

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*

包 译¹ 朵 强¹ 张源芮¹ 陈 石¹ 杨颜安¹ 尹 勇^{1,2}

摘要

目的:通过评估研究对象的步态改善情况,观察下肢康复机器人辅助下步行训练对缺血性脑卒中恢复期偏瘫患者步行功能的影响。

方法:收集发病3—6个月的缺血性脑卒中偏瘫患者60例,随机分为治疗组和对照组(每组30例),治疗组给予常规康复治疗结合下肢康复机器人辅助步行训练,对照组给予减重支持训练结合常规康复治疗,两组患者分别于治疗第1天,治疗4周后采用定时步行试验(timed walking test)、功能性步行能力量表(functional ambulation category scale, FAC)和Borg自觉疲劳评分(Borg rating of perceived exertion, RPE)对患者步行功能进行评估,比较两组患者步行功能的变化情况。

结果:①治疗前功能性步行能力量表、定时步行试验、定时步行试验耗时、Borg评分,治疗组和对照组两组比较无显著性差异($P>0.05$)。②治疗组治疗4周后,功能性步行能力量表、定时步行试验评分均较治疗前提高,定时步行试验耗时、Borg评分均较治疗前降低,差异有显著性意义($P<0.05$)。③治疗组治疗4周后,定时步行试验评分提高与对照组评分提高比较,定时步行试验耗时、Borg评分降低与对照组定时步行试验耗时、Borg评分降低比较,有显著性差异,治疗效果优于对照组($P<0.05$)。

结论:①下肢康复机器人辅助步行训练和减重支持训练系统分别配合常规康复治疗均可促进缺血性脑卒中恢复期偏瘫患者步行功能的恢复。②下肢康复机器人辅助步行训练结合常规康复治疗比减重支持训练系统结合常规康复治疗能更有效地改善缺血性脑卒中恢复期偏瘫患者步行稳定性、步行速度及步行耐力。

关键词 脑卒中;偏瘫;下肢康复机器人;步行功能;辅助步行训练

中图分类号:R743,R493 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2022)-08-1079-05

脑血管疾病已成为威胁人类健康的第二大杀手^[1]。运动功能障碍尤其下肢运动障碍是脑卒中患者常见的功能障碍,严重影响了患者的生活质量和身心健康^[2]。国内外诸多研究已经证实,下肢康复机器人可改善缺血性脑卒中偏瘫患者下肢功能及平衡功能^[3]。下肢康复机器人核心治疗理念是可选择性的对运动功能低下的肌群进行针对性训练,对相关肌群进行周期性的运动训练,增强其力量、耐力及肌群间的协调性,从而实现高水平的功能训练^[4]。国内有学者^[5]使用功能性步行能力量表(functional ambulation category scale, FAC)及10m步行时间进行评定发现下肢康复机器人可以提高脑卒中患者步行功能;Kim HY等^[6]也通过随机单盲试验观察FAC以及10m步行测试(timed 10-meter walk test, 10MWT)等指标的改变发现下肢机器人对脑卒中患者下肢运动功能有改善。但其对缺血性脑卒中患者联合使用步行速度、步行耐力以及步行稳定性3项功能性指标来反映患者

步行功能改善情况国内尚未见报道,本研究探讨下肢康复机器人对缺血性脑卒中恢复期偏瘫患者步行功能恢复的影响,以为缺血性脑卒中患者步行功能恢复治疗提供参考依据,同时为临床脑卒中偏瘫下肢运动功能障碍的康复提供一种科学合理的治疗方案,为临床治疗方案的选择及优化提供一定的理论基础。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集2018年5月至2019年1月云南省第二人民医院康复医学科住院部收住及门诊部收治的缺血性脑卒中发病3—6个月内肢体偏瘫的患者共62例作为研究对象。

1.1.1 纳入标准:①年龄18岁—75岁者;②符合第四届全国脑血管疾病会议制定的脑卒中诊断标准,经头颅CT或头颅MRI有明确病灶证实,且均为首次发病者;③临床查体及影

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.08.012

*基金项目:云南省康复医学中心建设项目(ZX2019-04-02)

