

下肢康复机器人联合骨盆带控制对脑卒中偏瘫患者步行能力及日常生活活动能力的影响

葛盼丽¹, 王志祥¹, 王雪¹, 郭慧慧², 许海峰², 沈子杰², 张文², 胡瑞²

(1. 江苏省人民医院康复医学科 江苏 南京 210000; 2. 江苏钟山老年康复医院康复治疗科 江苏 南京 210000)

摘要 **目的:** 探讨下肢康复机器人联合骨盆带控制对脑卒中偏瘫患者步行能力及日常生活活动能力的影响。**方法:** 选取2023年1月—2024年6月江苏钟山老年康复医院收治的60例脑卒中偏瘫患者作为研究对象, 采用随机数字表法将其分为观察组($n=30$)与对照组($n=30$)。对照组患者在常规康复干预基础上予以骨盆带控制康复干预; 观察组患者在常规康复干预基础上予以下肢康复机器人联合骨盆带控制康复干预, 两组患者康复干预时间均为6周。比较两组患者康复干预前后的步行能力、步态参数、临床痉挛指数、运动功能、日常生活活动能力、平衡能力及康复干预满意度之间的差异。**结果:** 观察组患者干预6周后的“起立-行走”测试(TUG)评分、功能性步行分类(FAC)评分、6 min步行测试(6MWT)与步态参数均优于对照组($P<0.05$), Fugl-Meyer下肢评价量表(FMA-LE)评分和康复干预满意度均高于对照组($P<0.05$)。两组患者干预6周后的临床痉挛指数(CSI)、改良巴氏指数(MBI)、Berg平衡量表(BBS)评分比较, 差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:** 下肢康复机器人联合骨盆带控制能够显著改善脑卒中偏瘫患者的步行能力、步态参数及运动功能, 康复效果更佳, 有助于提高患者满意度, 值得推广应用。

关键词 下肢康复机器人; 骨盆带; 脑卒中; 偏瘫; 步行能力; 日常生活活动能力

中图分类号 R608 R493 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2025)03-0410-06

Effect of lower limb rehabilitation robot combined with pelvic belt control on walking ability and activities of daily living in stroke patients with hemiplegia

GE Panli¹, WANG Zhixiang¹, WANG Xue¹, GUO Huihui², XU Haifeng², SHEN Zijie², ZHANG Wen², HU Rui²

(1. Department of Rehabilitation Medicine, Jiangsu Province Hospital, Nanjing 210000, China; 2. Department of Rehabilitation, Jiangsu Zhongshan Geriatric Rehabilitation Hospital, Nanjing 210000, China)

Abstract **Objective:** To investigate the effect of lower limb rehabilitation robot combined with pelvic belt control on walking ability and activities of daily living (ADLs) in stroke patients with hemiplegia. **Methods:** 60 stroke patients with hemiplegia who were admitted to the Jiangsu Zhongshan Geriatric Rehabilitation Hospital were enrolled. They were divided into the observation group ($n=30$) and the control group ($n=30$) using a random number table. Patients in the control group received pelvic belt control rehabilitation intervention on the basis of conventional rehabilitation intervention, while patients in the observation group received the pelvic belt control rehabilitation intervention combined with lower limb rehabilitation robot. All patients were treated for 6 weeks. Walking ability, gait parameters, clinic spasticity index (CSI), functional ambulation categories (FAC) score, ADLs, balance ability and patient satisfaction with rehabilitation intervention before and after intervention of patients in the two groups were compared. **Results:** After 6 weeks of intervention, patients in the observation group had better TUG, FAC scores, 6 MWT indexes, of the healthy and affected side than those in the control group ($P<0.05$). The Fugl-Meyer assessment lower extremity (FMA-LE) scores and satisfaction degree of rehabilitation intervention were higher in the observation group than those in the control group ($P<0.05$). Moreover, the observation group showed significantly improved CSI, MBI and BBS scores after 6 weeks

基金项目: 江苏省医学创新中心资助项目(CXZX202222)

Foundation Item: Jiangsu Medical Innovation Center Funding Project (CXZX202222)

引用格式: 葛盼丽, 王志祥, 王雪, 等. 下肢康复机器人联合骨盆带控制对脑卒中偏瘫患者步行能力及日常生活活动能力的影响[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2025, 6(3): 410-415.

