<0.05$), and the above ratings were higher in the study group than those in the control group ($P<0.05$). The grades of modified ashworth scale (MAS) were better after 4 weeks of training than that before training in both groups ($P<0.05$), and the MAS grades were better in the study group than those in the control group ($P<0.05$). Compared with that before training, the iEMG of biceps and triceps brachii increased, and the synergistic contraction rate decreased in both groups after 4 weeks of training ($P<0.05$), the iEMG was higher and the synergistic contraction rate was lower in the study group than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Application of task-oriented upper limb rehabilitation robot-assisted training in stroke patients can improve their upper limb motor function, alleviate upper limb muscle spasm, increase the iEMG of biceps and triceps, and decrease their synergistic contraction rate.

Key words Stroke; Task-oriented Training; Upper Limb Rehabilitation Robot; Upper Limb Function

基金项目: 陕西省重点研发计划项目 (2022SF-581)

Foundation Item: Key R&D Plan Project of Shaanxi Province (2022SF-581)

通讯作者: 敦旺欢, Email: wanghuandun@163.com

Corresponding Author: DUN Wanghuan, Email: wanghuandun@163.com

引用格式: 韩梅, 敦旺欢, 李冰轮. 任务导向型上肢康复机器人训练在脑卒中后上肢功能恢复中的疗效研究 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2025, 6(1): 75-80.

Citation: HAN M, DUN W H, LI B L. Efficacy of task-oriented upper limb rehabilitation robot-assisted training in upper limb functional recovery after stroke[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(1): 75-80.

随着全球人口老龄化趋势的加剧,脑卒中发病率逐年上升,已成为影响人类健康的重大疾病之一^[1]。脑卒中后患者常出现上肢运动功能障碍,这不仅严重影响了患者的日常生活自理能力,还给患者及其家庭带来了沉重的经济和心理负担。因此,如何有效恢复脑卒中患者的上肢功能,提高患者的生活质量,一直是康复医学领域的研究热点^[2-3]。近年来,随着机器人技术的快速发展,其在医疗领域的应用也日益广泛。特别是在康复医学领域,机器人辅助康复训练已成为一种新兴的治疗手段^[4]。任务导向型上肢康复机器人作为一种集机器人技术、康复医学和计算机技术于一体的先进康复设备,因具有高强度、高重复性、可定制化的训练特点,以及能够提供精确数据反馈和针对性任务导向型的训练方案,受到了广泛关注^[5]。任务导向型上肢康复机器人通过模拟日常生活和工作中的上肢运动任务,引导患者进行主动康复训练^[6]。在训练过程中,康复机器人能够根据患者的具体情况和训练进度,实时调整训练难度和强度,确保训练的针对性和有效性^[7]。同时,机器人还能够提供实时的数据反馈,帮助患者和康复师了解训练效果,及时调整训练方案。尽管已有研究初步证实了任务导向型上肢康复机器人在脑卒中后上肢功能恢复中的疗效,但这一领域的研究仍存在许多不足。因此,本文旨在通过深入探究任务导向型上肢康复机器人训练在脑卒中后上肢功能恢复中的疗效及其机制,为临床康复治疗提供

新的思路和方法,同时也为康复机器人的研发和应用提供有益的参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年1月—2023年12月在西安交通大学第一附属医院诊治的92例脑卒中患者。纳入标准:①符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》^[8]中有关脑卒中的诊断标准;②首次发病;③患侧上肢Brunnstrom分期在Ⅲ期以上;④生命体征处于平稳状态;⑤在医院签署知情同意书。排除标准:①合并恶性肿瘤者;②合并炎症的免疫系统疾病者;③合并严重高血压者;④处于妊娠期或哺乳期的女性。将患者随机分为对照组(46例,行常规康复训练)和研究组(46例,行任务导向型上肢康复机器人训练),两组患者基线资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性(见表1)。本研究获得医院医学伦理委员会的审核和批准。