1 云南大学附属医院康复医学科(云南省第二人民医院康复医学科),云南省昆明市,650021; 2 通讯作者

第一作者简介:包译,男,硕士,主管技师;收稿日期:2021-04-28

像学、超声检查结果明确诊断为腔隙性脑梗死、脑血栓形成及脑梗死患者;④一侧肢体瘫痪,无严重心脏病史且无其他神经系统疾病者;⑤病程为发病后3—6个月之间的患者;⑥生命体征平稳,意识清楚者;⑦身高在160—190cm的患者;⑧无骨质疏松者;⑨无严重认知功能障碍,简易智力状况检查法(mini-mental state examination, MMSE)得分高于21分,能配合完成相应治疗的患者;⑩患者及家属在充分了解试验目的、方法的基础上自愿参与本研究并签署知情同意书者;⑪能独立完成定时步行试验的患者,但10m步行试验时间异常。

1.1.2 排除标准:①明确诊断为短暂性脑缺血(transient ischemic attack, TIA)发作的患者;②病灶位于小脑或存在双侧病灶者;四肢瘫痪者;③有明显视觉障碍者;④病情不稳定患者;⑤出现心、肝、肾功能不全及严重感染、下肢血栓等限制活动的并发症患者;⑥患者或家属不愿意参与者;⑦近段时间使用过影响肌张力药物的患者;⑧患者或家属在试验过程中自动要求退出者。

1.1.3 诊断标准:参照中华神经科学会1995年全国第四届脑血管病学术会议制定的《各类脑血管疾病诊断要点》作为诊断标准^[7]。本研究已获得云南第二人民医院伦理委员会批准(批号:YL2018021002)。

1.2 方法

收集62例研究对象的个人基本信息和临床资料信息(表1)。对患者进行初步体格检查,完成影像学资料头颅MRI或CT,明确患者的脑卒中性质、影像学病灶与肢体功能障碍相符,确定研究对象为单纯缺血性脑卒中,以保证参与试验的安全性。将62例患者使用随机数字表法随机分为治疗组和对照组,治疗组给予常规康复治疗结合下肢康复机器人辅助步行训练,对照组给予减重支持训练结合常规康复治疗。治疗组和对照组每组各31例,其中治疗组有1例患者因自行要求出院而撤出研究,对照组有1例患者因医保原因提前出院,最终治疗组30例和对照组30例完成试验。

1.3 康复评定

由康复评定组的3名治疗师分别于入院时及治疗4周后对两组患者进行统一盲评。测试内容包括FAC和定时步行试验,即“起立-行走”计时测试(timed up & go, TUG)和10MWT。

1.4 治疗方法

本研究将收集的60例患者通过利用SPSS 22.0随机分为对照组和治疗组,其中对照组采用减重支持训练结合常规康复训练,而治疗组采用Lokomat机器人进行辅助步行康复训练结合常规康复训练。

1.4.1 治疗组治疗方法:治疗组患者给予下肢康复机器人治疗,主要使用Lokomat辅助步行训练,并配合进行与对照组相同的常规康复治疗。治疗组患者每天接受的干预包括:下

肢康复机器人辅助步行训练30min/次,常规运动疗法治疗30min/次,针灸治疗20min/次,神经肌肉电刺激20min/次,治疗频率为:1次/天,5次/周;治疗4周。下肢机器人步行训练方法:①询问患者基本个人信息及疾病信息,确定患者身高,并为患者在下肢机器人中建立数据库;②患者坐于椅子或者轮椅上,治疗师对其进行双侧大腿长、小腿长及下肢长度,以及小腿围度和大腿围度测量,并记录在机器人数据库中;③为患者穿戴好减重支持背心及连接带,仔细调节好每个连接带的位置,必要时使用软胶垫垫于支持带与患者皮肤之间,调节好所有连接带及背心的松紧;④让患者转移到运动平板上,使用轮椅的患者可直接将轮椅推至运动平板上;⑤将患者所穿戴的减重背心上的连接扣与减重支持系统的减重绳相连接并确定扣好;⑥启动减重支持系统,将患者进行完全减重并悬吊于空中,此时嘱患者双手扶住运动平板上的扶手。治疗师将患者悬着的双侧下肢根据之前测量的围度选用适合其围度的连接扣(cuff),并根据测量的下肢长、大腿长及小腿长调节好机械腿对应部位的长度,并将患者下肢固定在机械腿上。如患者存在足下垂情况,使用机器人配备的足下垂纠正弹力带进行足部姿态调整;⑦开启机械腿,让患者在减重状态进行1—2min的步行练习,此时治疗师对所有穿戴设备及绑定设备进行检查,确保每个装置都处于安全状态;⑧调整减重系统减重重量,将患者缓缓放下,使其足部能和平板接触,足下垂患者此时需再次调整弹力带长度,直到可以顺利完成足部廓清为止。让患者在无治疗任务状态下适应2min左右;⑨开启训练任务,并设定治疗时间为30min,因仪器的安装、调整、拆卸等需要20min,故患者一般每次操作50min,本次试验使用的训练任务都为Lokomat自带的“火星探测”模块。具体训练方式为:首先使用悬吊减重系统对患者进行悬吊处理,并在悬吊状态下将患者下肢固定在器械腿上;随后根据患者的病情进行悬重的调整,步速控制为1.2—1.4kg/h,每次持续训练30min,一天训练一次。训练过程中,对患者进行生命体征监测,如果在训练过程患者出现心慌、血液波动或头晕等异常时,及时停止训练并给予对应处理;⑩治疗结束后,再次进入完全去重力状态,将患者悬吊起来,然后把机械腿与患者下肢分离,缓缓将患者放下,去除患者与减重系统的连接,辅助患者从运动平板回到地面并坐在椅子上或直接使用轮椅将患者从运动平板上转移到地面,最后将所有穿戴设备从患者身上去除。