Citation: GE P L, WANG Z X, WANG X, et al. Effect of lower limb rehabilitation robot combined with pelvic belt control on walking ability and activities of daily living in stroke patients with hemiplegia [J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025,6(3): 410-415.

通讯作者(Corresponding Author): 王志祥(WANG Zhixiang), Email: wzxsyx@163.com

of intervention compared with the control group ($P>0.05$). **Conclusion:** Lower limb rehabilitation robot combined with pelvic belt control can significantly improve the walking ability, gait parameters and motor function of stroke patients with hemiplegia, and achieve satisfactory rehabilitation effect, which is worthy of clinical promotion.

Key words Lower Limb Rehabilitation Robot; Pelvic Belt; Stroke; Hemiplegia; Walking Ability; Activities of Daily Living

脑卒中是临床上较为常见的病症，通常发生在脑血管阻塞或破裂后，导致大脑部分区域的血液供应中断，进而引发脑组织的损伤和功能障碍^[1-2]。大脑控制着人体的运动和感觉功能，脑卒中发生后，患者往往会表现出一侧身体的无力或瘫痪，这种现象被称为偏瘫^[3-4]。偏瘫不仅影响患者的日常生活，还会带来诸多并发症，如肌肉萎缩、关节僵硬、平衡能力下降等，严重时甚至会导致患者长期卧床不起，生活质量大幅下降^[5-6]。因此，脑卒中偏瘫的预防、治疗和康复显得尤为重要，需要通过及时的医疗干预和科学的康复训练尽可能地恢复患者的运动功能，提高其生活质量^[7-8]。骨盆带控制是一种常见的康复手段，通过固定骨盆带，可以改善患者的站立和行走稳定性，从而促进康复进程^[9-10]，但是单独应用的效果有限。下肢康复机器人作为一种新兴的康复设备，能够提供精确、重复的运动训练，在脑卒中偏瘫患者的康复治疗中显示出潜在的优势^[11-12]。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2023 年 1 月—2024 年 6 月江苏钟山老年康复医院收治的 60 例脑卒中偏瘫患者作为研究对象，采用随机数字表法将其分为观察组与对照组，各 30 例。本研究经江苏省人民医院伦理委员会批准编号：2024-SR-967。纳入标准：①确诊符合脑卒中相关标准^[13]；②存在一侧肢体偏瘫，Holden 步行能力 ≥ 1 级；③意识状态清醒，生命体征稳定，简易精神状态量表（Mini-mental State Examination, MMSE）评分 >21 分；④患者及家属签署知情同意书。排除标准：①合并严重心肺功能

障碍；②存在严重骨质疏松或下肢深静脉血栓者；③存在其他神经系统疾病史；④存在骨盆或下肢手术史。观察组与对照组一般资料比较，差异无统计学意义（ $P>0.05$ ），具有可比性（见表 1）。

1.2 研究方法

1.2.1 常规康复干预 两组患者均予以电刺激、肢体被动活动及牵伸、主动活动刺激诱发、下肢负重训练、平衡训练等。

1.2.2 对照组 在常规康复干预基础上予以骨盆带控制康复干预。①使用医用骨盆固定带，调整至适合患者体型的松紧度，以增强骨盆的稳定性；②训练初期（1~2 周）：在专业康复治疗师的指导下，进行仰卧、坐位及站立姿势下的骨盆前后左右倾斜、运动控制训练和行走训练等，增强骨盆的控制能力，每次 40 min，1 次/天；③训练中期（3~4 周）：在保持骨盆带固定的同时，增加提举、下蹲、侧移等抗阻训练和站立平衡、行走训练的难度，如在不平坦的地面或使用平衡垫进行训练，每次训练时间延长至 50 min，1 次/天；④训练后期（5~6 周）：增加上下楼梯、蹲起、跨越障碍物等日常生活活动相关模拟训练，每次 60 min，1 次/天。

1.2.3 观察组 患者在常规康复干预基础上，予以下肢康复机器人联合骨盆带控制康复干预。①使用 BEAR-H1 下肢外骨骼康复训练机器人进行精确的运动训练，结合骨盆带控制，以增强下肢的运动功能和稳定性；②训练初期（1~2 周）：在专业康复治疗师的指导下，先进行 20 min 骨盆带控制康复干预，训练方法与对照组同时段保持一致，随后将

