

## 下肢康复机器人短期辅助双任务训练在脑卒中患者 康复期的运用效果

孙丽, 周小云, 刘苏, 高洁

(南通大学附属医院康复医学科 江苏 南通 226001)

**摘要** **目的:** 探讨下肢康复机器人对脑卒中患者下肢康复效果及步行和平衡能力的影响。**方法:** 本研究选取 2023 年 3 月—2024 年 6 月于南通大学附属医院收治的 76 例脑卒中患者作为研究对象。按照随机数字表法, 将其分为对照组 (采用双任务训练) 和观察组 (双任务训练基础上给予下肢康复机器人辅助训练), 每组 38 例。比较两组患者下肢运动功能、步行能力及平衡功能。**结果:** 治疗 4 周、8 周后, 观察组下肢运动功能评分 (FMA)、功能性步行分级量表 (FAC) 评分和 Berg 平衡量表 (BBS) 评分显著高于对照组 ( $P<0.05$ )。决策树模型结果显示, 治疗 8 周后 FMA、FAC 及 BBS 评分均无显著差异 ( $P>0.05$ )。**结论:** 下肢康复机器人辅助双任务训练在脑卒中患者康复中能够提升其下肢运动功能、步行能力及平衡功能。

**关键词** 下肢康复机器人; 双任务训练; 脑卒中; 下肢运动; 步行能力

**中图分类号** R493 R743 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721 (2024) 06-1137-05

## Effects of lower limb rehabilitation robot-assisted short-term dual-task training in stroke patients during rehabilitation period

SUN Li, ZHOU Xiaoyun, LIU Su, GAO Jie

(Department of Rehabilitation Medicine, the Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China)

**Abstract** **Objective:** To explore the effects of lower limb rehabilitation robot on the rehabilitation outcomes, walking ability and balance function of stroke patients. **Methods:** 76 stroke patients who were admitted to the Affiliated Hospital of Nantong University from March 2023 to June 2024 were selected as the research subjects. They were divided into the control group (dual-task training) and the observation group (lower limb rehabilitation robot-assisted dual-task training) using a random number table, with 38 patients in each group. The lower limb motor function, walking ability and balance function were compared between the two groups. **Results:** After 4 and 8 weeks of treatment, the Fugl-Meyer assessment (FMA) scores, functional ambulation categories (FAC) scores and Berg balance scale (BBS) scores of the observation group were significantly higher than those of the control group ( $P<0.05$ ). The results of the decision tree showed no significant differences in FMA, FAC and BBS scores after treatment among the patients ( $P>0.05$ ). **Conclusion:** Lower limb rehabilitation robot-assisted dual-task training can improve lower limb motor function, walking ability and balance function of stroke patients during their rehabilitation periods.

**Key words** Lower Limb Rehabilitation Robot; Dual-task Training; Stroke; Lower Limb Movement; Walking Ability

脑卒中是由多种因素引发的急性脑血管疾病, 严重影响患者的健康与生活质量<sup>[1]</sup>。据统计, 约 70% 的脑卒中患者会发生不同程度的肢体功能障碍, 尤其是下肢运动、步行能力及平衡功

能的受损, 极大地限制了患者的日常生活和社会参与能力<sup>[2]</sup>。在脑卒中患者康复过程中常面临肌肉力量减弱、平衡能力下降以及步态异常等挑战。传统的康复方法往往侧重于单一任务的

收稿日期: 2024-09-26 录用日期: 2024-11-15

Received Date: 2024-09-26 Accepted Date: 2024-11-15

基金项目: 南通市卫生健康委员会青年课题 (QN2022005)

Foundation Item: Youth Project of Nantong Municipal Health Commission (QN2022005)

通讯作者: 高洁, Email: gaojie230@163.com

Corresponding Author: GAO Jie, Email: gaojie230@163.com

引用格式: 孙丽, 周小云, 刘苏, 等. 下肢康复机器人短期辅助双任务训练在脑卒中患者康复期的运用效果 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5 (6): 1137-1141.