如果患者训练过程中出现任何不适感,需及时停止训练。常规康复治疗包括脑卒中健康宣教,康复护理指导;针对患者功能障碍进行的运动再学习疗法、神经促通技术的综合运用(Bobath技术、PNF技术、Rood技术、Brunnstrom技术)、平衡功能训练、步行功能训练、物理因子治疗及传统康复治疗技术的运用。患者按病因给予规范脑血管病二级预

防治疗,根据病情给予相应药物治疗。脑卒中健康宣教入院时由同一组护理人员对治疗组和对照组患者进行健康教育。

1.4.2 对照组治疗方法:对照组使用减重支持训练进行辅助步行训练,30min/次,1次/天,5次/周,治疗4周。刚开始进行部分减重支持步态训练时,由两个治疗师纠正异常步态。一个治疗师在患侧帮助促进患侧下肢摆动,确定其足跟先着地,防止膝过伸,保证双下肢支撑相及步长对称,另一个治疗师站立于患者身后,两脚放在活动平板边缘,促进重心转移至负重腿上,保证患者完成伸髋、骨盆旋转的动作并确保躯干处于直立位。随着患者步态改善,逐渐过渡到一位治疗师站在患者身后或是活动平板旁边予以指导。对照组常规康复治疗项目在时间计划、治疗强度和治疗形式与治疗组的训练相同。

1.5 统计学分析

所得试验数据采用SPSS 22.0进行统计分析,符合正态性分布的计量资料采用均数±标准差表示,否则以中位数(四分位间距)表示;满足方差齐性的计量资料,两组间比较采用独立样本 t 检验,否则采用Mann-Whitney U 秩和检验;组内前后比较采用配对样本 t 检验;无序计数资料的比较采用 χ^2 检验,两组等级资料的比较采用Mann-Whitney U 检验,组内前后比较采用Wilcoxon检验。以 $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 研究对象一般资料比较

纳入的60例研究对象中,治疗组30例,其中男性12例、女性18例,年龄为(64.76±6.42)岁;对照组30例,其中14例男性,16例女性,平均年龄为(62.34±5.79)岁。两组患者性别、年龄、病程、格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)、Berg平衡评分(Berg balance scale, BBS)、美国国立卫生研究院卒中量表评分(National Institute of Health stroke scale, NIHSS)、文化程度、病灶部位、肌力、足下垂情况以及矫正支具佩戴情况等经统计学检验,无显著性差异(表1),且均未使用影响肌张力的药物,说明两组患者基线可比较。

2.2 治疗组和对照组FAC评分数据比较

两组患者入院时FAC评分基本一致,无显著性差异($P>0.05$),治疗4周后,两组FAC评分均较治疗前有明显改善,差异有显著性意义($P<0.05$),但是治疗组与对照组相比FAC评分无显著性差异($P>0.05$)。见表2。

2.3 治疗组和对照组TUG试验计时比较

治疗前两组患者入院时TUG试验计时时无显著性差异($P>0.05$),治疗4周后治疗组和对照组TUG试验计时改变均有显著性差异($P<0.05$),治疗组与对照组相比TUG试验计时有显著性差异($P<0.05$)(表3)。