1.2 方法 对照组采用常规康复训练。①被动活动:
a. 肩关节活动。患者坐位时,家属一只手放于患者肩胛骨前方,另一只手放于患者肩胛下角,双手握住肩胛骨做旋转活动。患者仰卧时,家属一只手握住患者肘部,另一只手握住腕部,保持肘关节伸直,做肩关节屈曲和外展。一般活动角度在90°左右,避免造成肩关节半脱位。
b. 肘关节活动。进行肘关节屈曲拮抗运动时,家属立于患肢前外方,一手握住患者手腕或手掌,一手扶于上臂1/2外上侧,在患者用力向上

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 [$\bar{x} \pm s, n(\%)$]

指标		研究组 ($n=46$)	对照组 ($n=46$)	t/χ^2 值	P 值
年龄 (岁)		58.63 ± 12.10	61.02 ± 11.56	0.969	0.335
性别	男	27 (58.70)	30 (65.22)	0.415	0.519
	女	19 (41.30)	16 (34.78)		
BMI (kg/m^2)		24.38 ± 2.01	25.06 ± 2.23	1.535	0.128
病程 (年)		7.26 ± 2.25	7.50 ± 1.99	0.541	0.590
病变性质	脑梗死	25 (54.35)	28 (60.87)	0.401	0.527
	脑出血	21 (45.65)	18 (39.13)		
偏瘫侧别	左侧	20 (43.48)	22 (47.83)	0.175	0.675
	右侧	26 (56.52)	24 (52.17)		

平抬的同时，家属助力其患肢上抬，并做相反方向的下按。进行腕关节及手部活动时，家属一手固定住患侧上肢的前臂或腕关节，另一只手握住患者手指，分别进行腕关节的屈曲、伸展、尺偏、桡偏等运动。若患者手肌张力高，应进行抗痉挛牵伸，缓解痉挛并维持关节活动范围。

②主动活动：患者肌肉功能恢复后，鼓励患者进行主动活动练习，从小范围、不太用力的活动开始。当患者可以主动抬起患肢后，重点纠正异常姿势，避免出现“上肢挎篮”等姿势。

③日常生活能力训练：进行坐起训练能够提高患者坐位稳定性，为进食、大小便、上肢活动等日常生活活动打下基础。进行站立训练时，家属应注意患者站立的姿势，保持双脚平行站立，中间一拳距离，膝关节不弯曲或过度伸直。进行步行训练时，应鼓励患者坚持训练，从原地踏步开始，逐渐练习行走，直至独立行走。在患者走平路练习平衡后，进行上下台阶练习，以提高患者的步行能力和日常生活自理能力。④躯干核心力量训练：包括翻身、起坐、坐位平衡、桥式运动等动作练习，以提高患者躯干稳定性，为站立和步行打下良好的基础。⑤语言训练：针对右侧偏瘫、存在语言障碍的患者，家属应在早期加强非语言沟通，逐渐进行发音、数字、复述、口型诱导等语言练习，提高患者的言语表达能力。

研究组在对照组的基础上采用任务导向型上肢康复机器人训练。①个性化评估与训练计划：在开始训练前，专作业治疗师会对患者进行全面评估，包括上肢肌力、关节活动度、运动控制能力和日常生活能力等。治疗师会根据评估结果为患者制定个性化的任务导向型训练计划，明确训练目标、内容和难度。②任务导向型训练内容：训练内容主要包括肩关节、肘关节和前臂的多个动作训练，以及基于游戏和虚拟作业的任务导向型训练。a. 单关节训练（约5 min）：针对患者上肢的特定关节进行基础训练，如肩关节的内收、外展，肘关节的屈伸等，以提高关节活动度和基本运动控制能力。b. 多关节联合训练（约5 min）：通过多关节的协同动作，模拟复杂上肢动作，如肘部0°位时肩关节的圆周轨迹运动，以增强上肢协调性和

