

· 临床研究 ·

下肢康复机器人训练对急性脑卒中患者
下肢运动功能的影响

王伟 李岩 吴华 顾旭东 姚云海 傅建明 李建华

【摘要】目的 探讨下肢康复机器人训练对急性脑卒中患者下肢运动功能的影响。**方法** 将 42 例急性脑卒中患者按随机数字表法分为治疗组和对照组, 每组 21 例, 对照组给予常规康复治疗, 治疗组在此基础上辅以下肢康复机器人训练, 每次 10~20 min, 每周 6 次, 共 8 周。分别于治疗前和治疗 8 周后(治疗后)采用简化 Fugl-Meyer 运动功能量表(FMA)评定下肢运动功能, 采用 Berg 平衡量表(BBS)评定平衡功能, 采用 Rivermead 运动指数(RMI)评定日常生活活动(ADL)能力, 以及采用功能性步行分级(FAC)评定患者步行能力, 并进行统计学比较分析。**结果** 治疗前 2 组患者 FMA、BBS 和 RMI 评分的组间比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$); 治疗后 2 组患者 FMA、BBS 和 RMI 评分均优于组内治疗前水平($P<0.05$), 且治疗组均明显优于对照组($P<0.05$)。治疗前, 对照组和治疗组患者能独立步行(FAC 分级 ≥ 3 级)的患者分别为 5 例(23.8%)和 8 例(38.1%), 组间差异无统计学意义($P>0.05$); 治疗后, 对照组和治疗组独立步行患者分别增加到 12 例(57.1%)和 18 例(85.7%), 经统计学分析比较, 治疗后 2 组患者步行功能均较组内治疗前有明显提高($P<0.05$), 且治疗后治疗组患者步行功能明显优于同期对照组($P<0.05$)。**结论** 下肢康复机器人训练可进一步改善急性脑卒中偏瘫患者的下肢运动功能。

【关键词】 康复机器人; 脑卒中; 运动功能; 脑血管意外

Robot-assisted lower limb rehabilitation of hemiplegia WANG Wei*, LI Yan, WU Hua, GU Xu-dong, YAO Yun-hai, FU Jian-ming, LI Jian-hua. *Rehabilitation Medicine Center, Jiaxing Second Hospital, Jiaxing 314000, China
Corresponding author: GU Xu-dong, Email: jxgxd@hotmail.com

【Abstract】Objective To investigate the effects of robot-assisted lower limb rehabilitation on the lower limb motor function of hemiplegic patients in the acute stage. **Methods** Forty-two hemiplegic patients in the acute stage were randomly divided into a treatment group and a control group with 21 in each. Both groups were treated with routine rehabilitation interventions, but the treatment group also undertook robot-assisted lower limb rehabilitation training. The training lasted for 10 to 20 min/d, 6 d/week for 8 weeks. Lower limb motor function, balance, ability in the activities of daily living and walking ability were assessed with a simplified Fugl-Meyer assessment, the Berg balance scale, the Rivermead motility index (RMI) and functional ambulation categories (FACs). **Results** Before the intervention there was no significant difference between the two groups in any of the assessments. After training, both groups showed significant improvements in terms of their FMA, BBS, RMI and FAC results. The treatment group showed significantly better improvements in lower limb motor function, balance, ability in daily living and walking ability compared with the control group. **Conclusions** Robot-assisted lower limb rehabilitation can significantly improve the lower limb motor function of hemiplegic patients in the acute stage.

【Key words】 Robot-assisted rehabilitation; Stroke; Motor function; Cerebrovascular accident

脑卒中是中老年人的常见病、多发病, 存活患者 80% 存在不同程度的机体功能障碍, 最常见的是运动功能障碍。大量基础及临床研究表明, 脑卒中后脑功能的恢复在前 3 个月, 特别是最初的 4 周恢复最快, 康复介

入时间越早, 患者的功能恢复和整体疗效越好^[1]。目前用于运动功能障碍治疗的方法很多, 其中以神经肌肉促进技术为主的运动疗法已在国内外广泛开展^[2]。尽管现有的康复训练方案可以加速患者功能恢复, 但仍费时费力, 且不同治疗者的手法不一, 缺乏定量的评价指标。康复机器人辅助训练是近年来发展的新的治疗技术, 可以对脑损伤患者进行安全的、高强度及任务相关性的训练, 使用康复机器人辅助训练, 对脑卒中运动功能障碍有良好的疗效^[3-6], 而目前国内的相关研究报道仍较少见。本研究旨在探讨下肢康复机器人系统训练对急性期脑卒中偏瘫患者运动功能的影响。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.06.008