2.4 治疗组和对照组TUG跌倒风险评分数据比较

治疗前两组患者入院时TUG跌倒风险评分无显著性差异($P>0.05$),治疗4周后治疗组和对照组TUG跌倒风险评分改变均有显著性差异($P<0.05$),治疗组与对照组相比TUG跌倒风险评分有显著性差异($P<0.05$)。见表4。

2.5 治疗组和对照组10MWT评分比较

治疗前两组患者入院时10MWT评分无显著性差异($P>0.05$),治疗4周后治疗组和对照组10MWT评分改变均有显著性差异($P<0.05$),治疗组与对照组相比10MWT评分有显著性差异($P<0.05$)(表5)。

2.6 治疗组和对照组主观疲劳程度(Borg)评分比较

治疗前两组患者入院时Borg评分无显著性差异($P>0.05$),治疗4周后治疗组和对照组Borg评分改变均有显著性差异($P<0.05$),治疗组与对照组相比Borg评分有显著性差异($P<0.05$)(表6)。

表1 两组患者性别、年龄等基线资料对比 ($\bar{x}\pm s$, n=30)

组别	对照组	治疗组	统计量	P值
性别(男/女)(例)	12/18	14/16	0.272	0.79
年龄(岁)	64.76±6.42	62.34±5.79	1.533	0.15
病程(月)	4.8±0.6	4.9±0.8	0.548	0.59
GCS评分	18.42±2.37	18.39±2.35	0.049	0.96
Berg平衡评分	44.64±10.52	44.76±10.58	0.044	0.97
NIHSS评分	12.62±3.47	12.58±3.45	0.045	0.96
文化程度(例)			0.614	0.26
小学及以下	6	5		
中学及专科	15	18		
本科及以上	9	7		
病灶部位(例)			0.693	0.29
基底节区	18	16		
脑叶	8	11		
丘脑	4	3		
肌力(例)			0.289	0.78
3级	4	5		
4级	19	17		
5级	7	8		
足下垂(例)			0.131	0.14
是	5	4		
否	25	26		
矫正支具佩戴(例)			0.000	1
是	3	3		
否	27	27		

表2 治疗组和对照组FAC评分比较

(n=30)

组别	入院时						治疗4周后						Z值	P值
	0级	1级	2级	3级	4级	5级	0级	1级	2级	3级	4级	5级		
对照组	0	14	11	5	0	0	0	2	13	9	6	0	16.310	<0.001
治疗组	0	14	12	4	0	0	0	0	12	11	5	2	24.267	<0.001
Z值			0.155						1.331					
P值			0.88						0.21					

表3 治疗组和对照组 TUG 试验计时比较 ($\bar{x}\pm s, n=30$)

组别	入院时	治疗4周后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
对照组	86.4±10.8	68.2±8.5	7.253	<0.001
试验组	85.8±10.4	43.5±7.9	17.740	<0.001
<i>t</i> 值	0.219	11.658		
<i>P</i> 值	0.83	<0.001		

表4 治疗组和对照组 TUG 跌倒风险评分比较 ($n=30$)

组别	入院时					治疗4周后					<i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
对照组	0	0	3	4	23	0	4	7	8	11	11.169	<0.001
试验组	0	0	3	5	22	0	7	8	15	0	36.273	<0.001
<i>Z</i> 值			0.133							14.015		
<i>P</i> 值			0.89							<0.001		

表5 治疗组和对照组 10MWT 评分比较 ($\bar{x}\pm s, n=30$)

组别	入院时	治疗4周后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
对照组	22.18±6.41	19.14±4.60	2.110	0.0053
试验组	20.53±5.86	16.07±4.49	3.309	0.0052
<i>t</i> 值	1.041	2.616		
<i>P</i> 值	0.35	0.02		

表6 治疗组和对照组 Borg 评分比较 ($\bar{x}\pm s, n=30$)

组别	入院时	治疗4周后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
对照组	13.4±2.5	11.2±2.2	3.618	0.003
试验组	13.6±2.8	8.4±1.7	8.695	<0.001
<i>t</i> 值	0.292	5.516		
<i>P</i> 值	0.78	<0.001		