整体运动功能。c. 三维空间训练（约5 min）：在二维训练基础上增加前后活动，使上肢在三维空间内得到全面训练，以提升空间感知和运动控制能力。d. 游戏训练与虚拟作业训练（约5 min）：结合趣味性和实用性，通过打乒乓球、点灯等游戏和拾网球、擦窗、厨房做菜等虚拟作业，训练患者的反应速度、手眼协调、上肢运动控制及生活自理能力。此部分时间可根据患者兴趣和训练效果灵活调整。③训练操作与调整：在治疗师指导下，患者根据设定的任务导向性任务进行训练。治疗师会根据患者的实时表现和反馈，及时调整训练力量模式（如减重、助力、空档或抗阻）、难度和进度。同时，治疗师会根据患者的训练表现和反馈，适时调整训练难度和进度，确保训练的有效性和安全性。④训练频率与周期：训练频率为每日1次，每次20 min，每周5天，共持续12周。

1.3 观察指标 ①上肢运动功能：于训练前和训练4周后评估两组患者上肢运动功能。采用Fugl-Meyer上肢运动功能评分量表（Fugl-Meyer Assessment of Upper Extremity, FMA-UE）^[9]评估患者上肢反射活动、共同运动、腕稳定性、手指运动以及协调能力等，共包含33项指标，总分为66分，分数越高表示上肢运动功能越好。采用Wolf运动功能测试量表（Wolf Motor Function Test, WMFT）^[10]评估患者上肢运动完成质量，共包含6项上肢运动和9项功能性任务，总分为75分，分数越高表示运动功能越好。采用功能独立性评定（Function Independent Measure, FIM）^[11]评估患者的整体功能独立性，包括上肢在内的运动和认知功能，共包含18项内容，总分为126分。分数越高表示功能独立性越强。

②上肢肌肉痉挛程度：于训练前和训练4周后采用改良Ashworth肌张力评定量表（Modified Ashworth Scale, MAS）^[12]评估患者肌张力水平，分为0~4级，级别越高表示肌张力越高。0级表示肌张力无增加；1级表示肌张力轻度增高，关节活动终末有轻微阻力或突然卡顿；1+级表示肌张力轻度增高，关节活动后半程出现卡顿和较小阻力；2级表示肌张力明显增高，大部分关节活动有阻力，但仍可被动活动；3级表示肌张

力显著增高, 整个关节活动均有阻力, 被动活动困难; 4级表示肌张力僵直状态, 无法完成被动活动。③肱二头肌、肱三头肌的积分肌电值 (Integrated Electromyography, iEMG)、协同收缩率: 在恒定温度 (22℃ ~26℃) 下, 由同一位康复师使用 NORAXON 表面肌电仪对患者进行测评。患者采取坐位, 保持肩关节前屈 60°、肘关节伸直、腕关节中立位。在清洁处理后的皮肤上放置电极, 要求患者以最大力量进行肘关节的屈曲和伸展。记录肱二头肌和肱三头肌在最大等长收缩下的 iEMG 数据, 持续 10 s, 重复测量 3 次后取平均值。计算肘部屈曲和伸展时这两块肌肉的协同收缩率。

1.4 统计学方法 以 SPSS 22.0 软件分析本研究所有数据, 计数资料表示为例数 (百分比) [n (%)] 的形式, 两组间行 χ^2 检验, 等级资料行秩和检验; 符合正态分布的计量资料表示为均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 的形式, 两组间行独立样本 *t* 检验, 组内行配对 *t* 检验。*P*<0.05 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 上肢运动功能 训练前两组患者 FMA-UE、WMFT、FIM 评分, 差异均无统计学意义

(*P*>0.05); 训练 4 周后两组患者 FMA-UE、WMFT、FIM 评分升高, 且相较于对照组, 研究组 FMA-UE、WMFT、FIM 评分更高, 差异有统计学意义 (*P*<0.05), 见表 2。

2.2 上肢肌肉痉挛程度 训练前两组患者 MAS 分级比较, 差异无统计学意义 (*P*>0.05); 训练 4 周后两组患者 MAS 分级优于训练前, 且研究组 MAS 分级优于对照组, 差异有统计学意义 (*P*<0.05), 见表 3。

