

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

郑 彭¹ 黄国志^{1,2} 彭生辉¹

摘要

目的:观察下肢康复机器人训练对早期脑卒中偏瘫患者下肢肌力及运动功能的影响。

方法:将50例发病6个月内的脑卒中患者随机分为试验组和对照组,每组25例。在常规康复训练的基础上,对照组给予MOTomed智能运动系统训练,每次30min,每周5次,共治疗8周;试验组给予下肢康复机器人训练,每次30min,每周5次,共治疗8周。治疗前及治疗8周后采用徒手肌力量表(MMT)评估下肢肌力,采用简式Fugl-Meyer运动量表(FMA)评估下肢运动功能,采用下肢康复机器人数据反馈系统评估下肢肌力。

结果:治疗前两组患者的一般资料、MMT评估、Fugl-Meyer评估、机器人客观数据评估差异均无显著性意义($P > 0.05$),治疗后两组MMT评估、Fugl-Meyer评估、机器人客观数据评估差异均有显著性意义($P < 0.05$),且试验组均优于对照组($P < 0.01$)。

结论:下肢康复机器人结合常规康复治疗能有效地改善早期脑卒中偏瘫患者下肢肌力及运动功能障碍。

关键词 下肢康复机器人;脑卒中;肌力;运动功能

中图分类号:R743.3, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-09-0955-05

Effects of lower limb rehabilitation robot in improving lower limb muscle strength and motion dysfunction of stroke patients:a clinical research/ZHENG Peng, HUANG Guozhi, PENG Shenghui// Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(9): 955—959

Abstract

Objective: To observe effects of lower-limb rehabilitation robots on the lower limb muscle strength and motor function of hemiplegic patients after stroke.

Method: Fifty hemiplegic patients were randomly allocated to treatment and control groups ($n=25$ in each). The treatment group received training assisted by a lower-limb rehabilitation robot for 30 min once daily, 5 days per week for 8 weeks in addition to conventional treatments. The control group was given MOTomed training and conventional treatments once daily, 5 days per week for 8 weeks. Their lower limbs muscle strength and motor function were assessed with a manual muscle testing (MMT), a simplified Fugl-Meyer assessment (FMA) and the lower limb rehabilitation robot's data before and after training.

Result: There were no significant differences in general information, muscle strength and motor function before training. After training, both groups showed significant improvements in terms of MMT, FMA results and robot's data. The treatment group showed significantly better improvements in lower limb muscle strength and motor function compared with the control group.

Conclusion: The lower-limb rehabilitation robot combined with conventional treatments could improve hemiplegic patients after stroke in lower limb muscle strength and motor function. It was worthy of clinical promotion.

Author's address Department of Rehabilitation, Zhujiang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou,

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.09.005

1 南方医科大学附属珠江医院康复医学科,广州,510282; 2 通讯作者

作者简介:郑彭,男,硕士研究生; 收稿日期:2015-11-13

510282

Key word lower-limb rehabilitation robots; stroke; muscle strength; motor function

脑卒中患者肢体运动功能障碍限制了患者基本的日常生活,给自身和家庭带来巨大的影响。MOTOmed智能运动系统在康复界已经进行了广泛的临床应用,结果表明,其高强度持续性的训练模式可改善脑卒中患者下肢痉挛、减少肌肉萎缩、稳定关节活动度等^[1]。但训练过程中发现,MOTOmed无法提供合适的站立训练模式,难以改善患者步行功能;另一方面,MOTOmed缺乏本体感觉反馈、视觉反馈、关节运动觉反馈,无法分析训练的功。下肢康复机器人是一种标准化的步态训练系统,它的出现为脑卒中肢体功能障碍的患者提供了更加科学有效的训练手段。基于上述背景,我们采用下肢康复机器人联合常规康复训练对脑卒中后下肢运动功能障碍的患者进行训练,旨在探索下肢康复机器人对脑卒中下肢运动功能障碍的康复价值及可能机制。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入对象为2014年3月—2015年3月,在南方医科大学珠江医院康复科、神经内科以及神经外科住院的早期脑卒中患者。纳入标准:①诊断均符合1995年中华医学会第四届脑血管病学术会议制定的标准^[2];②首次发病,病程<6个月,年龄在20—80岁;③患侧下肢Brunnstrom分期在Ⅱ期以上,改良Ashworth分级在Ⅱ级以下;④意识清楚,认知无明显异常;⑤头颅CT或MR检查确诊,卒中部位在颅内单侧基底核区。

