

下肢康复机器人辅助训练对脑梗死偏瘫患者恢复情况的影响

陈志勤, 王芳, 王锐

(盐城市第三人民医院康复科 江苏 盐城 224001)

摘要 **目的:** 探究下肢康复机器人辅助训练对脑梗死偏瘫患者恢复情况的影响。**方法:** 纳入 2020 年 12 月—2023 年 12 月盐城市第三人民医院收治的脑梗死偏瘫患者 80 例, 按抽签法将其分成对照组与研究组, 每组 40 例, 对照组行常规康复训练, 研究组在对照组的基础上行下肢康复机器人辅助训练。对比两组患者肌力、肌张力、运动功能、步行功能、平衡能力、跌倒发生情况、吞咽功能、生活质量。**结果:** 干预后, 两组患者肌力、Fugl-Meyer 运动功能评定量表 (FMA) 评分、功能性步行量表 (FAC) 评分、Berg 平衡量表 (BBS) 评分、中文版吞咽功能评估量表 (GUSS) 评分、日常生活活动力量表 (ADL) 评分、脑卒中影响量表 (SIS) 各项评分均升高, 肌张力降低, 且与对照组相比, 研究组肌力、FMA 评分、FAC 评分、BBS 评分、GUSS 评分、ADL 评分、SIS 各项评分更高, 肌张力更低 ($P<0.05$)。**结论:** 对脑梗死偏瘫患者, 下肢康复机器人辅助训练能改善患者的关节肌力及肌张力, 增强运动功能、步行功能及平衡能力, 改善吞咽功能与神经功能, 提高生活质量。

关键词 脑梗死; 偏瘫; 下肢康复机器人; 康复训练; 运动功能; 步行功能; 平衡能力

中图分类号 R493 R743.3 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 06-1105-06

Effect of lower limb rehabilitation robot-assisted training on the recovery of hemiplegic patients with cerebral infarction

CHEN Zhiqin, WANG Fang, WANG Rui

(Department of Rehabilitation, Yancheng Third People's Hospital, Yancheng 224001, China)

Abstract **Objective:** To investigate the effect of lower limb rehabilitation robot-assisted training on the recovery of hemiplegic patients with cerebral infarction. **Methods:** 80 hemiplegic patients with cerebral infarction who were admitted to the Third People's Hospital of Yancheng City from December 2020 to December 2023 were included. They were divided into the control group and the study group using the lottery method, with 40 cases in each group. The control group underwent conventional rehabilitation training, while the study group received the lower limb rehabilitation robot-assisted training on the basis of the control group. Muscle strength, muscle tone, motor function, walking function, balance ability, fall occurrence, swallowing function and quality of life of patients in the two groups were compared. **Results:** After intervention, muscle strength, Fugl-Meyer Assessment Scale (FMA) score, functional ambulation category scale (FAC) score, Berg balance scale (BBS) score, gugging swallowing screen (GUSS) score, activity of daily living (ADL) score, stroke impact scale (SIS) score of patients in the two groups were all improved, while muscle strength and tension were decreased. Compared with the control group, muscle strength, FMA score, FAC score, BBS score, GUSS score, ADL score, and SIS scores of the study group were higher, and muscle tension was lower ($P<0.05$). **Conclusion:** For hemiplegic patients with cerebral infarction, the lower limb rehabilitation robot-assisted training can improve the joint muscle strength and muscle tone, enhance the motor function, walking function, and balance ability, enhance the swallowing function and neurological function, and improve their quality of life.

Key words Cerebral Infarction; Hemiplegia; Lower Limb Rehabilitation Robot; Rehabilitation training; Motor Function; Walking Function; Balance Ability

收稿日期: 2024-03-19 录用日期: 2024-04-11

Received Date: 2024-03-19 Accepted Date: 2024-04-11

基金项目: 江苏省中医药局科技项目 (YB201840)

Foundation Item: Science and Technology Program of Jiangsu Provincial Bureau of Traditional Chinese Medicine (YB201840)

通讯作者: 王芳, Email: 175470951@qq.com

Corresponding Author: WANG Fang, Email: 175470951@qq.com

引用格式: 陈志勤, 王芳, 王锐. 下肢康复机器人辅助训练对脑梗死偏瘫患者恢复情况的影响 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (6): 1105-1110.