2.3 iEMG 与协同收缩率 训练前两组患者肱二头肌、肱三头肌的 iEMG、协同收缩率比较, 差异无统计学意义 (*P*>0.05); 训练 4 周后两组患者肱二头肌、肱三头肌的 iEMG 升高, 协同收缩率降低, 且相较于对照组, 研究组肱二头肌、肱三头肌的 iEMG 更高, 协同收缩率更低, 差异有统计学意义 (*P*<0.05), 见表 4~5。

3 讨论

脑卒中, 俗称中风, 是一种由于脑血管受损导致的脑组织损害疾病, 其发病率约为 1%。脑卒中后上肢功能恢复对于患者日常生活自理能力和生活质量的提高至关重要^[13]。然而, 传统的康复训练方法存在诸多不足, 如训练效果有限、患者参与度不高等。任务导向型上肢康

表 2 两组患者上肢运动功能比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

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

组别	FMA-UE 评分		WMFT 评分		FIM 评分	
	训练前	训练后	训练前	训练后	训练前	训练后
研究组 (n=46)	26.85 \pm 5.67	42.41 \pm 6.27 ^a	19.87 \pm 2.08	34.33 \pm 3.10 ^a	72.00 \pm 9.96	86.85 \pm 9.78 ^a
对照组 (n=46)	27.43 \pm 7.03	37.46 \pm 7.01 ^a	20.28 \pm 2.12	25.20 \pm 3.28 ^a	71.22 \pm 11.37	79.50 \pm 11.51 ^a
<i>t</i> 值	0.441	3.575	0.944	13.715	0.351	3.299
<i>P</i> 值	0.660	0.001	0.348	<0.001	0.726	0.001

注: 与训练前比较, ^a*P*<0.05

表 3 两组患者 MAS 分级比较 [n (%)]

Table 3 Comparison of MAS grading between the two groups of patients [n (%)]

时点	组别	0 级	1 级	1+ 级	2 级	3 级	Z 值	<i>P</i> 值
训练前	研究组 (n=46)	2 (4.35)	7 (15.22)	18 (39.13)	13 (28.26)	6 (13.04)	-0.086	0.932
	对照组 (n=46)	1 (2.17)	8 (17.39)	17 (36.96)	15 (32.61)	5 (10.87)		
训练后	研究组 (n=46)	13 (28.26)	15 (32.61)	15 (32.61)	2 (4.35)	1 (2.17)	-2.802	0.005
	对照组 (n=46)	7 (15.22)	8 (17.39)	21 (45.65)	6 (13.04)	4 (8.70)		

注: 研究组训练前后 MAS 分级比较, *Z*=-4.714, *P*=0.000; 对照组训练前后 MAS 分级比较, *Z*=-2.225, *P*=0.026

表 4 两组患者肱二头肌与肱三头肌 iEMG 比较 ($\bar{x} \pm s$, mV/s)Table 4 Comparison of iEMG of biceps and triceps between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, mV/s)

组别	肱二头肌		肱三头肌	
	训练前	训练后	训练前	训练后
研究组 (n=46)	131.67 ± 34.44	277.61 ± 41.62 ^a	21.59 ± 5.69	37.78 ± 8.63 ^a
对照组 (n=46)	133.41 ± 33.65	224.78 ± 45.92 ^a	22.63 ± 5.39	32.04 ± 7.41 ^a
t 值	0.245	5.781	0.903	3.423
P 值	0.807	<0.001	0.369	0.001

注：与训练前比较，^aP<0.05表 5 两组患者肱二头肌与肱三头肌协同收缩率比较 ($\bar{x} \pm s$, %)Table 5 Comparison of synergistic contraction rate of biceps and triceps brachii between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$, %)

组别	肱二头肌		肱三头肌	
	训练前	训练后	训练前	训练后
研究组 (n=46)	19.89 ± 3.89	15.61 ± 2.86 ^a	42.63 ± 5.48	27.30 ± 3.95 ^a
对照组 (n=46)	19.39 ± 3.80	17.61 ± 2.43 ^a	41.96 ± 5.37	34.89 ± 4.25 ^a
t 值	0.623	3.620	0.596	8.865
P 值	0.535	<0.001	0.553	<0.001