排除标准:①伴有严重的意识障碍及认知功能障碍;②伴有严重的抑郁等心理障碍;③脑叶、小脑及脑干出血或梗死性疾病;④下肢骨关节疾病以及严重的周围神经疾病;⑤伴有严重的心血管疾病。

所有纳入的患者均签署知情同意书,将50例研究对象分为对照组(25例)和试验组(25例)。两组患者的一般资料差异无显著性意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。

1.2 治疗方法

表1 两组患者一般资料 (x±s)

组别	例数	平均年龄 (岁)	发病时间 (d)	性别(例)		脑卒中类型(例)		偏瘫肢体(例)	
				男	女	脑梗死	脑出血	左下	右下
试验组	25	64.00±13.00	86.49±49.25	20	5	10	7	14	11
对照组	25	55.12±18.57	72.24±41.98	19	6	15	10	12	13

两组患者均给予常规运动疗法,每周5次,共治疗8周;对照组在常规运动疗法下,配合MOTOmed智能运动系统运动训练,每次30min,每周5次,共治疗8周;试验组在常规运动疗法下,配合下肢康复机器人运动训练,每次30min,每周5次,共治疗8周。

1.2.1 常规康复运动疗法:包括良肢位的摆放与体位转换、关节被动活动训练、下肢肌控制训练、桥式运动、站立平衡训练、步行训练。

1.2.2 运动疗法——MOTOmed运动训练系统:MOTOmed运动训练系统(采用德国RECK公司产品,型号是MOTOmed viva2)具有基本的运动训练模式。训练中患者取坐位,双下肢循环进行踏车运动,根据患者恢复情况调节训练强度,患者偏瘫侧肢体在无主动运动能力时采用被动训练模式,其余情况均采用主动训练模式,以增加运动负荷。

1.2.3 下肢康复机器人训练方法:下肢康复机器人(采用上海璟和技创医疗设备有限公司产品,型号是Flexbot-B)可提供具有生理步态的训练模式,通过对髋膝关节的协调控制,带动患者模拟正常人步行。训练前将患者身体固定于悬吊装置,根据体型与下肢的长度,调节髋、膝关节之间的距离及踝关节的松紧度,调节起立床的角度和悬吊装置的拉力。设定机器人的虚拟模式及训练参数:治疗时间30min,起立床角度70°—80°,训练步速1.24—1.78km/h。同一例患者训练阶段调节相同的起立床角度、相同的步速、相同的抗阻强度。训练时如果患者出现身体不适或机器人出现故障,应立即启动紧急制动系统停止训练。

1.3 评估方法

治疗前与治疗8周后分别对两组患者进行评

估,由同一位康复治疗师完成。采用徒手肌力量表(manual muscle testing, MMT)评估下肢肌力;采用简式Fugl-Meyer运动功能量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)评估下肢运动功能;采用下肢康复机器人数据反馈系统评估下肢肌力。

1.3.1 MMT肌力评估方法^[3]根据国际标准分为6个等级(0、1、2、3、4、5级),5级为正常,随着患者肌力的减弱,等级依次递减,0级为完全瘫痪。

1.3.2 简式FMA运动功能量表根据反射活动、关节屈伸运动功能以及协调能力等进行综合评分,总分34分,分值越低表明下肢运动功能越差。

1.3.3 下肢康复机器人数据反馈系统记录患者双下肢髋关节与膝关节的运动轨迹,该轨迹为双侧髋膝关节在其关节活动度范围,单位时间内作用力的变化,横轴表示时间,纵轴表示力。根据每个线图的变化幅度,作为衡量患者治疗后肌力的恢复程度。