Citation: CHEN Z Q, WANG F, WANG R. Effect of lower limb rehabilitation robot-assisted training on the recovery of hemiplegic patients with cerebral infarction[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(6):1105-1110.

脑梗死是由于脑部的血液循环障碍导致局部脑组织缺血、缺氧而发生软化、坏死,为临床常见的脑血管病变,好发于中老年人群,轻者预后良好,严重者危及生命。据统计,全球新发脑梗死病例 1370 万例,中国新发脑梗死 551 万例,占全球的 40%,该病有较高的致残率与致死率,对国民健康造成极大威胁^[1]。偏瘫是脑梗死患者发病后常见的一种功能障碍,偏瘫早期患侧肢体肌张力减退,不利于产生分离运动及建立正常的运动模式,若未及时进行康复训练,则会引起肢体伸肌痉挛,加重致残程度,影响患者预后^[2]。下肢康复训练在脑卒中偏瘫患者早期康复中的作用极大,既往多采用步行能力训练、站立平衡训练等手段,常规康复训练通过训练患者的步态、平衡功能,能在一定程度上改善患者的肢体运动功能与平衡能力,但效果不明显,且缺乏必要的反馈练习,极易形成不良的步态^[3]。下肢康复机器人是一种智能下肢反馈康复训练系统,能将运动模式、视觉反馈相结合,从而触发下肢运动功能,使患者重获行走功能,有较高的应用价值^[4]。为进一步探讨下肢康复机器人辅助训练对脑梗死偏瘫患者恢复情况的影响,本研究选择 80 例脑梗死偏瘫患者进行分析。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 12 月—2023 年 12 月盐城市第三人民医院收治的脑梗死偏瘫患者 80 例。纳入标准:①参考《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》^[5] 确诊为脑梗死偏瘫;②均为初次发病;③年龄 40~70 岁;④脑梗死病程 <3 个月;⑤单侧偏瘫,偏瘫病程 <2 个月;⑥偏瘫肌力分级 3~5 级;⑦生命体征稳定;⑧有清晰的意识,可配合康复训练;⑨对本研

究知情且签署同意书。排除标准:①有恶性肿瘤疾病者;②有神经肌肉疾病/骨关节疾病/下肢骨折者;③有严重肝肾、心肺功能疾病者;④颅脑外伤导致的偏瘫者;⑤血糖、血压水平不稳定者;⑥下肢深静脉血栓者;⑦重症感染者;⑧严重认知障碍,无法配合康复训练者。按抽签法分成对照组与研究组,每组 40 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 对照组行常规康复训练。在患者生命体征平稳 1 周后,指导患者进行康复训练,训练前详细讲明训练的原因、目的、内容及注意事项,主要训练内容包括良肢位摆放、体位转换、坐位平衡、日常生活事项练习等。①被动活动:对患者肢体功能进行评估,指导患者良肢位摆放,5 次/组,2 次/天。第 2 d 开始定时协助患者进行翻身、举臂、抬腿等床上练习,每次 20 min,2 次/天。②坐起、站立训练:根据患者身体恢复情况,协助其进行坐起与站立练习,每次 30 min,2 次/天。待患者病情逐渐好转,适当增加训练的时间与强度,起初坐起角度 60° 为宜,随着训练难度的不断提高,将坐起角度调整为 90°。再循序渐进地进行站立训练,若开始站立困难,可于床边进行双腿下垂练习。③主动运动:根据患者身体恢复情况及耐受程度,指导并协助进行站立及迈步训练、上下台阶练习、单腿负重练习等,每次 45 min,2 次/天。④日常生活活动能力训练:为尽早使患者接触社会活动,依据患者患肢恢复情况,对其肢体活动进行对应的调整,逐渐使各关节的活动范围恢复至正常。站立时练习左右摇摆能力,并逐渐将重心转移至患肢一侧,鼓励并协助患者进行洗手、梳头、洗漱、穿衣等日常生活项目的练习,待患者日常生活能力提高后可由其自