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		年龄（岁）	病程（d）	卒中类型		偏瘫侧	
	男	女			缺血性	出血性	左侧	右侧
观察组（ $n=30$ ）	17（56.67）	13（43.33）	65.87 $\pm$ 4.18	32.78 $\pm$ 9.06	23（76.67）	7（23.33）	18（60.00）	12（40.00）
对照组（ $n=30$ ）	16（53.33）	14（46.67）	65.36 $\pm$ 4.42	31.85 $\pm$ 9.23	24（80.00）	6（20.00）	19（63.33）	11（36.67）
χ^2/t 值	0.067		0.459	0.394	0.098		0.071	
P 值	0.795		0.648	0.695	0.754		0.794	

BEAR-H1 下肢外骨骼康复训练机器人训练系统调整至患者适宜状态,进行模拟行走训练,髋关节和膝关节活动阈值、行走速度分别设置为 30°、45° 及 0.3 km/h,每次训练的总时长为 40 min,1 次/天;③训练中期(3~4 周):在采用对照组同时段方法进行 20 min 骨盆带控制康复干预后,逐渐增加 BEAR-H1 下肢外骨骼康复训练机器人训练系统的活动阈值和行走速度,例如将髋关节和膝关节活动阈值分别调整至 40° 和 55°,行走速度提升至 0.4 km/h,同时结合抗阻训练和平衡训练,每次训练的总时长增加至 50 min,1 次/天;④训练后期(5~6 周):在采用对照组同时段方法进行 20 min 骨盆带控制康复干预后,进一步提升训练难度,例如将活动阈值调整至 45° 和 60°,行走速度提升至 0.5 km/h,增加日常生活活动相关模拟训练,如模拟上下楼梯、蹲起、跨越障碍物等,每次训练的总时长为 60 min,1 次/天(如图 1)。

1.2.4 康复干预时间 两组患者的康复干预时间均为 6 周。

1.3 评价指标 比较两组患者康复干预前后的步行能力、步态参数、临床痉挛指数、运动功能、日常生活活动能力、平衡能力以及康复干预满意度之间的差异。

1.3.1 步行能力 采用“起立-行走”测试(The Timed Up and Go Test, TUG)、功能性步行分类(Functional Ambulation Categories, FAC)、6 min

步行测试(6-minute Walking Test, 6 MWT)对患者的行走能力进行评估。TUG 测试主要评估患者从坐位起立、行走 10 米、转身并返回坐位所需的时间;FAC 则根据患者在不同环境下的步行能力从完全依赖到完全独立分为 6 个等级,依次赋分 0~5 分,分值越高意味着步行能力越好;6 MWT 则评估患者在 6 分钟内能够行走的最大距离。

1.3.2 步态参数 采用 Gait Trainer-2 步态分析系统进行步态参数的评估,包括步长、步速、步频、步宽、对称性(健侧与患侧的摆动比、支撑比)等指标。

1.3.3 临床痉挛指数与运动功能 采用临床痉挛指数(Clinic Spasticity Index, CSI)、Fugl-Meyer 下肢评价量表(Fugl-Meyer assessment of Lower Extremity, FMA-LE)进行评估。CSI 量表主要通过测量肌肉的僵硬程度和反射活动来评估患者的痉挛程度,总分为 30 分,分数越高表明痉挛程度越严重;FMA-LE 量表则用于评估下肢的运动功能,包括反射活动、运动协调性和关节活动范围等,总分为 34 分,分数越高表示下肢运动功能越好。

1.3.4 日常生活活动与平衡能力 采用改良巴氏指数(Modified Barthel Index, MBI)、Berg 平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)评估患者的日常生活活动能力和平衡能力。MBI 量表包括进食、洗澡等 10 个项目,总分为 100 分,分数越高表示患者日常生活活动能力越好;BBS 包括坐位、伸手取物等 14 项平衡功能测试,总分为 56 分,分数越高表示患者的平衡能力越好。