基金项目: 浙江省医药卫生科学研究基金 (No. 2008A153)

作者单位: 314000 嘉兴, 浙江省嘉兴第二医院康复医学中心(王伟、李岩、吴华、顾旭东、姚云海、傅建明); 浙江大学医学院附属邵逸夫医院康复医学科(李建华)

通信作者: 顾旭东, Email: jxgxd@hotmail.com

对象与方法

一、研究对象

选取 2011 年 6 月至 2012 年 7 月在我院康复医学中心住院接受治疗的脑卒中偏瘫患者 42 例,入选患者均符合全国第 4 届脑血管疾病学会会议制订的脑卒中诊断标准^[7]。入选标准:①首次脑梗死或者脑出血;②病程在 4 周以内;③经头颅 CT 或 MRI 检查证实;④年龄 <65 岁;⑤生命体征稳定,意识清楚,可服从指导;⑥存在肢体功能障碍;⑦所有患者在治疗前均没有独立步行能力;⑧血压控制在正常范围,无心肌梗死、心绞痛等发作,心功能良好,无其它限制活动的合并症;⑨所有入选患者均签署知情同意书。将 42 例患者按随机数字法分为治疗组和对照组,每组 21 例,2 组患者一般资料经统计学分析比较,组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$),具有可比性。详见表 1。

二、治疗方法

2 组患者在神经内科常规药物对症治疗的基础上进行常规康复训练,主要训练内容包括:①良肢位摆放——抑制痉挛模式;②上肢训练——Bobath 握手,双手交叉上举训练,双手交叉摆动训练,指导患者做肩关节前屈、外展、外旋运动,肘关节屈伸、前臂旋前旋后运动,腕关节进行腕背伸、手指屈伸、拇指对指等训练;③下肢训练——髋关节控制训练、桥式运动、髋关节屈曲和膝关节伸展易化训练、膝关节伸展和髋关节外展易化训练、踝关节背屈训练;④平衡功能训练;⑤日常生活活动 (activities of daily living, ADL) 能力训练——穿脱衣服、解系衣扣、穿脱鞋袜、进食、步行、上下楼梯及如厕等训练。以上训练每次 45 min,每日 1 次,每周 6 次,连续治疗 8 周。

治疗组在常规康复训练的基础上辅以下肢机器人训练:下肢穿戴由浙江大学国家重点实验室、上海章和科技开发公司、浙江大学医学院附属邵逸夫医院及浙江省嘉兴学院附属第二医院共同研制开发的下肢康复机器人 (AVATAR-02 型) 系统 (图 1),首先由治疗师将患者双下肢固定于外骨骼式的机械腿中,然后根据患者不同程度的病情,机器人倾斜床角度由 0°位逐渐过渡到 90°位,实现不同程度的减重。关节处安装传感器,实时显示患者髋膝踝关节是否有抵抗力;足底安装压力传感器,实时分别显示足跟与前脚掌压力。随着床体的起立,患者足底产生不同程度的压力。起立动

作完成后,设置运动模式、步长、步频和步行时间等参数,完成运动方案的制定。该机器人在辅助患者步行训练过程中,模拟正常步行中下肢髋、膝、踝关节的周期性运动,确保以预设的生理步态曲线进行训练,达到固化步态的目的;而且保证髋关节伸展,骨盆旋转,躯干正直,确保足背屈,防止膝关节过伸,保证两腿站立时间与步长对称。患者在机器人辅助下进行重复步行训练的同时,下肢康复机器人 (AVATAR-02 型) 系统结合虚拟现实技术,患者通过手持遥控笔来控制屏幕人物的步行方向,完成给予的游戏任务,游戏难度可增减,这样不仅提高了训练趣味性,而且患者的主动参与性也大大提高。每次训练时间从 10 min 开始,逐步酌情增加,至每次 20 min,1 次/日,连续治疗 8 周。在训练中,如患者心率超过年龄标准化最高心率的 75%、血压超过 180/110 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 或有不适及头晕等症状时,应及时停止训练 (图 2)。