表 1 两组患者一般资料比较 [n (%), $\bar{x} \pm s$]

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

组别	性别 (男/女)	偏瘫侧别 (左/右)	年龄 (岁)	偏瘫病程 (d)
对照组 ($n=40$)	23 (57.50) / 17 (42.50)	22 (55.00) / 18 (45.00)	57.50 ± 8.76	39.00 ± 6.12
研究组 ($n=40$)	25 (62.50) / 15 (37.50)	21 (52.50) / 19 (47.50)	57.00 ± 8.79	38.50 ± 6.15
χ^2/t 值	0.208	0.050	0.255	0.364
P 值	0.648	0.822	0.800	0.716

行完成。⑤吞咽功能训练：于每日清晨/晚餐前指导患者进行发音练习，起初练习“你”“我”“他”等单音单字读音，逐渐过渡至练习词语、短语、长句。于每日三餐前进行舌肌、咀嚼肌运动，每次5 min。若患者无吞咽反射，可先进行肌肉按摩，用湿棉签对患者的软腭、咽喉壁组织进行刺激，促进吞咽反射。康复训练连续5次/周，共训练8周。

研究组在对照组的基础上行下肢康复机器人(Walkbot-GS, 湖南艾米特医疗设备集团有限公司)辅助训练。指导患者采取坐位，依据患者实际情况选择适宜的“靴子”，穿戴在患者的足、踝、小腿位置，将“靴子”的护套固定好，将患者的下肢固定在机器人上。将安全带固定在骨盆、双侧髋关节的位置，经悬吊系统使患者逐渐站立在运动平板上，以使患者髋关节、膝关节可得到充分的伸展，且保证可支撑自身体重。对所有的护套、安全带进行详细的检查，确保患者安全。将机器人初始坡度设置为0，速度设置为1 km/h，再根据患者的体质量、舒适度，针对性调整减重力量，依据患者步行功能改善情况，逐级增加训练的强度。连续训练5次/周，每次30 min，持续训练8周。

1.3 观察指标 ①肌力、肌张力参数：使用全自动机器人步态训练与评估系统(瑞士HOCOMA医疗器械公司)测量患者静息状态下肌肉等长收缩产生的力量，主要检测两腿髋部屈肌、髋部伸肌、膝部屈肌、膝部伸肌。患者被动移动双腿到伸髋30°或屈膝45°并固定，倒计时结束时，要求患者在指示运动方向上使用最大力量，测试髋关节前屈、髋关节后伸、膝关节前屈、膝关节后伸功能及运动僵硬程度^[6]。②运动功能：采用Fugl-Meyer运动功能评定量表(Fugl-Meyer Assessment Scale, FMA)^[7]进行评估，上肢运动有33个项目，共66分，下肢运动有17个项目，共34分，分值越高表示肢体运动功能越强。③步行功能：采用功能性步行量表(Functional Ambulation Category Scale, FAC)^[8]进行评估，共6个级别，0分表示无法行走，5分表示可独立行走，分值越高表示步行功能越强。④平衡能力：采用Berg平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)^[9]进行评估，量表共有14

个项目，每个项目5级评分，总分56分，评分越高表示患者的平衡能力越好。⑤跌倒发生情况：依据国际疾病分类(International Classification of Diseases 10th Revision, ICD-10)分为不同平面跌倒、同一平面跌倒，统计患者跌倒次数。⑥吞咽功能：采用中文版吞咽功能评估量表(Gugging Swallowing Screen, GUSS)^[10]进行评估，以半固体、液体、固体的顺序评估患者直接吞咽能力，≥20分为无吞咽障碍，15~19分为轻度吞咽障碍，10~14分为中度吞咽障碍，0~9分为严重吞咽障碍。⑦日常生活能力：采用日常生活活动能力量表(Activity of Daily Living, ADL)^[11]进行评估，包含10个项目，总分100分，分值越低表示日常生活活动能力越差。⑧生活质量：采用脑卒中影响量表(Stroke Impact Scale, SIS)^[12]进行评估，包含8个维度，共有59个条目，每个条目1~5分，总分295分，分值越高表示生活质量越好。