Citation: SUN L, ZHOU X Y, LIU S, et al. Effects of lower limb rehabilitation robot-assisted short-term dual-task training in stroke patients during rehabilitation period [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2024, 5(6): 1137-1141.

练习,难以全面恢复患者的下肢功能。下肢康复机器人作为现代康复技术的重要成果,以其精准、高效、可重复的优势,在脑卒中患者的康复训练中逐渐发挥重要作用<sup>[3]</sup>。机器人辅助训练不仅能提供不同的训练方案,还能通过模拟真实步态、提供生物反馈等手段,有效促进患者神经功能的重塑和运动能力的恢复<sup>[4]</sup>。而双任务训练作为一种创新的康复策略,通过同时执行认知和运动任务,能够进一步激发患者的神经可塑性,加速康复进程<sup>[5]</sup>。下肢康复机器人辅助下的双任务训练,通过结合机器人的精准控制和双任务训练的独特优势,能够为患者提供更加全面的康复训练方案,更有效地提升脑卒中患者的下肢运动功能、步行能力和平衡功能。基于此,本研究选取76例脑卒中患者作为研究对象,探究下肢康复机器人辅助双任务训练对脑卒中患者的影响。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 纳入标准:①经CT/MRI检查证实,符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》诊断标准<sup>[6]</sup>,首次脑卒中;②年龄20~70岁;③病程1~8个月,且病情稳定;④患者及其家属详细了解研究内容并签署知情同意书。排除标准:①伴有其他严重躯体疾病或精神障碍者;②明显关节痉挛者;③认知功能障碍患者;④妊娠或哺乳期孕妇;⑤中途因自身原因退出研究。本研究通过本院伦理委员会审批(NO.2022-L129)。根据训练方法不同,将其分为观察组(38例)和对照组(38例)。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。

## 1.2 方法

**1.2.1 对照组** 给予双任务训练,具体内容如下。

**1.2.1.1 双任务训练同步性:**在患者状态稳定且符合训练条件后,开始实施双任务训练,进行下肢运动训练同时无缝衔接认知任务训练,确保两者在同一时间段内同步进行。调整训练强度,确保其在不显著降低双任务完成流畅度的前提下进行,保持训练的连续性和有效性。双任务训练每次持续30 min,使患者能在适当的时间内集中注意力和体力,训练过程中,根据患者需求适时安排短暂休息,以恢复体力和精神状态。每天进行1次训练,每周5天,连续4周为一个疗程,共两个疗程。

**1.2.1.2 认知训练任务:**①计算任务。在患者行走过程中,要求其进行连续的加减法计算,如“1加3、再加3”“100减3、再减3”等。通过计算任务,提升患者的注意力和计算能力,同时促进下肢运动的协调性。②言语沟通任务。在患者步行时与其交流当日计划或相关话题,要求患者给出明确、可拓展的答复,增强患者的语言沟通能力和思维能力,同时促进步行训练的持续性和趣味性。③听觉反馈任务。在患者行走过程中播放含有特定数字(如3或4)的声音信号,要求患者根据信号做出相应的反应(如举起健侧手或回答前一位/三位数字)。通过听觉反馈机制,提高患者的反应速度和注意力分配能力,同时增加训练的挑战性和趣味性。

**1.2.1.3 运动训练任务:**①基础训练。患者在平衡杠内进行坐站转移、重心移动、迈步/撤步姿势维持等训练,增强其平衡能力和下肢肌肉力量,为后续训练打下基础。②进阶训练。根据患者功能状况逐步进阶至原地踏步、迈步、撤步和步行等训练。一旦患者能够完成双手辅助下的跑台步行,则立即进阶至跑台上步行训练。通过逐步增加训练难度和复杂度,提升患者的

