

踝关节机器人对脑卒中患者下肢运动功能的影响

张文芽

安徽省皖南康复医院/芜湖市第五人民医院

DOI:10.12238/bmtr.v7i2.13376

[摘要] 本研究旨在评估下肢外骨骼机器人辅助康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能的影响,并与传统康复训练进行比较。研究纳入56例发病10个月内的脑卒中偏瘫患者,随机分为试验组(机器人辅助训练)和对照组(常规步行训练),每组28人。两组患者均接受常规康复治疗,试验组额外接受下肢外骨骼机器人辅助步行训练。在干预前、干预3周和6周后,通过6分钟步行距离(6MWD)、10米步行速度(10MWS)、功能性步行分类(FAC)、Fugl-Meyer下肢运动评分(FMA-LE)以及步态分析系统,评估患者的行走功能、下肢运动能力及步态参数。结果显示,干预3周和6周后,两组患者的6MWD和10MWS均显著改善,且6周时两组的6MWD均较3周显著提高,试验组10MWS的提升也显著高于3周。两组患者的FAC级别和FMA-LE评分均较基线显著提升,且6周时,试验组的FMA-LE评分提升幅度显著高于3周。在步态方面,干预6周后,试验组步频较干预前和干预3周显著增加,步幅也呈现改善趋势,但未达统计学显著性。结论表明,下肢外骨骼机器人辅助康复训练能够有效提升脑卒中偏瘫患者的行走功能,并能一定程度上改善下肢运动能力和步态特征,其疗效与常规步行训练相当。在步态改善方面,机器人辅助训练可能更具优势。

[关键词] 外骨骼机器人; 康复; 脑卒中; 偏瘫; 步行; 步态

中图分类号: R730.9 **文献标识码:** A

The impact of ankle joint robots on lower limb motor function in stroke patients

Wenya Zhang

Anhui Wannan Rehabilitation Hospital/Wuhu Fifth People's Hospital, Wuhu City

[Abstract] This study aims to evaluate the effect of lower limb exoskeleton robot assisted rehabilitation training on lower limb function in stroke patients with hemiplegia, and compare it with traditional rehabilitation training. The study included 56 stroke patients with hemiplegia within 10 months of onset, who were randomly divided into an experimental group (robot assisted training) and a control group (conventional walking training), with 28 patients in each group. Both groups of patients received routine rehabilitation treatment, while the experimental group received additional lower limb exoskeleton robot assisted walking training. Before, 3 weeks, and 6 weeks of intervention, patients' walking function, lower limb movement ability, and gait parameters were evaluated using 6-minute walking distance (6MWD), 10 meter walking speed (10MWS), functional walking classification (FAC), Fugl Meyer lower limb movement score (FMA-LE), and gait analysis system. The results showed that after 3 and 6 weeks of intervention, both groups of patients showed significant improvement in 6MWD and 10MWS, and at 6 weeks, both groups showed a significant increase in 6MWD compared to 3 weeks. The improvement in 10MWS in the experimental group was also significantly higher than that at 3 weeks. The FAC level and FMA-LE score of both groups of patients significantly improved compared to baseline, and at 6 weeks, the FMA-LE score of the experimental group increased significantly more than at 3 weeks. In terms of gait, after 6 weeks of intervention, the experimental group showed a significant increase in step frequency and improvement in stride compared to before and after 3 weeks of intervention, but did not reach statistical significance. The conclusion indicates that lower limb exoskeleton robot assisted rehabilitation training can effectively improve the walking function of stroke patients with hemiplegia, and can also improve lower limb motor ability and gait characteristics to a certain extent. Its

therapeutic effect is comparable to conventional walking training. In terms of gait improvement, robot assisted training may have more advantages.

[Key words] exoskeleton robot; recovery; Stroke; Hemiplegia; walk; gait

引言

脑卒中是全球范围内导致残疾的主要原因,其引发的偏瘫严重影响患者的下肢运动功能和日常生活能力。传统的康复训练在改善患者的行走能力方面存在一定局限性,因此,探索更有效的康复手段至关重要。下肢外骨骼机器人作为一种新兴的康复技术,能够为患者提供主动或被动的运动辅助,有望促进神经功能重塑,改善下肢功能障碍。本研究旨在评估下肢外骨骼机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动能力、行走表现及步态特征的影响,并与传统康复训练进行比较,为临床康复实践提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究选取了2022年1月至2023年12月期间,在某三甲医院康复科就诊的56例脑卒中后偏瘫患者作为研究对象。纳入标准为:经CT或MRI确诊为首次脑卒中,发病时间在10个月以内,且存在明显的下肢运动功能障碍,能够独立坐立至少30分钟,且能够理解并配合康复训练。排除标准包括:严重认知障碍或失语症导致无法配合训练,合并严重心肺疾病或其他影响康复的疾病,以及下肢存在严重关节畸形或骨折等。所有患者均签署知情同意后,按照1:1的比例,采用随机数字表法分为试验组和对照组,两组患者在年龄、性别、病程、偏瘫侧别等基线资料方面无显著差异($P>0.05$)。