1.4 统计学分析 用SPSS 22.0软件进行数据的统计学分析，定性资料以例数(百分比)[$n(\%)$]表示，采用 χ^2 检验，定量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，对于服从正态分布的数据采用独立样本 t 检验，若不服从正态分布采用Mann-Whitney U 检验， $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 肌力与肌张力 干预前，两组肌力、肌张力相比，差异无统计学意义($P > 0.05$)，干预后，两组肌力均升高，肌张力均降低，且研究组肌力高于对照组，肌张力低于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表2。

2.2 运动、步行与平衡能力 干预前，两组FMA、FAC、BBS评分相比，差异无统计学意义($P > 0.05$)，干预后，两组各项评分均提高，且研究组评分高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表3。

2.3 跌倒发生情况 干预后，两组患者的跌倒发生率相比，差异无统计学意义($P > 0.05$)，见表4。

2.4 吞咽功能与日常生活能力 干预前，两组GUSS、ADL评分相比，差异无统计学意义($P > 0.05$)，干预后，两组GUSS、ADL评分均提高，且研究组GUSS、ADL评分高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表5。

表2 两组患者肌力与肌张力比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of muscle strength and muscle tone between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	时间	肌力				肌张力			
		FHF	FHE	FKF	FKE	SHF	SHE	SKF	SKE
对照组 (n=40)	干预前	13.65 ± 3.12	15.12 ± 3.45	12.05 ± 3.30	13.12 ± 4.15	0.56 ± 0.02	0.56 ± 0.03	0.56 ± 0.02	0.54 ± 0.03
	干预后	39.80 ± 5.25	36.95 ± 3.60	40.40 ± 5.95	37.30 ± 5.95	0.41 ± 0.03	0.43 ± 0.02	0.40 ± 0.03	0.41 ± 0.04
t 值		27.081	27.689	26.353	21.081	26.312	22.804	28.066	16.444
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
研究组 (n=40)	干预前	13.82 ± 3.20	15.20 ± 3.60	11.96 ± 3.45	13.22 ± 4.11	0.55 ± 0.02	0.57 ± 0.03	0.57 ± 0.03	0.56 ± 0.02
	干预后	44.12 ± 5.20 ^a	52.25 ± 5.36 ^a	46.65 ± 5.88 ^a	49.65 ± 6.10 ^a	0.35 ± 0.02 ^a	0.34 ± 0.01 ^a	0.33 ± 0.02 ^a	0.33 ± 0.05 ^a
t 值		31.386	36.291	32.182	31.324	44.721	46.000	42.099	27.012
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: FHF. 髋关节前屈肌力; FHE. 髋关节后伸肌力; FKF. 膝关节前屈肌力; FKE. 膝关节后伸肌力; SHF. 髋关节前屈肌张力; SHE. 髋关节后伸肌张力; SKF. 膝关节前屈肌张力; SKE. 膝关节后伸肌张力; 与对照组干预后相比, ^aP<0.05

表3 两组患者 FMA、FAC、BBS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of FMA, FAC, and BBS scores between the two groups of patients (score, $\bar{x} \pm s$)

组别	时间	上肢 FMA	下肢 FMA	FAC	BBS
对照组 (n=40)	干预前	12.25 ± 4.10	9.10 ± 1.70	1.30 ± 0.30	31.15 ± 6.20
	干预后	24.20 ± 5.15	15.15 ± 1.63	3.10 ± 0.50	38.60 ± 8.15
t 值		11.481	16.247	19.524	4.601
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
研究组 (n=40)	干预前	12.10 ± 3.95	9.18 ± 1.65	1.32 ± 0.31	32.20 ± 6.18
	干预后	29.15 ± 4.12 ^a	19.20 ± 2.22 ^a	4.20 ± 0.52 ^a	45.50 ± 6.35 ^a
t 值		18.893	22.911	30.087	9.493
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: 与对照组干预后相比, ^aP<0.05