1.4 统计学分析

所有结果均采用SPSS 19.0统计软件进行分析。基本信息分析采用两独立样本t检验。治疗过程中两组屈髋肌力、伸膝肌力、Fugl-Meyer数据比较

分析均采用两因素重复测量方差分析。治疗前、治疗后8周下肢康复机器人Flexbot对患侧下肢肌力改善客观数据分析采用两因素重复测量方差分析。

2 结果

2.1 两组患者MMT下肢肌力评估比较

治疗前两组患者MMT下肢肌力评估无显著性差异($P>0.05$)。治疗8周后,两组患者肌力均较治疗前明显提高($P<0.01$),且试验组优于对照组($P<0.01$)。见表2,图1。

2.2 两组患者Fugl-Meyer下肢运动功能评分比较

治疗前两组患者Fugl-Meyer下肢运动功能评分无显著性差异($P>0.05$)。治疗8周后,两组患者的评分均较治疗前明显提高($P<0.01$),且试验组优于对照组($P<0.01$)。见表3,图2。

2.3 下肢康复机器人对两组患者客观数据分析比较
治疗前两组患者下肢肌力的变化无显著性差异($P>0.05$)。治疗8周后,两组患者下肢肌力均较治疗前明显提高($P<0.05,P<0.01$),且试验组优于对照组($P<0.01$)。见表4。

表2 两组屈髋与伸膝肌力评估比较						$(\bar{x}\pm s, n=25)$		
组别	治疗前	2周	4周	6周	8周	整体比较:两因素重复测量方差分析		
						组间 F, P	时间点 F, P	分组 $\times$ 时间 F, P
屈髋肌力						23.707, 0.000	37.541, 0.000	2.149, 0.110
对照组	2.20 $\pm$ 0.41	2.44 $\pm$ 0.58 ^①	2.80 $\pm$ 0.58 ^⑥	3.12 $\pm$ 0.44 ^⑥	3.36 $\pm$ 0.49 ^⑥			
试验组	2.28 $\pm$ 0.46 ^①	2.80 $\pm$ 0.58 ^{②⑥}	3.36 $\pm$ 0.50 ^{③⑥}	3.52 $\pm$ 0.51 ^{③⑥}	3.76 $\pm$ 0.44 ^{③⑥}			
伸膝肌力						9.611, 0.005	30.431, 0.000	1.286, 0.307
对照组	2.28 $\pm$ 0.46	2.60 $\pm$ 0.65 ^⑤	2.84 $\pm$ 0.62 ^⑥	3.12 $\pm$ 0.44 ^⑥	3.32 $\pm$ 0.48 ^⑥			
试验组	2.48 $\pm$ 0.59 ^①	2.76 $\pm$ 0.60 ^{①④}	3.28 $\pm$ 0.46 ^{③⑥}	3.44 $\pm$ 0.51 ^{②⑥}	3.72 $\pm$ 0.46 ^{③⑥}			
组间比较:① $P>0.05$;② $P<0.05$;③ $P<0.01$;组内比较:④ $P>0.05$;⑤ $P<0.05$;⑥ $P<0.01$								