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

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

组别	性别		年龄(岁)	病程(月)	卒中部位		卒中类型	
	男	女			左侧	右侧	脑出血	脑梗死
观察组 (n=38)	20 (52.63)	18 (47.37)	51.63±7.54	5.55±1.52	16 (42.11)	22 (57.89)	17 (44.74)	21 (55.26)
对照组 (n=38)	22 (57.89)	16 (42.11)	50.92±7.82	5.92±1.17	13 (34.21)	25 (65.79)	16 (42.11)	22 (57.89)
t/ $\chi^2$ 值	0.213	0.213	0.403	1.184	0.502	0.502	0.054	0.054
P值	0.645	0.645	0.688	0.240	0.479	0.479	0.817	0.817

步行能力和下肢运动功能。每天 1.5 h，每天 1 次，每周 5 次，连续 4 周为一个疗程，共两个疗程。

**1.2.2 观察组** 在对照组基础上给予下肢康复机器人辅助训练，下肢康复机器人辅助训练内容如下。

**1.2.2.1 机器人设置：**采用中国杭州生产的 UGO222 下肢康复机器人，该机器人具备根据患者身体重量进行个性化精确减重的功能，减重范围可灵活调整至患者自身体重的 0%~40%，确保训练安全有效。机器人有骨盆减重功能及保护性高度设计，可有效预防患者跌倒，同时不干扰其自然步态的形成与恢复。上肢和躯干无束缚设计，确保患者在训练过程中能够自由移动，模拟真实步态，促进康复进程。

**1.2.2.2 多模式训练：**机器人提供定速行走模式，可根据患者需求设置恒定步速，帮助患者建立稳定的行走节奏和步态模式。结合跑台使用时，机器人能够随跑台速度进行动态调整，确保患者在不同速度下的行走训练都能得到精确支持。在跑台行走的基础上增加抗阻训练，通过调节阻力大小，进一步提升患者的下肢肌肉力量和耐力。

**1.2.2.3 原地踏步适应：**根据患者耐受程度，首先进行原地踏步练习，确保其能够适应机器人辅助下的训练环境。适应后，逐步转入恒定步速行走训练，速度设定为 0.1~1.2 m/s，根据患者康复进展适时调整。训练过程中，密切关注患者的反应和表现，根据具体情况动态调整减重量、步速等参数，确保训练效果最大化。同时，及时给予患者正面反馈，增强其康复信心。下肢康复机器人辅助训练每天约 1.5 h，每天 1 次，每周 5 次，连续 4 周为一个疗程，共两个疗程。

### 1.3 评价指标

**1.3.1 下肢运动** 采用下肢运动功能评分 (Fugl-Meyer Assessment, FMA)<sup>[7]</sup> 评估患者治疗前及治疗后 4 周、8 周下肢运动能力，该量表共 34 分，得分与下肢运动能力成正比。

**1.3.2 步行能力** 采用功能性步行分级量表 (Functional Ambulation Categories, FAC)<sup>[8]</sup> 评估患者治疗前及治疗后 4 周、8 周步行能力，该量表为 0~5 分，得分与步行能力成正比。

**1.3.3 平衡功能** 采用 Berg 平衡量表 (Berg Balance Scale, BBS)<sup>[9]</sup> 评估患者治疗前及治疗后 4 周、8 周平衡功能，该量表总分 56 分，得分与平衡功能成正比。

**1.4 统计学方法** 所有数据均采用 SPSS 22.0 统计学软件进行分析。计量资料用均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较采用独立样本  $t$  检验，组内比较采用配对样本  $t$  检验；计数资料用例数 (百分比) [ $n$  (%)] 表示，行  $\chi^2$  检验，以  $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 下肢运动功能、步行能力及平衡功能比较** 与治疗前比较，经过 4 周和 8 周的治疗，两组患者 FMA 评分、FAC 评分和 BBS 评分均有所提升，且观察组提升幅度显著高于对照组 ( $P < 0.05$ )，见表 2。

**2.2 FMA、FAC 及 BBS 的影响因素** 以性别、年龄、病程、卒中侧别及卒中类型作为自变量，治疗 8 周后 FMA、FAC 及 BBS 评分作为因变量构建决策树模型。结果显示，治疗 8 周后 FMA、FAC 及 BBS 评分均无显著差异 ( $P > 0.05$ )，见表 3。