1.3.5 康复干预满意度 通过问卷调查的方式,让患者匿名对康复干预进行满意度评价,包括非常满意、满意、不满意 3 个类别,计算并比较总满意度。

1.4 统计学方法 所有数据采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析,计数资料表示为百分数(%),行 χ^2 检验;计量资料均呈正态分布,表示为均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$),行 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

干预前步行能力相关指标比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。观察组患者干预 6 周后的 TUG、FAC 评分、6MWT 指标均优于对照组($P < 0.05$),见表 2。干预前的步态参数相关指标比较,差异无

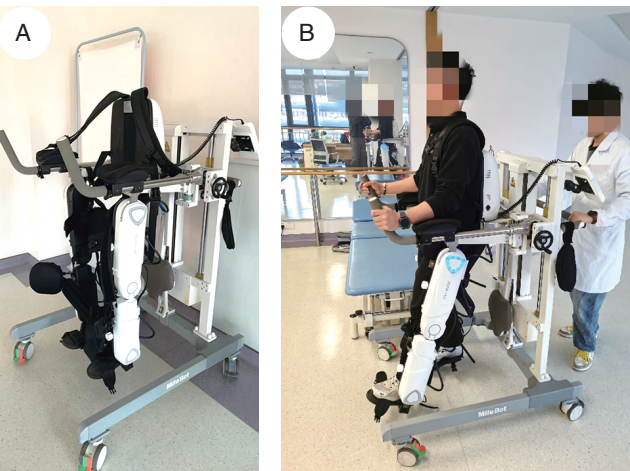


图 1 BEAR-H1 下肢外骨骼机器人及康复训练现场
Figure 1 BEAR-H1 lower limb exoskeleton robot and rehabilitation training site
注: A. BEAR-H1 下肢外骨骼机器人; B. 机器人康复训练现场

统计学意义 ($P>0.05$)。观察组患者干预 6 周后的步长、步速、步频、步宽、健侧与患侧的摆动比、支撑比等步态参数均优于对照组 ($P<0.05$)，见表 3。干预前的 CSI、FMA-LE、MBI、BBS 评分比较，差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两组患者干预 6 周后的 CSI、MBI、BBS 评分比较，差异无统计学意义 ($P>0.05$)。观察组患者干预 6 周后的 FMA-LE 评分高于对照组 ($P<0.05$)，差异有统计学意义 (见表 4)。康复干预满意度比较，观察组患者康复干预满意度高于对照组 (96.67% Vs 80.00%)，差异有统计学意义 ($P<0.05$)，见表 5。

3 讨论

偏瘫是由脑卒中导致的一侧身体部分或全部失去正常功能的状态，这种状况在脑卒中患者中较为非常普遍^[14-15]。脑卒中偏瘫不仅对患者的日常生活造成了极大的困扰，还会严重限制其运动能力，常

常会面临行动不便、肌肉无力、协调性差等问题，极大地影响患者生活质量^[16-17]。为了改善脑卒中偏瘫患者的运动能力和生活质量，康复训练成为重要的治疗手段，不仅能够帮助患者恢复肢体功能，还能提高他们的生活自理能力，减少对家庭和社会的依赖^[18-20]。

本研究中两组患者的性别、年龄等一般资料及干预前的步行能力、步态参数等相关指标相比，差异无统计学意义 ($P>0.05$)，说明受试者接受治疗前的基础情况基本一致，没有其他的相关因素影响其步行和日常生活活动能力，主要功能指标上具有可比性，可以基本排除研究的偏倚。

同时，观察组干预 6 周后的 TUG、FAC 评分、6MWT 指标及步态参数均优于对照组 ($P<0.05$)。笔者认为，脑卒中一旦发生，患者由于神经功能受损常常会出现一侧肢体无力或瘫痪，导致身体重心偏移，进而影响整体的运动协调性和平衡能力^[21-22]。

表 2 两组患者步行能力比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of walking ability between the two groups of patients ($\bar{x} \pm s$)

组别	TUG (s)		FAC (分)		6MWT (m)	
	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周
观察组 (n=30)	35.94 ± 4.81	22.89 ± 3.57	1.72 ± 0.68	3.18 ± 0.94	112.54 ± 26.58	196.57 ± 36.38
对照组 (n=30)	35.27 ± 4.36	25.13 ± 4.06	1.75 ± 0.66	2.34 ± 0.85	114.38 ± 27.79	164.46 ± 32.51
t 值	0.565	2.269	0.173	3.630	0.262	3.605
P 值	0.574	0.027	0.863	0.001	0.794	0.001