1.2 方法

本研究采用随机对照试验设计,旨在比较下肢外骨骼机器人辅助训练与传统康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能的影响。所有患者在入组后均接受为期6周的康复干预,每周5次,每次45分钟。两组患者均在同一康复治疗师的指导下进行康复训练,以确保干预方案的标准化。试验组和对照组均进行常规康复治疗,但试验组在常规康复训练基础上,增加下肢外骨骼机器人辅助步行训练,而对照组则采用常规步行训练替代。所有数据均由经过专业培训的康复治疗师收集,并采用SPSS26.0软件进行统计分析,显著性水平设定为 $P<0.05$ 。

1.2.1 常规康复治疗

两组患者均接受相同的常规康复治疗,主要包括:运动疗法,如关节活动度训练、肌力训练(采用5磅哑铃进行上下肢肌力强化,每组10次,共3组)、平衡训练(静态平衡训练,如单腿站立,每次30秒,重复3次,动态平衡训练,如重心转移,每次5分钟),以及Bobath技术等,以促进患者神经肌肉功能的恢复。此外,还包括日常活动能力训练,如穿脱衣物、进食等,以提高患者的生活自理能力。整个训练过程中,治疗师根据患者的具体情况,对训练方案进行个体化调整,以达到最佳的康复效果,并记录所有训练时长和参数。

1.2.2 常规步行训练

对照组患者在接受常规康复治疗的同时,进行常规步行训练,主要包括:在平行杠内进行步行训练,逐渐过渡到无辅助步行,训练强度根据患者自身情况进行调整,初始速度为0.4m/s,逐渐增加至0.8m/s,每次训练时间为20分钟,每日两次。若患者行走时出现疲劳或不适,可适当减少训练时间或休息。训练过程中,治疗师会实时监测患者的步态,并提供必要的指导和辅助,以保证训练的安全性。同时,也加入了一些步态训练,如踏步练习、跨步练习等,以改善患者的步态模式,最终目标是达到独立行走能力。

1.2.3 外骨骼机器人训练

试验组患者在接受常规康复治疗的基础上,额外进行下肢外骨骼机器人辅助步行训练。所使用的外骨骼机器人为ReWalkRobotics公司的ReWalkPersonal6.0,该设备具有可调节的步幅、步速和步行模式,能够提供主动或被动的行走辅助。训练时,患者首先适应设备,然后进行30分钟的辅助步行训练,起始步速设定为0.3m/s,逐步提升至0.6m/s,训练过程中,康复师根据患者的反馈,调整外骨骼的参数,以达到最佳的训练效果。训练初期,主要使用被动模式,随着患者能力的提升,逐渐过渡到主动辅助模式,并在训练过程中加入情景模拟训练,以增强训练效果。

1.2.4 评定指标及方法

本研究采用多项评估指标来全面评价患者的下肢功能。在干预前、干预3周后和6周后,分别对患者进行评估。步行功能采用6分钟步行距离(6MWD)测量患者在6分钟内的行走距离,采用10米步行速度(10MWS)测量患者行走10米的速度,采用功能性步行分类(FAC)评估患者的步行能力。下肢运动能力采用Fugl-Meyer下肢运动评分(FMA-LE)进行评估,量表总分为34分。步态分析采用Vicon运动捕捉系统,以每秒100帧的频率采集患者的步态数据,并分析步频、步幅等时空参数。所有评估均由经过专业培训的康复师进行,并保持盲法操作,以减少主观偏倚。

2 结果

2.1 一般资料比较

本研究为确保试验组($n=28$)和对照组($n=28$)具有可比性,详细分析了两组的基线资料。结果显示,两组在年龄(试验组: 62.3 ± 8.5 岁,对照组: 63.1 ± 7.9 岁, $P=0.675$)、性别(男性:试验组17例,对照组18例, $P=0.847$; 女性:试验组11例,对照组10例, $P=0.847$)、病程(试验组: 4.5 ± 2.1 月,对照组: 4.5 ± 2.1 月, $P=0.988$)、BMI(试验组: 24.6 ± 3.1 kg/m²,对照组: 24.9 ± 3.5 kg/m², $P=0.712$)以及FMA-LE评分(试验组: 15.2 ± 4.5 分,对照组: 14.8 ± 4.9 分, $P=0.227$)等各方面均无显著性差异。这些数据表明,两组研究对象在基线特征上具有良好的可比性,为后续研究结果的可靠性奠定了基础。

2. 2两组患者治疗前、后6MWT和10MWT比较

为评估下肢外骨骼机器人辅助训练对行走能力的改善效果,我们对比了两组患者在干预前、干预3周后和6周后的6分钟步行距离(6MWD)和10米步行速度(10MWS)。具体数据见表1。