图 1 下肢康复机器人系统

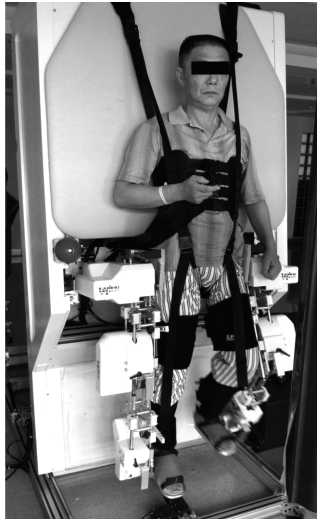


图 2 脑卒中偏瘫患者进行训练

三、评定标准

于治疗前及治疗 8 周后 (治疗后),由同一治疗师在不明分组情况 (盲法) 下分别对 2 组患者进行评定分析。采用简化 Fugl-Meyer 运动功能量表 (Fugl-Meyer assessment, FMA)^[8] 评定下肢运动功能 (下肢运动总分 34 分),采用 Berg 平衡量表 (Berg balance scale, BBS)^[9] 评定平衡功能 (总分 56 分),采用 Rivermead 运动指数 (Rivermead mobility index, RMI) 评分^[10] 评定 ADL 能力。

采用功能性步行分级 (functional ambulation category,

表 1 2 组患者一般资料比较

组别	例数	性别 (例)		偏瘫侧别 (例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	脑卒中类型 (例)	
		男	女	左侧	右侧			脑出血	脑梗死
治疗组	21	13	8	15	6	48.5 ± 11.8	20.5 ± 5.4	13	8
对照组	21	12	9	14	7	49.4 ± 12.5	21.2 ± 5.1	12	9

FAC)^[11] 评定患者的步行能力,观察患者行走 15 m 评分,完全不能行走或由 2 人扶持为 0 级;需要 1 人扶持为 1 级;需要间断身体接触的帮助为 2 级;需要语言指导为 3 级;在不平地面或上楼梯时需帮助为 4 级;完全独立行走为 5 级。本研究中,患者 FAC 评分 ≤ 2 级为辅助步行,FAC 评分 ≥ 3 级为独立步行,计算患者治疗前后达独立步行患者百分比,即独立步行百分比(%) = 独立步行例数/总例数 $\times 100$ 。

四、统计学分析

采用 SPSS 13.0 版统计学软件进行统计学分析处理,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,治疗前后比较采用配对 t 检验,组间比较采用成组设计 t 检验;计数资料采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

一、治疗前、后 2 组患者各项评分指标比较

治疗前,2 组患者 FMA、BBS 和 RMI 评分比较,组间差异无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,2 组患者 FMA、BBS 和 RMI 评分均明显提高,且优于组内治疗前水平($P < 0.05$);治疗后,治疗组上述各项评分指标提高更为明显,均优于对照组治疗后水平($P < 0.05$),详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后 FMA 评分、BBS 评分、RMI 评分比较 (分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FMA 评分	BBS 评分	RMI 评分
治疗组				
治疗前	21	12.1 $\pm$ 2.4	25.6 $\pm$ 7.4	4.4 $\pm$ 1.1
治疗后	21	25.8 $\pm$ 2.8 ^{ab}	50.2 $\pm$ 3.5 ^{ab}	12.2 $\pm$ 1.5 ^{ab}
对照组				
治疗前	21	12.5 $\pm$ 2.5	24.7 $\pm$ 7.2	4.4 $\pm$ 1.2
治疗后	21	23.5 $\pm$ 3.1 ^a	47.2 $\pm$ 3.9 ^a	10.8 $\pm$ 1.6 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P < 0.05$

二、治疗前、后 2 组患者 FAC 分级比较

治疗前,对照组和治疗组患者能独立步行(FAC 分级 ≥ 3 级)的患者分别为 5 例(23.8%)和 8 例(38.1%),组间差异无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,对照组和治疗组独立步行患者分别增加到 12 例(57.1%)和 18 例(85.7%),经统计学分析比较,2 组患者步行功能均较组内治疗前有明显提高($P < 0.05$),且治疗后治疗组患者步行功能明显优于同期对照组($P < 0.05$),详见表 3。

讨 论

随着医疗水平的提高,脑卒中的病死率已明显降低,但仍有较高的致残率。下肢运动功能障碍是影响脑卒中偏瘫患者运动功能和 ADL 能力的关键因素之

表 3 2 组患者治疗前、后 FAC 分级比较

组别	例数	步行分级(例)						独立步行 百分比 (%)
		0 级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	
对照组								
治疗前	21	1	6	9	4	1	0	23.8
治疗后	21	0	2	7	4	7	1	57.1 ^a
治疗组								
治疗前	21	1	4	8	6	2	0	38.1
治疗后	21	0	1	2	7	9	2	85.7 ^{bc}