表 3 两组患者步态参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Comparison of gait parameters between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	步长 (cm)		步速 (cm/s)		步频 (步/分)	
	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周
观察组 (n=30)	36.76 ± 5.58	49.23 ± 6.37	42.15 ± 6.16	59.45 ± 7.67	37.56 ± 5.49	49.25 ± 6.71
对照组 (n=30)	37.18 ± 5.72	44.54 ± 6.08	42.65 ± 6.78	52.38 ± 7.38	38.07 ± 5.68	45.82 ± 6.42
t 值	0.288	2.917	0.299	3.638	0.354	2.023
P 值	0.774	0.005	0.766	0.001	0.725	0.048

组别	步宽 (cm)		摆动比		支撑比	
	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周
观察组 (n=30)	15.61 ± 4.32	9.65 ± 2.46	1.38 ± 0.24	1.09 ± 0.06	1.21 ± 0.08	1.05 ± 0.03
对照组 (n=30)	14.92 ± 4.14	11.23 ± 3.10	1.41 ± 0.25	1.17 ± 0.09	1.22 ± 0.10	1.10 ± 0.04
t 值	0.632	2.187	0.474	4.051	0.428	5.477
P 值	0.530	0.033	0.637	<0.001	0.670	<0.001

表 4 两组患者临床痉挛指数、运动功能、日常生活活动与平衡能力比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

Table 4 Comparison of CSI, FMA-LE, ADLs and balance ability between the two groups of patients (score, $\bar{x} \pm s$)

组别	CSI		FMA-LE		MBI		BBS	
	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周	干预前	干预 6 周
观察组 (<i>n</i> =30)	3.62 ± 0.82	3.41 ± 0.97	12.37 ± 4.15	21.47 ± 5.36	31.84 ± 3.52	77.46 ± 6.32	17.75 ± 4.16	38.46 ± 5.21
对照组 (<i>n</i> =30)	3.58 ± 0.79	3.32 ± 0.94	12.75 ± 4.28	18.68 ± 4.91	31.08 ± 3.63	73.36 ± 5.82	18.35 ± 4.38	35.23 ± 5.49
<i>t</i> 值	0.192	0.365	0.349	2.102	0.823	1.976	0.544	1.759
<i>P</i> 值	0.848	0.716	0.728	0.040	0.414	0.053	0.589	0.084

表 5 两组患者康复干预满意度比较 [*n* (%)]

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

组别	非常满意	满意	不满意	总体满意度
观察组 (<i>n</i> =30)	17 (56.67)	12 (40.00)	1 (3.33)	29 (96.67)
对照组 (<i>n</i> =30)	9 (30.00)	15 (50.00)	6 (20.00)	24 (80.00)
<i>t</i> 值	—	—	—	4.043
<i>P</i> 值	—	—	—	0.044

骨盆带作为人体核心肌群的重要组成部分,对于维持身体平衡和稳定起着至关重要的作用。通过骨盆带控制训练,可以帮助脑卒中偏瘫患者重新建立正确的运动模式,增强核心肌群的力量和稳定性,不仅有利于改善患者的站立和行走能力,还能有效预防因偏瘫引起的肌肉萎缩、关节僵硬和骨质疏松等并发症^[23-24]。下肢康复机器人是近年来康复领域的一项重要技术突破,能够根据患者的具体情况量身定制个性化的康复训练方案,并通过精确控制运动轨迹和力量输出帮助患者进行有针对性的康复训练,从而显著提高训练的准确性和效率,促进神经功能的恢复和肌肉力量的增强^[25-28]。因此,下肢康复机器人联合骨盆带控制在脑卒中偏瘫患者康复中的应用可以更大程度地改善患者的 TUG、FAC 评分、6MWT 指标及步态参数。

另外,两组患者干预 6 周后的 CSI、MBI、BBS 评分比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$);观察组患者干预 6 周后的 FMA-LE 评分高于对照组 ($P<0.05$)。CSI 评分主要反映患者的痉挛程度,MBI 评分主要评估患者的日常生活自理能力,包括进食、穿衣、洗澡等日常活动,而 BBS 评分则更侧重于评估患者的平衡能力^[29-30]。这几种评分工具虽然都与患者的康复情况密切相关,但可能受到多种

