

## 下肢康复机器人联合等速肌力训练对脑卒中后下肢运动功能影响的临床对照研究

舒国建, 刘家庆, 向云, 赵宁, 李春镇, 王化高, 张良清

**【摘要】** 目的:观察下肢康复机器人联合等速肌力训练对脑卒中后下肢运动功能的影响。方法:将脑卒中患者75例随机分为3组,每组25例。3组病人均进行常规康复,A组增加下肢康复机器人训练,B组增加下肢等速肌力训练,C组增加下肢康复机器人联合等速肌力训练。每周训练6次,共治疗6周。治疗前后进行等速肌力测试(峰力矩值)、下肢Fugl-Meyer运动功能评分(FMA)、Berg平衡量表(BBS)及Holden步行功能分级评定。结果:治疗6周后组内比较,3组患者的峰力矩值、FMA评分、BBS评分及Holden步行功能分级较治疗前提高,差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。组间比较,治疗6周后组间比较,C组在角速度 $60^\circ/\text{s}$ 、 $120^\circ/\text{s}$ 及 $180^\circ/\text{s}$ 下的伸膝肌及屈膝肌峰力矩值、BBS评分均高于A组和B组,差异具有统计学意义( $P<0.05$ ),但A组与B组比较差异无统计学意义。结论:下肢康复机器人联合等速肌力训练在改善脑卒中患者下肢肌力、平衡功能和步行能力方面较两者单独应用疗效更佳。

**【关键词】** 脑卒中;康复机器人;等速肌力;下肢;运动功能

**【中图分类号】** R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2020.07.001

**Efficacy of lower limb rehabilitation robot combined with isokinetic muscle strength training for lower limb motor dysfunction after stroke: A randomized controlled study** Shu Guojian, Liu Jiaqing, Xiang Yun, et al. Department of Rehabilitation Medicine, Huazhong University of Science and Technology Union Shenzhen Hospital, Shenzhen 518000, China

**【Abstract】** **Objective:** To observe the efficacy of lower limb rehabilitation robot combined with isokinetic muscle training on lower limb motor function after stroke. **Methods:** Seventy-five stroke patients were randomly divided into group A, group B and group C, each of 25. Those in all three groups received regular rehabilitation. Group A was given lower limb rehabilitation robot training, group B received isokinetic muscle training, and group C was subjected to lower limb rehabilitation robot training and isokinetic muscle training. All therapies were taken 6 times a week for 6 weeks. Before and after treatment, isokinetic muscle strength test (Peak Torque, PT), lower limb Fugl-Meyer motor function score (FMA), Berg balance scale (BBS) and Holden walking function were performed. **Results:** After treatment, the PT value, FMA, BBS, and Holden grade in three groups were significantly improved as compared with those before treatment ( $P<0.05$ ). After treatment, the PT values of the extensor and flexor knee muscles at  $60^\circ/\text{s}$ ,  $120^\circ/\text{s}$ , and  $180^\circ/\text{s}$  in group C were significantly higher than those in groups A and B ( $P<0.05$ ). After treatment, BBS scores in group C were significantly improved as compared with those in group A and group B ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** Lower limb rehabilitation robot combined with isokinetic strength training can improve lower limb muscle strength and balance function after stroke.

**【Key words】** stroke; rehabilitation robot; isokinetic muscle strength; lower limb; motor function

基金项目:深圳市南山区技术研发和创意设计项目(南科研卫2018046);  
深圳市卫生计生系统科研项目(SZXJ2018026)

收稿日期:2020-02-21

作者单位:华中科技大学协和深圳医院,深圳 518000

作者简介:舒国建(1976-),男,主管技师,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:向云, littlexiang20000@foxmail.com

脑卒中具有高发病率、高致残率的特点,70%~80%的脑卒中患者存在功能障碍,出现暂时或永久性的残疾<sup>[1]</sup>,其中下肢运动功能障碍尤为突出,表现为肌力下降、活动受限、重心转移差、平衡及步行功能障碍等<sup>[2]</sup>。目前应用现代康复治疗手段改善运动功能障碍是研究热点。等速肌力训练是在速度恒定而阻力可变