表4 两组患者跌倒情况比较 [n (%)]

Table 4 Comparison of the incidence of falls between the two groups of patients [n (%)]

组别	不同平面跌倒	同一平面跌倒
对照组 (n=40)	4 (10.00)	3 (7.50)
研究组 (n=40)	1 (2.50)	1 (2.50)
χ^2 值	0.853	0.263
P 值	0.355	0.607

2.5 生活质量 干预前, 两组 SIS 各项评分相比, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 干预后, 两组各项评分均提高, 且研究组评分高于对照组, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 6。

表5 两组患者 GUSS、ADL 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

Table 5 Comparison of GUSS and ADL scores between the two groups of patients (score, $\bar{x} \pm s$)

组别	时间	GUSS	ADL
对照组 (n=40)	干预前	8.18 ± 1.52	52.20 ± 6.35
	干预后	15.20 ± 2.12	63.35 ± 5.95
t 值		17.020	8.104
P 值		<0.001	<0.001
研究组 (n=40)	干预前	8.20 ± 1.60	51.95 ± 6.40
	干预后	19.50 ± 2.05 ^a	70.12 ± 6.10 ^a
t 值		27.482	12.998
P 值		<0.001	<0.001

注: 与对照组干预后相比, ^aP<0.05

表6 两组患者 SIS 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)
Table 6 Comparison of SIS scores between the two groups of patients (score, $\bar{x} \pm s$)

组别	时间	力气	手功能	日常生活活动能力	交流	移动	记忆与思维	情绪	社会参与
对照组 (n=40)	干预前	47.12 ± 8.10	56.50 ± 7.20	53.66 ± 7.20	46.65 ± 6.10	47.00 ± 8.15	41.20 ± 4.33	50.48 ± 6.35	26.20 ± 4.12
	干预后	64.50 ± 7.95	68.65 ± 8.10	67.65 ± 8.00	60.25 ± 8.15	64.35 ± 7.90	63.30 ± 5.30	68.65 ± 6.40	36.65 ± 5.20
t 值		9.685	7.091	8.221	8.449	9.668	20.423	12.746	9.962
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
研究组 (n=40)	干预前	48.10 ± 7.88	57.15 ± 7.16	54.05 ± 7.15	47.11 ± 6.65	48.05 ± 8.20	41.26 ± 4.35	51.12 ± 6.40	26.22 ± 4.20
	干预后	71.25 ± 8.10 ^a	75.20 ± 7.65 ^a	78.15 ± 8.12 ^a	72.36 ± 6.12 ^a	73.30 ± 6.65 ^a	72.35 ± 5.62 ^a	77.68 ± 6.43 ^a	47.60 ± 6.10 ^a
t 值		12.956	10.895	14.088	17.670	15.126	27.668	18.516	18.258
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注：与对照组干预后相比，^aP<0.05

3 讨论

脑梗死为临床常见病，是多种机制、多种因素共同作用的结果，多认为与脑水肿、血液高凝状态、动脉粥样硬化等疾病关系密切，有高发病率、高致残率、高致死率的特点^[13]。偏瘫为脑梗死患者常见的后遗症，据统计，约有55%~75%的脑梗死患者会出现偏瘫，主要表现为一侧肢体瘫痪、感觉异常、运动障碍等，严重影响患者的正常工作、生活，威胁身体健康^[14]。在常规的康复训练中，康复师针对性地控制患者的髋、膝、踝关节，指导并协助其重复性模拟地面行走，能在一定程度上改善患者的肢体功能，但限制了骨盆、躯干的生理运动，无法将负重、平衡、迈步进行有效结合，患者动作缺乏实用性、连贯性，康复训练效果欠佳。故及时寻求一种更安全有效的康复训练方案非常有必要。