注:与组内治疗前比较,^a $P < 0.05$,^b $P < 0.01$;与对照组治疗后比较,^c $P < 0.05$

一,能否恢复步行功能是评价患者运动功能恢复的重要指标^[12]。脑卒中患者早期承重不足、平衡功能差以及异常的运动模式是影响步行能力及 ADL 恢复的主要因素^[13]。

早期离床、早期步行和早期生活自理已成为急性脑卒中早期康复原则,脑卒中的运动功能在发病后最初几周恢复最快^[14-16]。Van Peppen 等^[14]对 123 篇随机对照研究和 28 篇临床对照研究作了一个系统的回顾,经 Meta 分析发现,早期康复治疗能明显提高脑卒中患者下肢的运动功能进而促进其整体功能的恢复。Kwakkel 等^[15]对 9 个随机对照研究进行分析发现,1051 例接受了不同强度康复治疗后的脑卒中患者随着治疗强度的增加,脑卒中患者的运动能力也相应提高。研究表明,早期强化治疗能显著改善脑卒中患者偏瘫下肢的运动功能。本研究中,治疗组和对照组患者从发病到开始接受治疗的时间分别为(20.5 $\pm$ 5.4) d 和(21.2 $\pm$ 5.1) d,从病程上看,2 组属于早期,且均接受了标准化的康复训练,治疗组在此基础上增加智能化下肢康复机器人训练,因此,无论是介入时间还是治疗强度均符合现代脑卒中早期强化训练的观点。本研究发现,早期康复训练配合下肢康复机器人训练和单纯早期康复训练均可以改善急性脑卒中患者偏瘫下肢功能,但早期康复训练配合下肢康复机器人训练的效果明显优于单纯早期康复训练($P < 0.05$),此结果与 Van Peppen 等^[14]和 Kwakkel 等^[15]的文献报道一致。

人工智能在中枢神经系统损伤患者的康复应用中目前方兴未艾,尤其是机器人辅助步行训练,是近年来国内外学者研究的热点^[17-18]。机器人辅助的康复训练最突出的特点是可以对不同功能障碍水平的患者实施大强度、高密度、重复性的训练并完成特定模式的动作。下肢机器人辅助步行训练是通过模拟正常的步行生理周期,强化外周深浅感觉刺激输入^[19],有助于促进上运动神经元损害患者步行功能的恢复^[20];同时还能减轻治疗师的劳动强度,保证训练过程的一致性及持续性,实现训练方案及康复评估参数化促使康复疗效进一步提高。目前下肢康复机器人训练疗法已经应

用于脊髓损伤^[21]和脑卒中患者^[22]。

本研究中,下肢康复机器人系统(AVATAR-02 型)采用可调控的站立斜床,适应不同病情的患者,实现不同减重程度及不同姿态步态练习的目的,尤其适用于疾病早期的患者,帮助患者尽早重建实用的步行能力;在下肢康复机器人系统(AVATAR-02 型)的运动训练模式下,控制患者偏瘫侧下肢的随意运动,利用其外骨骼机械腿牵引患者下肢进行正常运动模式的训练,能够实时检测患者与机器人之间的相互作用力,在患者主动能力不足时提供更大的辅助,而在患者有能力完成动作时,适当减小辅助甚至施加阻力,以便充分发挥患者残存的功能;此外,下肢康复机器人系统(AVATAR-02 型)新颖之处就是结合虚拟现实环境进行辅助步行训练,避免机器人辅助步行训练的单调乏味,患者在训练过程中能够人机互动交流,使治疗过程具有吸引力,充分发挥患者的主观能动性,提高患者的治疗积极性。从而对脑卒中患者运动感觉输入的提高、神经功能的重塑和运动功能的恢复有着十分积极地作用^[23]。本研究结果显示,利用下肢康复机器人训练可以明显改善急性期脑卒中偏瘫患者下肢的运动功能,提高步行能力及 ADL 能力,与对照组比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。