的条件下进行的一种运动方式,保证肌肉在各个角度能承受最大阻力和力矩输出,在脑卒中后康复中的应用逐渐受到关注<sup>[3]</sup>。而下肢康复机器人通过减重和标准化的生理步态训练,将负重、迈步、平衡三要素有机结合,为脑卒中后下肢运动功能障碍患者提供了科学有效的康复手段<sup>[4]</sup>。虽然等速肌力训练、下肢康复机器人各自的康复治疗作用明确<sup>[2,4]</sup>,但目前将两者单独治疗同两者结合起来治疗作用疗效的比较临床研究鲜有报告。本研究通过观察下肢康复机器人训练、下肢等速肌力训练以及二者结合训练对脑卒中后下肢功能障碍患者功能的影响,为脑卒中后偏瘫患者下肢功能训练提供一种可能的组合。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究选取 2018 年 9 月到 2019 年 12 月在华中科技大学协和深圳医院康复医学科住院治疗的脑卒中患者 75 例作为研究对象。纳入标准:符合中华医学会公布的《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018》的诊断标准<sup>[5]</sup>,经头颅 CT 或 MRI 确诊的初次发病的脑卒中患者;年龄 18~75 岁,性别不限;病程 < 3 个月;患侧下肢 Brunnstrom 分期 ≥ III 期;患侧下肢屈伸膝肌力 ≥ 3 级;下肢膝关节肌张力改良 Ashworth 评定 < 2 级;患者在搀扶或监督下可平地行走 (Holden 步行功能分级 1~3 级);意识清楚,无认知障碍;签署知情同意书。排除标准:双侧肢体瘫痪;合并心、肝、肾等重要脏器功能减退或衰竭等重大疾病者;严重认知功能障碍,不能配合者;严重的下肢关节疾病或骨性关节炎者;伴随影响运动功能恢复的感觉功能障碍。经医院伦理委员会批准,所有入组患者均需要签署知情同意书,将符合标准的患者按照电脑随机数字法 (1:1:1) 分为 3 组,分别为 A 组:下肢康复机器人训练组;B 组:下肢等速肌力训练组;C 组:下肢康复机器人联合等速肌力训练组,每组 25 例。研究过程中,A 组 1 人、B 组 2 人、C 组 1 人中途退出试验。3 组在年龄、性别、病变侧别、病变性质等方面差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ),具有可比性,见表 1。

表 1 3 组患者的一般资料比较

组别	n	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	平均病程 (月, 95%CI)	病变侧(例)		病变性质(例)	
		男	女			左	右	脑出血	脑梗死
A 组	24	20	4	50.7 ± 11.5	2.3(2.0~2.6)	9	15	12	12
B 组	23	19	4	54.6 ± 11.4	2.2(1.9~2.5)	12	11	10	13
C 组	24	18	6	56.7 ± 12.6	1.8(1.4~2.2)	13	11	11	13

### 1.2 方法

3 组病人都接受脑卒中常规康复治疗,A 组增加下肢康复机器人训练,B 组增加下肢等速肌力训练,C 组增加下肢康复机器人联合等速肌力训练。  
①下肢常规康复训练包括:运动治疗,通过神经促通技

术诱发患者下肢分离运动训练、肌力训练、主动控制训练,同时进行转移训练、站立平衡训练、步行训练等,每次 40min。物理因子治疗:电子生物反馈、神经肌肉电刺激等治疗,每次 40min。以上康复治疗每周训练 6 次,共训练 6 周。  
②下肢康复机器人训练:采用智能反馈训练系统 A1,由可调式站立床、减重支持装置、虚拟步态系统及智能反馈系统组成。训练前利用减重支持装置将患者和机器人绑定,固定好绑带、腿部驱动装置和脚踏板。开机后根据患者情况调节站立床高度,选择主动运动模式和双腿踏步模式。设置双腿活动范围 (0~25°),以及步频 (1~80 步/min),每次训练 20min,每周 6 次,共 6 周。  
③等速肌力训练:采用 HUMAC NORM 等速测试训练系统(美国,CSMI)进行偏瘫侧下肢膝关节的屈、伸肌的等速肌力训练。患者呈坐位,调节座位和靠背高度,通过尼龙带和滚轮固定身体,系好安全带,连接动力仪的阻力垫固定在患侧小腿内踝上缘 3cm 处,动力仪的动力轴轴心平对患者膝关节的股骨外侧髁,测试前测试患者下肢重量,并用测试结果进行下肢重量校正,以排除下肢运动时的重力作用。每次训练前测试 3 次亚极量屈/伸膝关节,然后尽力屈伸至最大范围,开始训练。训练模式为普通等速向心/离心模式,训练速度设定:向心 60°/s 离心 90°/s、向心 120°/s 离心 150°/s、向心 180°/s 离心 210°/s,每组角速度屈肌群及伸肌群分别训练 15 次,间隙休息 30s,每天训练 1 次,每周 6d,共 6 周。