3 讨论

3.1 下肢机器人改善患者步行功能

人体在行走时,双侧下肢有节律地进行交替,而双侧上肢轻松地随着腿部进行交替运动而摆动,身体重心对称地左右移动,下肢髋、膝和踝关节的角度变化是一个动态过程并且要相互之间进行协调^[8]。而脑卒中患者运动模式异常、肌张力增高、关节活动度受限、肌力下降、协调功能障碍以及平衡功能受损等,从而难以将负重、迈步、平衡三要素有机地结合,很容易形成异常步态^[9]。在使用下肢机器人进行康复治疗时,下肢机器人可通过自主减重系统,来减少患者自身重量对髋关节和腿部的负荷,从而有利于患者的平衡稳定,并在一定程度上有效避免患者屈膝或膝过伸,使得患者的下肢运动更加灵活便捷^[10]。下肢机器人还可通过保证患者重心的快速转移,提高患者在步行中的稳定性,并使患者因下肢负重而导致的协同运动及时得到缓解,从而避免患者在康复治疗中出现足下垂、内翻等病理步态^[11]。本研究使用功能性步行量表(FAC)对两组患者经4周康复治疗后的步行功能进行评定,研究结果显示下肢机器人和传统康复训练方法均能改善患者的步行功能,与临床上的多项研究结果类似^[10-12]。

综上所述,证明下肢机器人结合常规康复能够更好地改善缺血性脑卒中患者的步行功能。

3.2 下肢机器人改善患者步行速度和步行稳定性

本研究还对脑卒中患者的TWT包括TUG和10MWT进行评定,研究结果显示下肢机器人可显著改善脑卒中后偏瘫患者的步行稳定性和步行速度。由于下肢机器人可通过分析下肢产生的运动信号从而获取脑卒中患者的真实意图,随后通过自动减重系统,控制驱动装置的力矩输出,实现更好的人机交互效果。有效的人机互动在一定程度上可使患者感到安全、舒服且自然,从而增加患者的运动欲望,进行患者可主动控制的运动,使得治疗效果提高。而且下肢康复机器人会实时测定患者下肢运动轨迹,当下肢运动偏离了正常运动轨迹时,下肢机器人则会对下肢位置进行调节,而当下肢在正常运动轨迹时,则下肢机器人产生助力,保证患者的稳定性和平衡性,从而辅助患者完成步行,提高步行速度。

平衡主要受到重心的位置、支撑面的大小及稳定性的影响。脑卒中患者发病后,其运动或感觉传导通路发生障碍,导致肌张力、肌力异常,运动控制障碍,最终产生平衡功能障碍^[13]。另外,脑卒中患者在运动时,动作幅度比较大,使得重心容易偏离支撑面,而且下肢的对称性受到破坏,使得患者的负重能力降低,从而在加大健肢负担的同时,增加重心转移的难度。

本研究使用TUG跌倒风险评分对患者的平衡能力进行评估,发现下肢机器人可显著改善脑卒中后偏瘫患者的平衡功能。可能是由于下肢机器人模仿摆臂步行不仅可以对身体进行稳定,而且还可减少躯干的扭矩,提高了肌肉群的协调能力,有助于患者平衡力的提高。脑卒中患者下肢与身体其他部位的协同性主要通过向各个方向运动的控制来保证,从而进一步改善身体侧方的平衡能力。多项研究表明,使用机器人对脑卒中患者进行康复治疗后,治疗组患者的平衡能力显著高于对照组,且两组的差异具有显著性意义($P<0.05$)^[14],证明下肢机器人较常规康复能够更好的改善缺血性脑卒中患者的平衡能力。Bezerra P等^[15]报道,通过健侧肢体带动双侧肢体的协调匹配运动,对于患肢功能的恢复具有十分重要的积极作用。而下肢康复机器人则是基于上述理论,通过机械腿尽可能模拟正常步态周期,从而实现双侧下肢的协调性运动,进而改善患者平衡功能,提高患者步行稳定性。

3.3 下肢机器人对主观疲劳程度的改善

脑卒中患者在进行传统训练时,需要消耗康复治疗师大量的时间和精力,使得康复治疗的时间和强度有限,而且患者可能由于体力不支,容易造成二次伤害,而下肢康复机器人则不需要消耗患者的大量体力。本研究采用Borg评分对两组患者的主观疲劳程度进行对比,研究发现下肢机器人较常规康复能更好地节省缺血性脑卒中患者的体力。由于下