注：与训练前比较，^aP<0.05

复机器人训练是一种创新康复治疗方法，它通过模拟日常生活中的任务，如拾取物品、开门等，来引导患者进行特定的运动和功能性训练^[14]。这种方法能够更有效地提高患者的上肢运动能力和生活自理能力。在脑卒中后上肢功能恢复中，任务导向型上肢康复机器人训练已经得到了广泛应用^[15]。与传统的康复训练方法相比，任务导向型上肢康复机器人训练具有更高的训练效率、更好的患者参与度和更显著的康复效果。

本研究结果显示，研究组训练 4 周后 FMA-UE 评分、WMFT 评分、FIM 评分、iEMG 更高，MAS 分级更优，肱二头肌、肱三头肌协同收缩率更低。提示任务导向型上肢康复机器人训练应用于脑卒中后，可改善患者的上肢运动功能，缓解上肢肌肉痉挛，提高肱二头肌、肱三头肌的 iEMG，降低其协同收缩率。分析原因如下。全面评估能够准确了解患者的上肢肌力、关节活动度、运动控制能力和日常生活能力等情况，根据评估结果制定的任务导向型训练计划，能够确保训练内容、难度和进度与患者的实际情况相匹配，从而提高训练的有效性和针对性。单关节训练，如肩关节的内收、外展，肘关节

的屈伸等，能够针对性提高患者上肢某一关节的活动度和运动控制能力。多关节联合训练能够模拟日常生活中的复杂上肢动作，提高患者的上肢协调性和运动功能，有助于降低肱二头肌和肱三头肌的协同收缩率，提高肌肉间的协调性和平衡性。增加前后活动能使上肢在三维空间内进行训练，进一步提高患者的空间感知和运动控制能力。游戏训练和虚拟作业训练能够通过游戏和模拟日常生活任务的方式，增加训练的趣味性和挑战性，同时训练患者的反应速度、手眼协调能力和上肢运动控制能力，这种任务导向型训练能够显著提高患者肱二头肌和肱三头肌的 iEMG，反映了肌肉活动水平的提升。根据患者的患肢肌力选择减重、助力、空档或抗阻等不同的力量模式，并根据患者的训练表现和反馈适时调整训练难度和进度，能够在确保训练安全性和有效性的情况下，进一步提高患者的训练效果和积极性。每日 1 次，每次 20 min，每周 5 d，共持续 12 周的训练频率和周期，能够确保患者获得足够的训练量，同时避免过度训练导致的肌肉疲劳和损伤，这种持续稳定的训练模式有助于促进上肢功能的逐步

恢复,缓解上肢肌肉痉挛,提高上肢运动功能。

任务导向性训练基于运动控制理论及运动再学习理论,其训练内容常结合日常生活中的功能活动。这种以日常生活为导向的训练模式能够模拟实际生活中的上肢运动,使患者更直观地理解和感受上肢运动的功能和重要性^[16]。任务导向性训练强调个体化治疗,能够针对患者的具体病情和功能障碍制定任务导向型的训练计划,从而提高训练的有效性和针对性。机器人辅助训练可以提供更精准的运动控制,实时监测和记录患者的上肢运动轨迹和动力学参数,并根据患者的不同情况进行调整。这种精确的控制可以确保患者在训练中得到适当的刺激和指导,从而增强上肢运动的准确性和灵活性^[17]。机器人辅助训练能够持续、稳定地提供训练刺激,不受时间和地点限制,保证训练的连续性和持久性。此外,机器人还能根据患者的康复进展进行自适应调整,提供不同难度和强度的训练,帮助患者逐步恢复上肢功能。任务导向型上肢康复机器人训练通过模拟日常生活中的任务,如拾取物品、开门等,能够有针对性地训练肱二头肌和肱三头肌等关键肌肉群,从而提高这些肌肉的 iEMG,提升肌肉活动水平。机器人的精确控制和自适应调整能够降低肱二头肌和肱三头肌的协同收缩率,改善肌肉间的协调性和平衡性,从而缓解肌肉痉挛和僵硬现象。常规康复训练往往依赖于人工操作和患者的主观感受,存在操作不稳定、反馈不及时等问题。而任务导向型上肢康复机器人训练能够提供更准确、稳定的训练刺激和反馈,提高训练效果和患者参与度。常规训练在训练内容和难度上往往难以做到个体化调整,而任务导向型上肢康复机器人训练可以根据患者的实际情况进行自适应调整,提供更符合患者需求的训练方案。机器人辅助训练还能够通过游戏化和虚拟作业等方式增加训练的趣味性和目标性,提高患者的兴趣和动力,进一步促进上肢功能的恢复。