### 1.3 评定标准

分别于治疗前及治疗 6 周后进行下肢运动功能评定,评定项目包括:①下肢等速肌力测定:采用 HUMAC NORM 等速测试训练系统,选取 60°/s、120°/s 及 180°/s 作为测试角速度,检测患者下肢屈膝肌及伸膝肌力量,选取峰力矩值作为评价指标<sup>[6]</sup>;②下肢 Fugl-Meyer 量表 (Fugl-Meyer Assessment, FMA):总分 34 分,包括 6 大项 17 小项内容,每项评分 2 分,运动功能越好,评分越高<sup>[7]</sup>;③Berg 量表 (Berg Balance Scale, BBS):总分 56 分,包括 14 项内容,每项 0~4 分共 5 级,平衡功能越好,评分越高<sup>[8]</sup>;④Holden 步行功能分级:共分为 0~5 共 6 个等级,步行能力越好,等级越高<sup>[9]</sup>。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 进行统计学分析,计量资料符合正态分布,数据用  $\bar{x} \pm s$  表示,3 组间数据比较先采用单因素方差分析,再进行两两比较 (least significant difference, LSD),组内比较采用配对  $t$  检验,若数据不服从正态分布或方差不齐,采用非参数检验;计数资料采用  $\chi^2$  检验;等级资料采用非参数秩和检验; $P < 0.05$  表明差异有统计学意义。

2 结果

2.1 下肢等速肌力测试结果比较 与治疗前相比,3组患者治疗6周后在角速度60°/s、120°/s及180°/s下的伸膝肌及屈膝肌峰力矩值均明显提高( $P < 0.05$ )。治疗后3组之间比较,A组和B组治疗后的伸膝肌及屈膝肌峰力矩值差异无统计学差异( $P > 0.05$ ),但C组在不同角速度下的伸膝肌及屈膝肌峰力矩值高于A组和B组( $P < 0.05$ ),见表2,3。

2.2 FMA评分及BBS评分比较 与治疗前相比,3组患者治疗后FMA评分及BBS评分均明显提高( $P < 0.05$ )。治疗后3组之间比较,FMA评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ );BBS评分A组和B组之间差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),C组明显高于A组和B组( $P < 0.05$ ),见表4。

2.3 Holden步行功能分级比较 与治疗前相比,3组患者Holden步行功能分级有所提升,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。治疗后3组之间比较,患者Holden步行功能分级无显著差异( $P > 0.05$ ),见表5。

表2 3组患者治疗前后不同角度下伸膝肌峰力矩值比较  
N·m,  $\bar{x} \pm s$

组别	n	时间	伸肌 60°/s	伸肌 120°/s	伸肌 180°/s
A组	24	治疗前	50.33±8.68	39.58±7.88	29.08±8.06
		治疗后	61.67±10.39 <sup>ab</sup>	51.04±10.78 <sup>ab</sup>	39.92±10.21 <sup>ab</sup>
B组	23	治疗前	52.04±9.19	41.04±8.90	30.25±8.06
		治疗后	61.25±8.38 <sup>ab</sup>	50.92±9.93 <sup>ab</sup>	40.13±10.33 <sup>ab</sup>
C组	24	治疗前	50.95±8.80	39.88±8.22	29.33±8.11
		治疗后	67.83±11.28 <sup>a</sup>	57.88±11.32 <sup>a</sup>	46.38±11.59 <sup>a</sup>

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与C组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