组间比较:① $P>0.05$;② $P<0.05$;③ $P<0.01$;组内比较:④ $P>0.05$;⑤ $P<0.05$;⑥ $P<0.01$

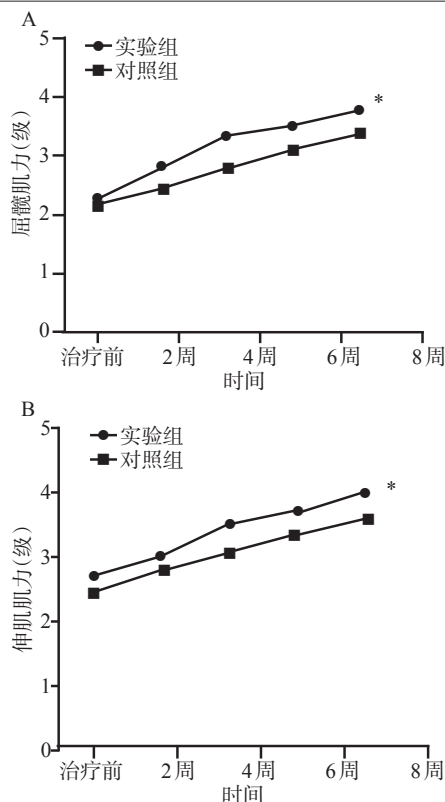
表3 两组Fugl-Meyer下肢运动功能评估比较						(x±s,n=25)		
组别	治疗前	2周	4周	6周	8周	整体比较:两因素重复测量方差分析		
						组间F,P	时间点F,P	分组×时间F,P
对照组	12.52±2.18	13.88±2.37 ^③	15.24±2.13 ^④	16.32±2.61 ^④	17.72±3.09 ^④			
试验组	12.56±2.43 ^①	13.96±2.39 ^{①③}	16.36±2.72 ^{①④}	18.32±2.14 ^{②④}	20.20±2.27 ^{②④}			

组间比较:① $P>0.05$;② $P<0.01$;组内比较:③ $P<0.05$;④ $P<0.01$

表4 两组髋膝关节机器人评估信息反馈					($\bar{x}\pm s$, n=25)
组别	治疗前	8周	整体比较:两因素重复测量方差分析		
			组间 F, P	时间点 F, P	分组 $\times$ 时间 F, P
髋关节(最大值,N)			6.510, 0.018	60.808, 0.000	13.621, 0.001
对照组	25.91 $\pm$ 4.96	29.58 $\pm$ 7.66 ^③			
试验组	27.70 $\pm$ 3.97 ^①	36.44 $\pm$ 5.99 ^{②④}			
膝关节(最大值,N)			12.713, 0.002	373.902, 0.000	100.557, 0.000
对照组	9.13 $\pm$ 2.85	11.49 $\pm$ 2.95 ^③			
试验组	10.25 $\pm$ 2.29 ^①	16.34 $\pm$ 3.09 ^{②④}			
组间比较:① $P>0.05$;② $P<0.01$;组内比较:③ $P<0.05$;④ $P<0.01$					

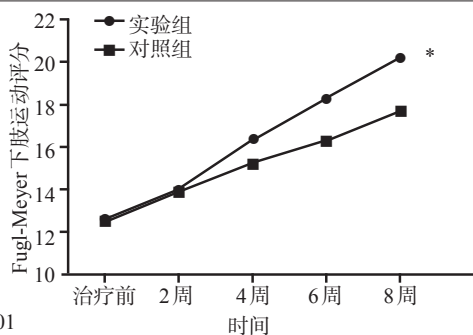
组间比较:① $P>0.05$;② $P<0.01$;组内比较:③ $P<0.05$;④ $P<0.01$

图1 采用MMT评估两组患者肌力



A: 两组患者屈髋肌力的改变 ($P < 0.01$); B: 两组患者伸肌肌力的改变 ($P < 0.01$)

图2 采用Fugl-Meyer评估两组患者下肢运动功能



* $P < 0.01$

3 讨论

随着医疗水平的提高,脑卒中患者死亡率逐渐降低。但卒中后肢体运动功能的降低、异常步态的出现成为限制患者日常生活以及重返社会的最大障碍。脑卒中患者出现的各种运动功能障碍以下肢运动功能障碍最为突出,表现为步态不对称,重心转移差,下肢各关节活动受限等^[4]。若不及时给予有效