## 3 讨论

脑卒中作为一种常见的神经系统疾病，患者的中枢神经系统受损，常引起下肢运动控制障碍、肌肉力量减弱、平衡功能下降等问题<sup>[10-12]</sup>，这不仅影响患者的步行能力，还可能导致跌倒、骨折等二次伤害，进一步加重患者的身体负担和心理压力<sup>[13-15]</sup>。传统康复训练方法虽然有效，但主要依赖于治疗师的手动操作和患者的主动配合，存在训练强度不足、训练效果难以量化等问题<sup>[16-17]</sup>。下肢康复机器人通过预设的训练程序和实时反馈机制，能够确保训练过程的精准性和高效性<sup>[18]</sup>。但是也存在一些比较明显的缺点，下肢康复机器人系统大多结构复杂且控制难度高，比例-积分-微分控制器对驱动机构要求较高，有时候很难满足实际需求，而且控制器经过整定后参数不发生变化，很难针对不同的患者进行调整。患者只能完成被动运动训练，尚不具备主动康复训练的功能，无法在医院进行长期康复治疗。因此本研究主要对短期运用效果进行评估，同时引入双任务训练模式，进一步丰富训练内容，提高患者的参与度和训练效果<sup>[19-20]</sup>。

本研究结果表明，治疗后观察组患者 FMA 评分显著提升，分析其原因可能是，机器人能根据患者个体差异提供精准的减重支持，极大

表 2 FMA、FAC 及 BBS 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Table 2 Comparison of FMA, TAC and BBS scores between the two groups of patients ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	FMA 评分			FAC 评分			BBS 评分		
	治疗前	治疗 4 周	治疗 8 周	治疗前	治疗 4 周	治疗 8 周	治疗前	治疗 4 周	治疗 8 周
观察组	10.18 ± 2.26	22.05 ± 4.39	30.13 ± 2.76	1.11 ± 0.31	2.66 ± 0.58	3.68 ± 0.74	20.21 ± 4.33	27.00 ± 5.40	47.24 ± 7.96
对照组	10.03 ± 2.17	14.00 ± 2.63	23.39 ± 4.64	1.03 ± 0.16	1.97 ± 0.43	2.45 ± 0.50	21.16 ± 4.14	24.00 ± 4.70	34.37 ± 6.90
t 值	0.310	9.695	7.689	1.387	5.806	8.524	0.976	2.583	7.530
P 值	0.757	0.000	0.000	0.169	0.000	0.000	0.332	0.012	0.000

表 3 决策树模型摘要

Table 3 Summary of decision tree model

项目	FMA 模型摘要	FAC 模型摘要	BBS 模型摘要
生长法	CHAID	CHAID	CHAID
因变量	治疗 8 周后 FMA 评分	治疗 8 周后 FAC 评分	治疗 8 周后 BBS 评分
自变量	年龄 (岁), 病程 (月), 卒中侧别, 卒中类型, 性别	年龄 (岁), 病程 (月), 卒中侧别, 卒中类型, 性别	年龄 (岁), 病程 (月), 卒中侧别, 卒中类型, 性别
指定项			
验证	无	无	无
最大树深度	3	3	3
父节点中的最小个案数	30	30	30
子节点中的最小个案数	10	10	10
结果			
包括的自变量	性别	性别	性别
节点数	3	3	3
终端节点数	2	2	2
深度	1	1	1
P 值	0.755	0.563	0.950

减轻患者下肢负担,使其能更专注于步态恢复,减少训练中的疼痛和不适,提高康复效率<sup>[21]</sup>。机器人提供的多样化训练模式,如定速行走、跑台跟随及抗阻行走等,结合双任务训练,全方位激活下肢肌肉群和神经系统,不仅能够增强肌肉力量和协调性,还通过增强认知参与,优化步态的稳定性和精确性。李颯安等人<sup>[22]</sup>研究同样表明,不同的减重支持对脑卒中患者的下肢功能恢复具有积极作用。本研究还表明,机器人辅助训练能够显著提升患者 FAC 评分,可能是在训练中融入记忆、注意等认知元素,能够有效增强患者的注意力和控制力,使其在步行时能保持更佳稳定性和速度<sup>[23]</sup>。下肢康复机器人通过实时监测步态参数并提供即时反馈,帮助患者及时调整步态,提高步行效率<sup>[24]</sup>。同时跑台跟随行走、抗阻行走等动态平衡训练