因素的影响,如患者的年龄、病程、并发症等^[31-32]。在本研究中,虽然两组患者在 CSI、MBI 和 BBS 评分上未表现出显著差异,但这并不意味着康复干预对这几个方面没有积极影响。可能的原因是,康复干预的时间相对较短(仅 6 周),尚未能充分体现其对患者日常生活自理能力和平衡能力上的显著改善。而 FMA-LE 评分则是专门针对下肢运动功能的评估,其评分的提高直接反映了下肢功能的改善。观察组患者在 FMA-LE 评分上的显著提高,表明下肢康复机器人联合骨盆带控制的干预方式在改善下肢运动功能方面具有明显优势。这可能是因为该干预方式能够更精确地针对下肢运动功能进行训练,从而有效地促进下肢肌肉力量的恢复和协调性的提高。

此外,本研究结果还显示,观察组患者康复干预满意度高于对照组(96.67% Vs 80.00%)。下肢康复机器人联合骨盆带控制的康复干预不仅在客观指标上取得了显著效果,而且在患者主观满意度方面也得到了高度认可。康复干预满意度的提高,不仅反映了患者对治疗效果的满意,还可能与患者在康复过程中的心理感受和治疗体验有关。康复治疗不仅仅是对身体功能的恢复,还包括对患者心理状态的积极影响,从而提高患者的整体生活质量。

然而,本研究样本量相对较小,观察周期较短,未来研究可进一步扩大样本量,并延长观察周期,以更全面地评估下肢康复机器人联合骨盆带控制在脑卒中偏瘫患者康复中的长期效果。