表3 3组患者治疗前后不同角度下屈膝肌峰力矩值比较  
N·m,  $\bar{x} \pm s$

组别	n	时间	屈肌 60°/s	屈肌 120°/s	屈肌 180°/s
A组	24	治疗前	27.83±9.06	21.75±8.33	16.00±8.06
		治疗后	37.67±10.41 <sup>ab</sup>	34.04±10.78 <sup>ab</sup>	28.20±9.73 <sup>ab</sup>
B组	23	治疗前	29.67±8.94	24.54±9.10	18.29±8.32
		治疗后	37.88±8.85 <sup>ab</sup>	34.00±9.13 <sup>ab</sup>	28.08±9.59 <sup>ab</sup>
C组	24	治疗前	28.87±8.66	24.04±9.24	18.54±7.73
		治疗后	46.96±12.20 <sup>a</sup>	42.42±11.21 <sup>a</sup>	35.79±11.44 <sup>a</sup>

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与C组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

表4 3组患者治疗前后FMA评分及BBS评分比较  
分,  $\bar{x} \pm s$

组别	n	时间	FMA	BBS
A组	24	治疗前	22.35±2.76	28.96±4.75
		治疗后	27.00±3.63 <sup>a</sup>	33.82±7.41 <sup>ab</sup>
B组	23	治疗前	22.13±3.58	28.47±6.35
		治疗后	26.69±4.26 <sup>a</sup>	34.87±8.27 <sup>ab</sup>
C组	24	治疗前	20.74±2.16	28.48±4.44
		治疗后	28.26±3.99 <sup>a</sup>	39.87±7.08 <sup>a</sup>

与治疗前比较,<sup>a</sup> $P < 0.05$ ;与C组治疗后比较,<sup>b</sup> $P < 0.05$

表5 3组患者治疗前后的Holden步行功能分级比较 例

组别	时间	n	0级	1级	2级	3级	4级	5级
A组	24	治疗前	0	5	14	5	0	0
		治疗后	0	3	6	8	6	1
B组	23	治疗前	0	8	10	5	0	0
		治疗后	0	1	9	7	5	1
C组	24	治疗前	0	7	13	4	0	0
		治疗后	0	2	6	8	5	3

各组与组内治疗前相比, $P < 0.05$

3 讨论

下肢康复机器人是一种将康复医学和计算机科学、生物力学、机器人等多领域结合的自动化康复训练设备,能通过模拟正常步行规律,恢复神经系统对下肢的控制能力,最终达到恢复运动功能的目的<sup>[10-11]</sup>。卢建亮等<sup>[12]</sup>将60名患者分为下肢康复机器人训练组和减重步行训练组,通过8周治疗后发现下肢康复机器人训练在提高下肢肌力方面优于减重步行训练。Westlake等<sup>[13]</sup>研究发现下肢康复机器人能显著提升行走速度、改善步长及平衡功能,效果优于传统跑步机训练。本研究结果显示下肢康复机器人组治疗6周后的峰力矩值、FMA评分、BBS评分及Holden步行功能分级较治疗前均有所改善,提示下肢康复机器人提高了患者患侧下肢肌力、平衡和步行能力,这一结果与既往文献相符<sup>[11-14]</sup>。

等速肌力训练又称调节抗阻运动,其利用仪器检测关节在训练中肌力的大小,相应调节所施加的阻力,使肌肉收缩充分、张力和收缩力平衡,具有较高的客观性、高效性、安全性和可重复性<sup>[15-17]</sup>,一般要求患者肢体具有一定的主动运动能力如布氏III期及以上功能。等速肌力测试训练系统不仅能进行康复训练,还能够测试肌力,与徒手肌力测试相比更加客观、准确<sup>[18-20]</sup>。其中峰力矩值能反映肌肉收缩最大力矩输出,代表肌肉收缩所产生的最大力量,具备较高的准确性和信度,是等速肌力测试的黄金指标<sup>[7]</sup>。同时,等速肌力测试在不同角速度下测试的结果反映肌肉不同性能,慢速测试如60°/s主要反映最大肌力水平,而快速测试如180°/s则体现肌肉耐力<sup>[21]</sup>。因此本研究选取3个角速度60°/s、120°/s及180°/s三个角速度全面评估患者下肢肌力水平。本研究结果表明等速肌力训练组治疗6周后的峰力矩值、FMA评分、BBS评分及Holden步行功能分级较治疗前均有所改善,提示等速肌力训练对于偏瘫下肢的康复效果肯定,这也与多数文献结论相符<sup>[16-19]</sup>。