模式,模拟真实生活中的平衡挑战,进一步促进患者平衡功能的恢复,减少跌倒风险。解二康等人<sup>[25]</sup>研究同样指出,双任务训练结合机器人对脑卒中患者的步行能力恢复具有显著效果,与本研究结果一致。治疗后观察组患者 BBS 评分显著优于对照组,平衡训练模式仅模拟真实世界中的平衡挑战,还通过结合双任务训练,有效锻炼患者的注意力分配与多任务处理能力,从而显著提升其平衡功能<sup>[26]</sup>。高度仿真的训练环境帮助患者更好地适应各种步行场景,确保自然步态的养成<sup>[27-28]</sup>。下肢康复机器人辅助双任务训练不仅局限于物理功能的恢复,更能够在患者整体康复效果上展现<sup>[29]</sup>。患者在训练过程中亲身感受到的身体功能改善与成就感,极大地增强患者康复信心与动力,积极的心理变化与生理恢复相辅相成,共同推动患者生活质

量的全面提升<sup>[30-31]</sup>。决策树模型结果显示,患者经过治疗后,FMA、FAC及BBS评分并未显示出显著差异。这一发现表明,患者康复效果与一般资料无显著相关,而是更多地受到不同干预方案影响。观察组在接受下肢康复机器人辅助训练后,其下肢运动功能、步行能力和平衡能力均得到显著提升。进一步验证本研究核心内容,下肢康复机器人在脑卒中患者康复过程中具有积极作用。

综上所述,下肢康复机器人辅助双任务训练在脑卒中患者康复中的效果显著,能够提升下肢功能、步行能力及平衡功能。然而本研究还存在一定的局限性,还需进一步扩大样本量及多中心验证来进一步验证结论的可靠性。