综上所述,下肢康复机器人联合骨盆带控制能够显著改善脑卒中偏瘫患者的步行能力、步态参数,具有更好的康复效果,且有助于提高患者满意度,值得推广应用。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 葛盼丽、王雪、郭慧慧、许海峰、沈子杰、张文、胡瑞均参与撰写文章;葛盼丽负责研究设计和数据分析;王志祥负责指导撰写文章;葛盼丽、王志祥负责校对所有草稿;王志祥负责对论文进行指导和客观审校。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Grosmaire A G, Pila O, Breuckmann P, et al. Robot-assisted therapy for upper limb paresis after stroke: Use of robotic algorithms in advanced practice. [J]. *NeuroRehabilitation*, 2022, 51 (4): 577-593.
- [3] Mamipour H, Hoseini S A, Negahban H, et al. The effect of using the hip exoskeleton assistive (HEXA) robot compared to conventional physiotherapy on clinical functional outcomes in stroke patients with hemiplegia: a pilot randomized controlled trial [J]. *BMC Biomed Eng*, 2024, 6 (1): 7.
- [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] Ha Y, Park M. Effects of Stroke Rehabilitation Using Gait Robot-Assisted Training and Person-Centered Goal Setting: A Single Blinded Pilot Study [J]. *Healthcare*, 2023, 11 (4): 588.
- [6] Takahashi Y, Okada K, Noda T, et al. Robotized knee-ankle-foot orthosis-assisted gait training on genu recurvatum during gait in patients with chronic stroke: a feasibility study and case report [J]. *J Clin Med*, 2023, 12 (2): 415.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Hishikawa N, Sawada K, Maeda H, et al. One-leg robotic-assisted gait training efficiently improves gait independence for acute stroke hemiplegic patients: a prospective pilot study[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2024, 103(5): 444-447.
- [10] Lora-Millan J S, Sanchez-Cuesta F J, Romero J P, et al. Robotic exoskeleton embodiment in post-stroke hemiparetic patients: an experimental study about the integration of the assistance provided by the REFLEX knee exoskeleton [J]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1): 22908.
- [11] 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.
- [12] Li T, Hirano S, Imoto D, et al. Effect of gait training using Welwalk on gait pattern in individuals with hemiparetic stroke: a cross-sectional study. [J]. *Front Neurorobot*, 2023. DOI: 10.3389/fnbot.2023.1151623.
- [13] 中国医师协会神经外科学分会神经重症专家委员会,上海卒中学会,重庆市卒中学会.脑卒中病情监测中国多学科专家共识[J].中华医学杂志,2021,101(5):317-326.
- [14] Ueda K, Umamoto Y, Kamijo Y I, et al. Effects of combination of functional electric stimulation and robotic leg movement using dynamic tilt table on walking characteristics in post-stroke patients with spastic hemiplegia: a randomized crossover-controlled trial [J]. *J Clin Med*, 2022, 11 (23): 6911.
- [15] 杨玲玲,刘津,蔡华安.下肢康复机器人在脑卒中步态康复中的应用进展[J].实用医院临床杂志,2022,19(2):221-224.
- [16] 易江,李文茂,关宁,等.不同平衡训练策略对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响[J].机器人外科学杂志(中英文),2023,4(6):517-524.
- [17] Ohtsuka K, Mukaino M, Yamada J, et al. Effects of ankle-foot orthosis on gait pattern and spatiotemporal indices during treadmill walking in hemiparetic stroke [J]. *Int J Rehabil Res*, 2023, 46 (4): 316-324.
- [18] 纪亮,朱湘君,徐景,等.下肢康复机器人辅助步态训练对亚急性期缺血性脑卒中偏瘫并卒中后神经源性膀胱患者的影响研究[J].实用心脑血管病杂志,2020,28(6):74-79.
- [19] Nojiri E, Wada Y, Mochizuki M, et al. Immediate effect of different ankle-foot orthosis functions with the same dorsiflexed setting of initial ankle joint angle on walking ability in individuals with chronic stroke: a randomized crossover trial [J]. *J Phys Ther Sci*, 2022, 34 (7): 485-491.
- [20] 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患者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.
- [21] Hirano S, Saitoh E, Imoto D, et al. Effects of robot-assisted gait training using the Welwalk on gait independence for individuals with hemiparetic stroke: an assessor-blinded, multicenter randomized controlled trial [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2024, 21 (1): 76.
- [22] Mat Nawi N F, Simok A A, Hanafi M H, et al. Improvements of mid-thigh circumferences following robotic rehabilitation in hemiparetic stroke patients[J].*Physiother Res Int*, 2024, 29 (2): e2091.
- [23] 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.
- [24] Son C, Lee A, Lee J, et al. The effect of pelvic movements of a gait training system for stroke patients: a single blind, randomized, parallel study [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2021, 18 (1): 185.
- [25] Makino M, Takami A, Yamada F, et al. Effects of different baggage carrying methods on walking while wearing an arm sling in simulated hemiplegic stroke patients. [J]. *J Phys Ther Sci*, 2021, 33 (10): 707-710.
- [26] 解二康,李策,陆蓉蓉,等.骨盆减重康复机器人训练对脑卒中后偏瘫患者下肢功能的影响[J].中国康复,2020,35(8):404-408.
- [27] Kuo H C, Zewdie E, Giuffre A, et al. Robotic mapping of motor cortex in children with perinatal stroke and hemiparesis. [J]. *Hum Brain Mapp*, 2022, 43 (12): 3745-3758.
- [28] Shamsi F, Nami M, Aligholi H, et al. The effects of action observation training as an add-on rehabilitation strategy on the walking ability of patients with chronic stroke [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2022. DOI: 10.1016/j.jbmt.2021.09.029.
- [29] 施爱梅,郑琦,柏和风,等.骨盆辅助式康复机器人联合重复经颅磁刺激对脑卒中后偏瘫患者下肢功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2021,43(8):712-716.
- [30] 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.
- [31] Pak N W, Lee J H. Effects of visual feedback training and visual targets on muscle activation, balancing, and walking ability in adults after hemiplegic stroke: a preliminary, randomized, controlled study. [J].*Int J Rehabil Res*, 2020, 43 (1): 76-81.
- [32] Fujii R, Tamari M, Nonaka Y, et al. Influence of gait exercise using a walking-assist robot for swing-leg motion in hemiplegic stroke patients: a preliminary study focusing on the immediate effect [J]. *Jpn J Compr Rehabil Sci*, 2022. DOI: 10.11336/jjcrs.13.49.

收稿日期: 2024-10-31

编辑: 刘静凯