此外,本研究发现,治疗6周后,患者屈膝、伸膝的峰力矩值和BBS评分改善情况,A组和B组之间差异

无统计学意义,说明下肢康复机器人或下肢等速肌力训练均可以较好改善患者下肢运动功能;但 C 组与 A 组和 B 组比较,差异有统计学意义,提示下肢康复机器人训练联合等速肌力训练能更有效改善脑卒中患者的下肢运动功能,比单纯应用下肢康复机器人训练或等速肌力训练效果更佳。本研究将两者结合起来应用为治疗脑卒中后下肢运动障碍提供了一种新组合。

本研究的不足:①由于每次评价项目比较多,耗时比较长,3 组患者仅在治疗 6 周前后进行了康复评价,治疗过程中未能给予评估,同时出院后患者去向不同,后续随访比较困难;②由于下肢机器人和下肢等速训练都会产生可见的下肢运动,无法模拟安慰治疗,因此,C 组患者在治疗时间上多于 A 组和 B 组这种类似问题将在今后的研究中继续优化。

综上所述,下肢康复机器人或等速肌力训练均能改善脑卒中患者下肢肌力,平衡功能和步行能力,但二者结合比单独应用疗效更佳,因此,可以在临床应用。

#### 【参考文献】

- [1] Wang W, Jiang B, Sun H, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in china: Results from a nationwide population-based survey of 480687 adults[J]. *Circulation*, 2017, 135(8):759-771.
- [2] Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery[J]. *Stroke*, 2016, 47(6):e98-e169.
- [3] Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Test-retest reliability of isokinetic muscle strength of the lower extremities in patients with stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2002, 83(8):1130-1137.
- [4] Ji J, Guo S, Song T, et al. Design and analysis of a novel fall prevention device for lower limbs rehabilitation robot[J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2018, 31(1):169-176.
- [5] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9):666-682.
- [6] Pablo B, Cassio V, Cory M, et al. Effects of stretching and fatigue on peak torque, muscle imbalance, and stability[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2018, 58(7-8):957-965.
- [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] 瓮长水, 王军, 王刚, 等. Berg 平衡量表在脑卒中患者中的构想效度[J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22(11):974-977.
- [9] 赵秋云, 林强, 杨婷, 等. 减重步行训练及肌张力对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(11):821-825.
- [10] 谢欲晓, 白伟, 张羽. 下肢康复训练机器人的研究现状与趋势[J]. *中国医疗器械信息*, 2010, 16(2):5-8.
- [11] Esquenazi A, Talaty M. Robotics for lower limb rehabilitation[J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2019, 30(2):385-397.
- [12] 卢建亮, 陈卓铭, 吴浩, 等. 下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的康复作用[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2017, 17(5):334-339.
- [13] Westlake KP, Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2009, 6(18):1-11.
- [14] 王俊, 杨振辉, 刘海兵, 等. 下肢康复机器人在脑卒中患者步行障碍中的应用和研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2014, 29(8):783-788.
- [15] Abdel-Aziem AA, Soliman ES, Abdelraouf OR. Isokinetic peak torque and flexibility changes of the hamstring muscles after eccentric training: Trained versus untrained subjects[J]. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2018, 52(4):308-314.
- [16] 董仁卫, 郭琪, 刘诗琦, 等. 等速肌力测试和训练技术在脑卒中偏瘫患者临床康复中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2015, 30(2):207-210.
- [17] 杨华中, 吴莹莹, 周永生, 邓雯娇. 等速肌力训练对脑卒中偏瘫患者下肢功能恢复的影响[J]. *中国康复*, 2015, 30(2):94-97.
- [18] Rabelo M, Nunes G S, Amante N, et al. Reliability of muscle strength assessment in chronic post-stroke hemiparesis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2016, 23(1):26-36.
- [19] Noorizadeh DS, Talebian S, Olyaei G, et al. Reliability of isokinetic normalized peak torque assessments for knee muscles in post-stroke hemiparesis[J]. *Gait Posture*, 2008, 27(4):715-718.
- [20] Watanabe M, Suzuki M, Sugimura Y, et al. The relationship between bilateral knee muscle strength and gait performance after stroke: the predictive value for gait performance[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(10):3227-3232.
- [21] Green B, Bourne MN, Pizzari T. Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 2018, 52(5):329-336.

本刊办刊方向:

立足现实 关注前沿 贴近读者 追求卓越