《下肢康复机器人临床应用专家共识》^[15]指出，下肢康复机器人主要用于偏瘫、截瘫及其他原因引起下肢功能障碍的患者。下肢康复机器人对运动功能低下的肌群进行选择，再行针对性的周期性训练，使其力量、耐力、肌群间的协调性得到有效增强，以起到高质量的康复训练^[16]。本研究结果显示，干预后研究组

肌力参数更高，肌张力参数更低，这与张军伟等人^[17]报道一致，认为下肢康复机器人辅助训练可增强患者肌力，降低肌张力。分析原因为，下肢康复机器人能对抗痉挛，诱发分离运动，对异常运动模式进行抑制，可对运动通路上各运动神经元进行刺激，于周围的神经肌肉中形成一定的代偿功能，还可获取正确运动输出，减轻下肢肌肉收缩负荷，解除痉挛，减少肌肉张力亢进，进而促使肌力恢复，降低肌张力^[18]。

脑卒中偏瘫患者的高位中枢神经系统会受到一定损伤，导致下肢运动功能异常，还会引起骨盆重心控制差，患肢站立负重不足，步行稳定性下降，影响步行功能与平衡能力^[19-20]。本研究结果显示，干预后研究组FMA、FAC、BBS评分高于对照组，提示下肢康复机器人能改善患者下肢功能、运动功能及平衡能力。是因为下肢康复机器人以电机带动患者进行正常的步态训练，可良好地结合迈步、负重、平衡，对下肢关节肌腱的肌肉感受器进行有效刺激，从而促进感觉恢复^[21]。下肢康复机器人还具备自主减重系统，能减轻患者自身重量对髋部、腿部的负荷，促进平衡稳定，还能避免屈膝、膝过伸等，患者下肢运动更便捷灵活^[22]。且患者重心可快速转移，能提高步行的稳定性，增

强步行功能,提高平衡能力。

脑梗死偏瘫患者跌倒风险较高,若跌倒可能引起骨折、脑损伤等,威胁患者身体健康^[23]。本研究结果显示,干预后两组患者跌倒发生率差异无统计学意义,但研究组跌倒患者相对更少,可能因为下肢康复机器人辅助训练能促进患者神经、肌肉的恢复,提高平衡力,增强肢体协调运动性,进而可改善患者移动能力、步行能力,降低跌倒发生风险^[24-25]。

脑梗死偏瘫患者的脑部神经功能受损,促使支配吞咽功能的神经发生障碍,引起吞咽障碍,严重降低患者生活质量。本研究结果显示,干预后研究组的吞咽功能、日常生活活动能力及生活质量更高。原因为,下肢康复机器人辅助训练能利用重复感觉外周刺激,诱发运动应答,刺激中枢神经系统,还能促进神经纤维再学习机制,进而改善患者的吞咽功能及肢体功能,有助于提高患者的生活质量^[26]。

综上,对脑梗死偏瘫患者进行下肢康复机器人辅助训练,可增强患者肌力,降低肌张力和跌倒风险,改善运动功能、步行能力、平衡能力、吞咽功能,提高生活质量,有推广价值。但本研究存在样本量少、研究时间短等诸多因素的限制,研究结果尚有不足,未来有必要进行随机、对照、样本量较大、研究时间较长的研究。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 陈志勤负责设计论文框架,起草论文;王芳、王锐负责实验操作,研究过程的实施;陈志勤、王锐负责数据收集,统计学分析,绘制图表,论文修改;陈志勤、王芳负责拟定写作思路,指导撰写文章并最后定稿。

参考文献

- [1] GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *Lancet Neurol*, 2021, 20(10): 795–820.
- [2] 赵久明,李月,张佳奇,等. 上肢康复机器人治疗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.
- [3] 曾明梅,蔡萌. 强化康复护理对脑梗死偏瘫患者肢体功能恢复的影响[J]. *贵州医药*, 2019, 43(8): 1342–1344.
- [4] 汪学玲,徐慧. 康复护理联合上下肢康复训练器训练对脑梗死康复期患者肢体功能及平衡功能的影响[J]. *中国临床研究*, 2021, 34(1): 137–140.