地康复治疗,将直接影响患者整体的恢复。

实验中两组患者均接受常规康复运动疗法,这对改善患者下肢运动功能、降低肌痉挛、促进肢体血液循环、维持平衡能力有一定的作用。但是常规康复运动疗法属于单关节单肌群的被动运动,难以达到系统性的训练。并且训练模式缺乏任务导向性、高强度可持续性,评价指标缺乏客观数据作为依据,敏感度不高。

对照组予以MOTOmed运动训练配合常规康复训练。研究表明,MOTOmed运动训练可有效改善脑卒中患者下肢痉挛,减少肌肉萎缩,保持并改善关节活动范围^[5],并且通过抗阻模式,提高患者下肢肌群的力量。本研究也证实,MOTOmed配合常规康复训练可提高患者下肢肌力,加速下肢运动功能的恢复。但训练发现,MOTOmed由于缺乏视觉反馈、关节运动反馈、本体感觉反馈系统等,不能将患者的治疗动态以及恢复程度转化成数据反馈给治疗师。另一方面,MOTOmed主要以坐式训练为主,难以实现步行训练,这无法提高患者关节的稳定性以及负重能力。

在训练中,下肢康复机器人的减重装置为患者提供合适的身体支持,减轻部分身体负重。在步行周期中,患侧下肢在支撑相足以承受余下的体重,最大限度地发挥肢体的残余功能。随着患者下肢肌力的恢复,降低减重程度,让患者逐步过渡到能够完全承重。另外,实践证明减重系统可防止肢体代偿的出现,避免训练过程中因负重过大而诱发痉挛及异常运动模式^[6]。Fugl-Meyer运动量表能比较准确地对偏瘫患者肢体功能做出定量的评估,是目前国际公认的、标准的评估方法^[7]。实验结果分析发现,治疗后试验组患者Fugl-Meyer评分较对照组改善的更明显($P < 0.05$),表明下肢康复机器人训练能显著提高患者下肢运动功能,作用机制可能是机器人通过抑制患者的异常运动并诱导正常运动模式出现,通过下肢重复性运动增强各个关节的稳定性与协调性,提高下肢肌群的力量。相应的研究证实^[8],膝踝关节周围的肌群为患者步行提供强大的推动力,并且在直立位时,踝关节承受着身体全部的重量,对维持人体的稳定意义重大^[9]。下肢康复机器人通过踝关节的上下摆动为患者提供跖屈、背伸的运动模式,有效地训练了踝关节的关节活动度和周围肌群的力量。另一方面,依据神经可塑性原理^[10],损伤后脑组

织的恢复是依靠感官系统将各种信息输入,不断地体验模仿、深化学习,机器人利用虚拟现实技术的视觉反馈持续刺激患者的本体感觉,尽早建立出新的神经反馈通路,加速下肢运动障碍的恢复。

临床研究证实,脑卒中患者肌力不足是影响肢体功能恢复更主要的因素^[11]。肌力不足对造成运动再损伤有直接的责任^[12],因此在康复训练中,提高患者的下肢肌力至关重要。肌力的训练主张最大限度地发挥患者的主观能动性^[13],脑卒中早期阶段的患者,机器人可辅助性地带动肢体被动训练,随着运动功能的提高,逐步进入主动训练阶段。Krishnan C等^[14]的研究证实对于提升患者肌力,主动训练比被动训练更有效。主动运动模式能刺激患侧肢体,引起大脑皮质区域扩大。在研究中发现,试验组患者治疗后MMT肌力评分较对照组改善更明显($P < 0.05$),说明下肢康复机器人训练能更有效地提高患者肌力,作用机制可能是下肢康复机器人可为患者提供对称性的训练模式,有助于提高下肢步态的同步性。由于双侧肢体的运动具有协同匹配效应^[15],这种同步训练有利于患侧下肢模仿健侧的运动,加速患侧肢体的恢复。相关研究证实,下肢训练的对称性与步行的稳定性呈正相关^[16]。