**利益冲突声明:** 本文不存在任何利益冲突。

**作者贡献声明:** 孙丽负责课题设计,撰写论文;周小云负责实验操作;刘苏负责课题设计;高洁负责实验操作,数据分析,绘制图表。

## 参考文献

- Zhu F, Kern M, Fowkes E, et al. Effects of an exoskeleton-assisted gait training on post-stroke lower-limb muscle coordination[J]. *Journal of neural engineering*, 2021, 18(4): 046039.
- 郭文静,张勇,邱纪方. 下肢外骨骼机器人在脑卒中恢复期患者步态康复中的应用研究进展[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2023, 45(11): 1035-1039.
- 李希,王秉翔,李娜,等. 下肢外骨骼机器人康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动的影响[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2023, 61(3): 121-126, 133.
- 赵雅娟,唐芷晴,孙新亭,等. 不同强度穿戴式下肢康复机器人训练对脑卒中后下肢功能的效果[J]. *中国康复理论与实践*, 2023, 29(5): 497-503.
- 郑慧丽,岳晓东,肖茜,等. 双任务训练模式对脑卒中后偏瘫患者下肢功能及生活质量的影响[J]. *中华保健医学杂志*, 2021, 23(5): 525-527.
- 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.
- 桑德春,纪树荣,张纆,等. Fugl-Meyer量表在社区脑卒中康复疗效评定中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22(3): 264-265.
- 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.
- 金冬梅,燕铁斌. Berg平衡量表及其临床应用[J]. *中国康复理论与实践*, 2002, 8(3): 155-157.
- 翁映虹,黄坚红. 阿尔茨海默病评定量表-认知部分中文版与日常生活能力量表评价血管性痴呆的信度与效度[J]. *中国老年学杂志*, 2014, 34(7): 1751-1753.
- 李武芬,尤敏. 基于老年综合评估的护理干预对脑卒中恢复期患者SS-QOL评分的影响[J]. *国际护理学杂志*, 2021, 40(6): 1084-1087.
- Hobbs B, Artemiadis P. A review of robot-assisted lower-limb stroke therapy: unexplored paths and future directions in gait rehabilitation[J]. *Frontiers in neurorobotics*, 2020, 14: 19.
- 董延广,王强,张文娟,等. 下肢外骨骼机器人联合踝关节康复训练对脑卒中后步行功能障碍患者步行功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2024, 46(2): 118-122.
- Kayabinar B, Alemdaroğlu-Gürbüz İ, Yılmaz Ö. The effects of virtual reality augmented robot-assisted gait training on dual-task performance and functional measures in chronic stroke: a randomized controlled single-blind trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2021, 57(2): 227-237.
- 刘勇,沈一吉,金振华,等. 双任务训练对脑卒中后平衡和下肢运动功能的影响[J]. *护理与康复*, 2022, 21(7): 23-25, 28.
- MENG G L, MA X Y, CHEN P F, et al. Effect of early integrated robot-assisted gait training on motor and balance in patients with acute ischemic stroke: A single-blinded randomized controlled trial[J]. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*, 2022, 15: 17562864221123195.
- HE M D, HUANG L, TANG D K, et al. Intervention effect of lower limb rehabilitation robot with task-oriented training on stroke patients and its influence on KFAROM score[J]. *Journal of Biosciences and Medicines*, 2024, 12(9): 62-72.
- 曲斯伟,朱琳,钱龙,等. 镜像视觉反馈训练联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢运动功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2022, 44(1): 30-34.
- 毛珍芳,蒋志强,龙捷,等. 下肢康复机器人在脑卒中伴重度偏瘫患者康复中的价值及其对不良心理的影响[J]. *中国医药导报*, 2023, 20(29): 78-82.
- 刘翠,甄巧霞,王平,等. 经颅磁刺激联合下肢康复机器人对脑卒中患者下肢功能康复的效果观察[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2024, 5(4): 542-547.
- 安丹蕾,季宇宣,张瀚之,等. 下肢康复训练机器人联合等速肌力训练对老年脑卒中偏瘫患者神经功能、步行能力、Lovett肌力分级及平衡能力的影响[J]. *临床和实验医学杂志*, 2024, 23(4): 377-381.
- 李颀安,陈泽健,夏楠,等. 单侧穿戴式外骨骼机器人训练对亚急性期脑卒中患者平衡和步行功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2023, 45(2): 109-113.
- 王晓玲,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.
- 吴季春,李倩,李凯,等. 下肢悬吊机器人联合常规康复治疗对老年脑卒中患者下肢功能的疗效观察[J]. *老年医学与保健*, 2024, 30(2): 358-361.
- 解二康,从洋洋,王瑜元,等. 基于下肢康复机器人的双任务训练对脑卒中患者下肢运动及步行能力的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2024, 46(2): 112-117.
- 李豫,朱琳,陈科容,等. 下肢外骨骼机器人联合传统康复训练对脑卒中患者步行功能恢复的疗效观察[J]. *昆明医科大学学报*, 2024, 45(7): 92-98.
- 胡靖然,陈小飞. 虚拟现实技术联合下肢康复机器人训练对缺血性脑卒中患者下肢功能及平衡能力影响的研究[J]. *中国康复*, 2020, 35(12): 633-636.
- 吴志远,李坤彬,娄书伟,等. 下肢康复机器人训练对脑卒中患者运动及平衡功能的影响[J]. *康复学报*, 2020, 30(2): 114-118.
- 舒国建,刘家庆,向云,等. 下肢康复机器人联合等速肌力训练对脑卒中后下肢运动功能影响的临床对照研究[J]. *中国康复*, 2020, 35(7): 339-342.
- 陈芳,黄俊豪,吴文杰,等. 下肢外骨骼机器人在脑卒中患者功能康复中应用进展[J]. *中国康复*, 2023, 38(4): 243-247.
- 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脑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.

编辑: 崔明璠