- [5] 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.
- [6] 赵雅宁,郝正玮,李建民,等. 下肢康复机器人训练改善缺血性脑卒中偏瘫患者下肢功能的临床效果研究[J]. *中国全科医学*, 2013, 16(7): 691–694.
- [7] 莫林宏,刘爱贤. 经颅磁刺激联合康复功能训练对卒中后偏瘫病人步态、平衡能力及FMA评分的影响[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2020, 18(23): 4065–4068.
- [8] 顾旭东,吴华,郭帅,等. 骨盆辅助步行康复机器人对卒中偏瘫患者运动功能及日常生活能力的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(5): 556–559.
- [9] 吴丹丽,解东风,宋梅思,等. 中文版躯干损伤量表评定卒中患者躯干功能的信度及效度研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(1): 40–44.
- [10] 肖树芹,常红,武剑,等. 中文版GUSS吞咽功能评估量表的信效度研究[J]. *中华现代护理杂志*, 2013, 48(34): 4189–4191.
- [11] 吴炜,倪波业,施加加. 扩展Barthel指数在卒中患者中的信度与效度[J]. *中国康复理论与实践*, 2021, 27(3): 261–268.
- [12] 周小炫,方云华,陈善佳,等. 健康调查简表和卒中影响量表在卒中康复临床中应用情况的调查分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(5): 455–459.
- [13] 梁菊萍,杨旸,董继存. 急性脑梗死患者流行病学调查及危险因素[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(12): 2484–2487.
- [14] SUN Z D, MU A, WANG C B, et al. Research on an ankle rehabilitation robot for hemiplegic patients after stroke[J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2023, 237(10): 1177–1189.
- [15] 张立新,白定群,白玉龙,等. 下肢康复机器人临床应用专家共识[J]. *康复学报*, 2023, 33(5): 383–396.
- [16] 刘忠良,张坤,魏彦龙,等. 康复机器人系统的研究现状与展望[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2023, 4(6): 497–506.
- [17] 张军伟,杨颖,郝正玮,等. 下肢康复训练机器人对脑梗死偏瘫患者肌力肌张力与P300的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2016, 36(7): 1693–1695.
- [18] 祝芳亮,朱逸,蒋程. 下肢康复机器人在脑梗死患者早期康复中的应用效能[J]. *现代科学仪器*, 2021, 38(1): 73–77.
- [19] 王莉娜,陈志琴,董文敏. 下肢康复机器人训练联合镜像疗法对卒中偏瘫患者步态控制的影响[J]. *海军医学杂志*, 2023, 44(11): 1163–1167.
- [20] 李京泽,邢靖松,吕福现,等. 下肢康复机器人训练对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.
- [21] 林在龙,朱雯,吴华,等. 下肢骨盆控制康复机器人训练对卒中患者平衡功能和步行能力的影响[J]. *浙江医学*, 2021, 43(6): 656–659, 662.
- [22] 包译,朵强,张源芮,等. 下肢康复机器人对缺血性脑卒中恢复期患者步行功能的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2022, 37(8): 1079–1083.
- [23] 张红利. 奥塔戈运动结合早期康复对脑梗死偏瘫患者FMA评分、下肢肌力及MFES评分的影响[J]. *广东医学*, 2020, 41(5): 491–495.
- [24] 彭胜,朱华云,徐永兰. 康复机器人训练对缺血性脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的影响效果观察[J]. *中国医学装备*, 2019, 16(6): 90–93.
- [25] 王晓铃,马颖,华永萍,等. 骨盆带控制联合下肢康复机器人辅助对老年脑卒中偏瘫病人平衡功能和步行效率的影响[J]. *实用老年医学*, 2022, 36(7): 706–709, 714.
- [26] 乐琳. 下肢康复机器人对脑梗死后下肢偏瘫患者康复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(6): 536–538.

编辑: 张笑嫣