肢机器人主要是通过减少自身负荷系统来保证患者的平衡度,而传统的康复治疗,则主要是通过康复治疗师从旁指导,并通过康复治疗师的身体支持来保证患者的平衡,此时一方面需要主管康复治疗师的基本素质过硬,另一方面则需要一名或多名康复治疗师同时对患者进行康复治疗。故传统康复训练不仅大量消耗了人力与时间,训练效果也不能保证,而且也增加了患者及康复治疗师的主观疲劳程度^[16]。而下肢机器人康复治疗则通过感应患者下肢的信号,自动调整患者的身体位置、重心位置,减少了工作人员的工作量,增加了患者康复训练的安全性,并使得康复训练具有重复性;加快脑卒中患者的康复进程,提高康复疗效,提高患者的依从性^[17]。

本研究存在以下局限性。本次试验仅使用步行功能量表及计时步行试验进行评定,仅能对下肢康复机器人临床疗效进行观察,无法对下肢康复机器人对缺血性脑卒中患者步行功能改善的机制进行分析及验证。故课题组下一步将使用功能性近红外光谱技术等检测手段观察相关患者脑区激活情况,进一步深入研究探讨下肢机器人对缺血性脑卒中患者的恢复机制。

4 结论

下肢康复机器人辅助步行训练和减重支持训练结合常规康复治疗均可促进缺血性脑卒中恢复期偏瘫患者步行功能的恢复。下肢康复机器人辅助步行训练结合常规康复治疗比减重支持训练结合常规康复治疗能更有效地改善缺血性脑卒中恢复期偏瘫患者的步行功能。

参考文献

- [1] GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age- sex specific all- cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990—2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013[J]. Lancet, 2015, 385(9963): 117—171.
- [2] Alguérn B, Fridlund B, Cieza A, et al. Factors associated with health-related quality of life after stroke: a 1-year prospective cohort study[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2012, 26(3): 266—274.
- [3] 赵雅宁, 郝正玮, 李建民, 等. 下肢康复训练机器人对缺血性脑卒中偏瘫患者平衡及步行功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27(11): 1015—1020.
- [4] 郑彭, 黄国志, 彭生辉. 下肢康复机器人对改善脑卒中偏瘫患者下肢肌力及运动功能障碍的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(9): 955—959.
- [5] 吴华, 顾旭东, 傅建明, 等. 下肢康复机器人系统对卒中偏瘫患者运动功能的影响[J]. 中华医学杂志, 2012, 92(37): 2628—2631.
- [6] Kim HY, Shin JH, Yang SP, et al. Robot-assisted gait training for balance and lower extremity function in patients with infratentorial stroke: a single-blinded randomized controlled trial[J]. J Neuroeng Rehabil, 2019, 16(1): 99.
- [7] 王新德. 各项脑血管病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6): 379.
- [8] 徐光青, 黄东锋, 兰月, 等. 脑卒中患者下肢关节运动对步行能力影响的三维运动学研究[J]. 中国临床康复, 2004, 8(31): 6816—6818.
- [9] 徐光青, 兰月, 黄东锋, 等. 运动想象对脑卒中患者偏瘫步态和步行能力的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2010, 25(10): 942—946+952.
- [10] 郑彭, 黄国志, 彭生辉. 下肢康复机器人对改善脑卒中偏瘫患者下肢肌力及运动功能障碍的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(9): 955—959.
- [11] 路芳, 朱琳, 宋为群. 下肢康复机器人联合虚拟现实技术对脑卒中患者下肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2018, 33(11): 1301—1306.
- [12] 王盛强, 黄杰, 高春华, 等. 运动想象疗法结合下肢康复机器人训练对脑卒中急性期偏瘫患者下肢运动功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2016, 31(11): 1230—1233.
- [13] Vaughan-Graham J, Cott C, Holland A, et al. Developing a revised definition of the Bobath concept[J]. Physiother Res Int, 2019, 24(2): e1762.
- [14] Werner C, Von Frankenberg S, Treig T, et al. Treadmill training with partial body weight support and an electromechanical gait trainer for restoration of gait in subacute stroke patients: a randomized crossover study[J]. Stroke, 2002, 33(12): 2895—2901.
- [15] Bezerra P, Zhou S, Crowley Z, et al. Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area[J]. Muscle Nerve, 2009, 40(3): 430—437.
- [16] 胡安龙, 顾旭东, 吴华, 等. 下肢康复机器人训练对脑卒中患者心肺功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(3): 179—182.
- [17] 高春华, 黄晓琳, 黄杰, 等. 下肢康复机器人训练对早期脑卒中偏瘫患者下肢功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(4): 351—353+366.