机器人辅助训练作为一种非常有前景的、新的康复训练手段,未来在神经康复领域必将发挥重要的作用。但是下肢康复训练机器人系统的设计尚不能做到尽善尽美,例如在机器人辅助下,患者步行中骨盆和下肢的活动自由度受到限制^[20]、缺乏评估反馈系统、不同瘫痪时期的患者步行速度、外力减重幅度都没统一规定^[24-25]等。随着研究的深入,康复机器人的设计必将更加人性化、智能化,控制将更加精确;步行参数的设定及多种辅助技术的联合应用亦将是今后研究的重要内容。本研究由于样本数量相对较少且缺乏长期随访观察,因此,其结论尚需要进一步深入研究进行证实。

参 考 文 献

- [1] Sherrill SR. Early intervention care in the acute stroke patient. Arch Phys Med Rehabil, 1986, 67: 319-321.
- [2] 王喜全, 张京. 急性脑血管病偏瘫的早期康复. 中国康复医学杂志, 1998, 13: 28-29.
- [3] Prange GB, Jannink MJ, Groothuis-Oudshoorn CG, et al. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. J Rehabil Res Dev, 2006, 43: 171-184.
- [4] Johnson MJ. Recent trends in robot-assisted therapy environments to improve real-life functional performance after stroke. J Neuroeng Rehabil, 2006, 3: 29-31.
- [5] Peurala SH, Airaksinen O, Huuskonen P. Effects of intensive therapy using gait trainer or floor walking exercises early after stroke. J Rehabil Med, 2009, 41: 166-173.
- [6] 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. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33: 447-450.
- [7] 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. 中华神经科杂志, 1996, 29: 379-380.
- [8] 周维金, 孙启良. 瘫痪康复评定手册. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 46-50.
- [9] Berg KO, Wood-Dauphinee S, William JJ, et al. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. Physiother Can, 1989, 41: 304-311.
- [10] Mayr A, Kofler M, Quirbach E, et al. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the Lokomat gait orthosis. Neurorehabil Neural Repair, 2007, 21: 307-314.
- [11] Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D, et al. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. Arch Phys Med Rehabil, 1999, 80: 421-427.
- [12] 谢光柏, 姜洪福. 早期康复治疗对急性脑血管意外偏瘫患者下肢运动功能的影响. 中华物理医学与康复杂志, 2001, 23: 102.
- [13] 陈丽娜, 纵亚, 杨加亮. 减重步行训练对脑卒中早期偏瘫患者步行能力恢复的影响. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28: 343-345.
- [14] Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, et al. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence. Clin Rehabil, 2004, 18: 833-862.
- [15] Kwakkel G, Van Peppen RP, Wagenaar RC, et al. Effects of augmented exercise therapy time after stroke: a meta-analysis. Stroke, 2004, 35: 2529-2539.
- [16] 张通, 李丽林, 毕胜, 等. 机型脑血管病三级康复治疗的前瞻性多中心随机对照研究. 中华医学杂志, 2004, 84: 1948-1954.
- [17] Amirabdollahian F, Loureiro R, Gradwell E, et al. Multivariate analysis of the Fugl-Meyer outcome measures assessing the effectiveness of gentle robot-mediated stroke therapy. J Neuroeng Rehabil, 2007, 4: 4-7.
- [18] 吴涛, 江迪锦, 许志生, 等. 下肢辅助机器人训练在脑卒中患者康复中的应用. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33: 155-157.
- [19] Muller F, Heller S, Krewer C, et al. Effective gait training on the treadmill and the Lokomat: comparison of achievable training time and speed. Neurol Rehabil, 2004, 4: 27-31.
- [20] Aoyagi D, Ichinose WE, Harkema SJ. A robot and control algorithm that can synchronously assist in naturalistic motion during body-weight-supported gait training following neurologic injury. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2007, 15: 387-400.
- [21] Ferris DP, Sawicki GS, et al. Powered lower limb orthoses for gait rehabilitation. Top Spinal Cord Inj Rehabil, 2005, 3: 34-49.
- [22] Husemann B, Muller F, Krewer C, et al. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. Stroke, 2007, 38: 349-354.
- [23] Reinkensmeyer DJ, Emken JL, Cramer SC. Robotics, motor learning and neurologic recovery. Annu Rev Biomed Eng, 2004, 6: 497-525.
- [24] Hilder J, Neckel N. Inverse-dynamics based assessment of gait using a robotic orthosis. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2006, 1: 185-188.
- [25] 黄晓琳, 王平, 王伟, 等. 脑卒中偏瘫患者减重平板步行训练的临床应用研究. 中华物理医学与康复杂志, 2003, 25: 544-547.

(修回日期: 2013-05-20)

(本文编辑: 汪 玲)