本研究中下肢康复机器人利用传感系统提供更为客观的评估方式,包括患者运动的步速、步长、关节活动度等。表4是机器人髌膝关节活动时,单位时间内肌力的最大值。治疗8周后,两组患者屈髋与伸膝时肌力均有所增加($P < 0.05$, $P < 0.01$),且试验组增加的幅度较对照组更明显($P < 0.01$)。肌力的线性变化的幅度上升越大,说明患者肌力的恢复程度越高,对应抗阻能力越强。这种评估—治疗—评估的循环模式,对患者下肢运动功能的恢复更为有效。

然而下肢康复机器人也存在不足之处:①机器人悬吊绑定患者的流程过于复杂,花费的时间过长;②对于下肢肌力水平较低(0—1级)及足踝部运动功能较差的患者,训练时足部容易从踏板中滑出,影响治疗进程;③减重系统缺乏减重控制装置及衡量标准,单纯地依靠主观判断去调控减重着实缺乏一定的科学性和实用性;④在抗阻训练方面,抗阻力量的等级要按个体化选择,但目前缺乏衡量标准。

通过本研究证实,具有可重复性、主动性训练特

点的下肢康复机器人联合常规康复治疗,对脑卒中患者下肢肌力的提升及运动功能的改善更有效。临床治疗中,下肢康复机器人治疗脑卒中患者是一个非常具有前景的治疗手段,减轻了治疗师的工作强度,值得推广应用。本研究中患者缺少长期随访观察,未来需要更深入的研究。

参考文献

- [1] 高春华,徐乐义,黄杰,等. MOTomed智能运动训练系统对脑卒中偏瘫患者平衡及下肢运动功能的影响[J]. 中国康复理论与实践,2013(8):725—728.
- [2] 中华神经科学会,中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996,29(06):379—380.
- [3] 钱开林,张勤. 腓绳肌练习对脑卒中后膝稳定性及日常生活活动能力的影响[J]. 中国临床康复,2003,7(22):3081—3082.
- [4] 赵军,张通,芦海涛,等. 脑卒中偏瘫步态分析的临床应用[J]. 中国康复理论与实践,2013(7):655—657.
- [5] Plummer P, Behrman AL, Duncan PW, et al. Effects of stroke severity and training duration on locomotor recovery after stroke: a pilot study[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2007,21(2):137—151.
- [6] 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.
- [7] 桑德春,纪树荣,张纓,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.
- [8] Nadeau S, Gravel D, Arseneault AB, et al. Plantarflexor weakness as a limiting factor of gait speed in stroke subjects and the compensating role of hip flexors[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon),1999,14(2):125—135.
- [9] 罗红梅,孙立波. 脑卒中患者踝背屈手法康复训练加低频电刺激疗法的临床观察[J]. 中国老年学杂志,2009,29(18):2390—2391.
- [10] Rossini PM, Calautti C, Pauri F, et al. Post-stroke plastic reorganisation in the adult brain[J]. Lancet Neurol,2003,2(8):493—502.
- [11] Kim CM, Eng JJ. The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke[J]. Phys Ther,2003,83(1):49—57.
- [12] Canning CG, Ada L, O'Dwyer NJ. Abnormal muscle activation characteristics associated with loss of dexterity after stroke[J]. J Neurol Sci,2000,176(1):45—56.
- [13] 顾旭东,吴华,李建华,等. 下肢康复机器人系统结合减重平板训练对脑卒中偏瘫患者步行能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2011,33(6):447—450.
- [14] Krishnan C, Ranganathan R, Dhaher YY, et al. A pilot study on the feasibility of robot-aided leg motor training to facilitate active participation[J]. PLoS One,2013,8(10):e77370.
- [15] Cauraugh JH, Summers JJ. Neural plasticity and bilateral movements: A rehabilitation approach for chronic stroke[J]. Prog Neurobiol,2005,75(5):309—320.
- [16] Coenen P, van Werven G, van Nunen MP, et al. Robot-assisted walking vs overground walking in stroke patients: an evaluation of muscle activity[J]. J Rehabil Med,2012,44(4):331—337.