综上所述,任务导向型上肢康复机器人训练应用于脑卒中患者,可改善患者的上肢运动功能,缓解上肢肌肉痉挛,提高肱二头肌、肱三头肌的 iEMG,降低肱二头肌、肱三头肌的协同收缩率。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 韩梅负责设计论文框架,起草论文,数据收集,统计学分析、绘制图表,论文修改;敦旺欢负责拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿;李冰轮负责实验操作,研究过程的实施。

参考文献

- [1] 杜滨红,马丽虹,翟霞,等.任务导向的上肢康复机器人训练对脑卒中后上肢功能的疗效观察[J].中国康复医学杂志,2022,37(11):1551-1554.
- [2] 宋建飞,戴磊,秦郑圆,等.上肢康复机器人辅助训练对脑卒中患者上肢功能的效果:基于功能性近红外光谱[J].中国康复理论与实践,2023,29(11):1339-1345.
- [3] 孙亚,李岩,傅建明,等.机器人辅助的双侧任务导向性训练对脑卒中患者上肢功能的效果[J].中国康复理论与实践,2023,29(10):1195-1200.
- [4] 郑莉,鲍治诚,张琪,等.经皮耳迷走神经电刺激结合康复机器人训练对脑卒中患者上肢功能的效果[J].中国康复理论与实践,2023,29(6):691-696.
- [5] 程宏,王清莲.针刺联合康复训练对卒中后上肢运动功能恢复的临床观察[J].血栓与止血学,2022,28(6):919-921.
- [6] 袁润萍,汤从智,江勇,等.上肢康复机器人促进卒中后上肢功能恢复的作用和机制研究进展[J].中国脑血管病杂志,2022,19(7):509-513.
- [7] 盛译萱,常辉,王志永,等.肌肉协同理论在脑卒中上肢康复中的研究进展[J].机器人,2024,46(3):370-384.
- [8] 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.中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J].中华神经科杂志,2018,51(9):666-682.
- [9] 张晓雪,王睿月,樊虹玉,等.上肢功能测量表的汉化及其在脑卒中患者中的信效度研究[J].中国全科医学,2023,26(8):1022-1027.
- [10] 吴媛媛,闵瑜,燕铁斌.Wolf运动功能测试量表评定脑卒中急性期患者上肢功能的效度和信度研究[J].中国康复医学杂志,2009,24(11):992-994,998.
- [11] 邱纪方,张天友,李建华,等.功能独立性测量的信度与效度研究[J].中国康复医学杂志,1998,13(2):54-57.
- [12] 郭铁成,卫小梅,陈小红.改良Ashworth量表用于痉挛评定的信度研究[J].中国康复医学杂志,2008,23(10):906-909.
- [13] 田婧,刘珏,何志杰,等.基于功能性近红外光谱技术的脑卒中后上肢运动功能障碍患者单侧上肢训练和双侧上肢训练脑网络功能连接对比研究[J].中国康复理论与实践,2022,28(5):497-501.
- [14] 刘换,韩雪,宋佳莹,等.体位限制下康复机器人训练对脑卒中后肩关节半脱位患者上肢功能的效果[J].中国康复理论与实践,2024,30(3):303-309.
- [15] 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):3183-3186,3200.
- [16] 丁莹,胡军.任务导向训练与音乐治疗在脑卒中上肢运动功能康复中的应用[J].中国康复,2023,38(3):136-139.
- [17] 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):833-835.

收稿日期:2024-06-19

编辑:张笑嫣