表1 两组患者治疗前后6MWD和10MWS的比较

变量	组别	干预前	干预3周后	干预6周后	P 值
6MWD (米)	试验组	185.3±45.2	220.5±50.1	265.1±55.3	<0.001
	对照组	180.1±48.7	215.2±49.8	258.7±53.2	<0.001
10MWS (米/秒)	试验组	0.42±0.11	0.51±0.13	0.62±0.15	<0.001
	对照组	0.40±0.12	0.49±0.12	0.59±0.14	<0.001

2. 3两组患者治疗前、后FAC和FMA-LE比较

为评估下肢外骨骼机器人辅助训练对下肢运动功能和步行能力的影响,我们对比了两组患者在干预前、3周后和6周后的功能性步行分类(FAC)级别和Fugl-Meyer下肢运动评分(FMA-LE)。详细数据见表2。

表2 两组患者治疗前后FAC级别和FMA-LE评分的比较

变量	组别	干预前	干预3周后	干预6周后	P 值
FAC (级别)	试验组	2.1±0.8	3.2±1.0	4.1±0.9	<0.001
	对照组	2.0±0.7	3.0±0.9	3.9±0.8	<0.001
FMA-LE (分)	试验组	15.2±4.5	20.1±5.2	25.6±5.8	<0.001
	对照组	14.8±4.9	19.5±4.8	24.8±5.5	<0.001

2. 4两组患者治疗前、后步态时空参数比较

为了评估下肢外骨骼机器人辅助训练对步态的影响,我们使用Vicon运动捕捉系统,分析了两组患者在干预前、3周后和6周后的步频和步幅。结果显示,两组患者的步频均在干预后显著提高($P<0.001$)。试验组步频由干预前的 45.2 ± 10.3 步/分钟分别提升至3周后的 52.1 ± 11.2 步/分钟和6周后的 60.2 ± 12.5 步/分钟,对照组步频由干预前的 44.8 ± 10.5 步/分钟分别提升至3周后的 50.1 ± 10.8 步/分钟和6周后的 56.9 ± 11.8 步/分钟。然而,两组患者的步幅在干预后均未见显著性差异($P>0.05$)。试验组步幅分别为干预前的 0.52 ± 0.13 米、3周后的 0.55 ± 0.14 米和6周后的 0.58 ± 0.15 米,对照组步幅分别为干预前的 0.50 ± 0.12 米、3周后的 0.53 ± 0.13 米和6周后的 0.56 ± 0.14 米。

3 讨论

本研究旨在探讨下肢外骨骼机器人辅助训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能的影响,结果显示,经过6周的干预,试验组和对照组在行走功能、下肢运动能力方面均有显著改善。具体而言,两组患者的6分钟步行距离、10米步行速度、FAC级别和FMA-LE

评分均较基线显著提高,这表明无论是下肢外骨骼机器人辅助训练还是传统康复训练,都能有效促进脑卒中患者的康复。特别值得注意的是,试验组在干预6周后,10米步行速度和FMA-LE评分的提升幅度显著高于3周时,这可能得益于外骨骼机器人提供的精确和重复性的运动模式,能够更好地促进神经肌肉的重塑,从而进一步改善下肢运动功能。这些结果与既往研究一致,表明康复训练对脑卒中患者的运动功能恢复具有重要作用,同时也提示外骨骼机器人辅助训练在精细运动方面具有一定的潜在优势。此外,在步态参数方面,虽然两组患者的步幅提升无显著差异,但试验组在步频方面表现出更明显的改善,这可能与外骨骼机器人能够更有效地优化步行模式有关。

与既往研究相比,本研究的创新之处在于,我们不仅关注了传统的步行功能指标,如6分钟步行距离和10米步行速度,还深入探究了外骨骼机器人辅助训练对步态时空参数的影响。尽管研究结果显示两组在6分钟步行距离方面无显著差异,但试验组在步频和10米步行速度的提升幅度上,均呈现出一定的优势,这提示外骨骼机器人辅助训练可能在改善步态模式和行走效率方面更有效。此外,我们采用较为严格的随机对照试验设计,并对两组患者的基线资料进行了详细的统计分析,确保了结果的可靠性。

研究表明,下肢外骨骼机器人辅助训练能够有效改善脑卒中偏瘫患者的行走能力,并能优化步态特征,其疗效与传统步行训练相当,但可能在步频和精细运动方面具有一定优势。这为临床康复实践提供了一种新的选择,尤其对于那些需要进一步改善运动功能的患者,下肢外骨骼机器人辅助训练可以作为一种有益的补充手段。此外,外骨骼机器人的使用可以减轻康复治疗师的劳动强度,提高康复效率,同时也可能增加患者参与康复训练的积极性。

[参考文献]

[1]李泳俊,皮燕,白定群.近红外脑功能成像技术在脑卒中患者下肢外骨骼康复机器人辅助步态训练中的应用进展[J].临床医学研究与实践,2024,9(35):178-181+198.

[2]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(07):92-98.

[3]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(04):243-247.

作者简介:

张文芽(1977--),女,汉族,安徽人,硕士,副主任医师,从事的研究方向:擅长运动创伤、关节损伤、脊髓损伤、颈椎病、腰椎间盘突出、颅脑损伤等疾病的康复治疗。