

· 临床研究 ·

下肢康复机器人训练对脑卒中患者运动功能恢复的影响

罗艳 施加加 孙莹 王洪军 徐建红 杨菊

【摘要】 目的 观察下肢康复机器人联合常规康复训练对脑卒中患者下肢运动功能恢复的影响。**方法** 采用随机数字表法将 40 例恢复期脑卒中患者分为观察组及对照组,每组 20 例。2 组患者均给予常规康复干预,对照组在此基础上增加治疗师徒手辅助下肢步行训练,观察组则在常规康复训练基础上增加下肢康复机器人辅助步行训练。于治疗前、治疗 12 周后分别采用 Berg 平衡量表(BBS)、简式 Fugl-Meyer 评分(FMA)、改良 Barthel 指数(MBI)评分、功能性步行分级(FAC)及 10 m 最大步行速度(10 m MWS)对 2 组患者疗效进行评定。**结果** 治疗后 2 组患者 BBS、FMA 评分及 FAC 分级均较治疗前明显改善($P < 0.05$),并且治疗组患者 BBS 评分[(45.00 ± 4.47)分]、FMA 评分[(28.67 ± 3.66)分]、FAC 分级[(3.55 ± 0.94)级]及 10 m MWS[(0.83 ± 0.23)m/s]均显著优于对照组,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$);治疗后 2 组患者 MBI 评分(除大便控制以外)均较治疗前明显改善,并且观察组患者如厕评分[(7.50 ± 2.02)分]、转移评分[(13.06 ± 1.65)分]、步行评分[(12.55 ± 2.04)分]、上楼梯评分[(8.20 ± 1.48)分]及 MBI 总分[(74.60 ± 7.74)分]均显著优于对照组,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 下肢康复机器人联合常规康复训练能显著改善脑卒中患者下肢运动功能及平衡能力,该联合疗法值得临床推广、应用。

【关键词】 下肢康复机器人; 脑卒中; 运动功能; 平衡功能

下肢运动及平衡功能障碍是脑卒中患者重要康复问题,不仅有损患者日常生活活动能力,而且对患者社会功能及心理健康等均造成负面影响^[1]。随着现代科技发展,先进的机器人技术被广泛应用于临床康复中,如 LokoHelp 型下肢康复机器人以步行训练为任务导向^[2],不仅可以量化患者训练强度,而且较治疗师徒手训练患者步行功能具有更好的稳定性及抗疲劳性。基于上述背景,本研究通过观察 LokoHelp 型下肢康复机器人联合常规康复训练对脑卒中患者下肢运动功能及平衡能力的影响,旨在为下肢康复机器人全面应用于脑卒中临床康复提供参考资料。

对象与方法

一、研究对象

选取 2013 年 1 月至 2013 年 11 月在我院接受康复治疗的脑卒中患者 40 例,患者入选标准包括:①符合第 4 次脑血管病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[3];②经颅脑 CT 或 MRI 等影像学检查证实;③均为首次发病,年龄 50 ~ 70 岁,生命体征稳定;④患者均为单侧肢体偏瘫,且偏瘫侧下肢 Brunnstrom 分期 ≥ III 期,功能性步行分级 ≥ 2 级(可在一人间断或持续扶持下步行),认知功能尚可,能积极配合康复训练;⑤所有患者均签署知情同意书,并经伦理委员会许可;⑥无其他明显影响下肢运动功能及心肺功能的疾病;⑦剔除蛛网膜下腔出血、短暂性脑缺血发作及可逆性缺血性神经功能缺失等患者。采用随机数字表法将上述患者分为观察组和对照组,每组 20 例。观察组共有男 10 例,女 10 例;平均年龄(63.5 ± 4.0)岁;平均病程

(5.9 ± 1.4)周;脑梗死 11 例,脑出血 9 例;左侧偏瘫 8 例,右侧偏瘫 12 例。对照组共有男 12 例,女 8 例;平均年龄(62.7 ± 4.0)岁;平均病程(6.7 ± 1.7)周;脑梗死 13 例,脑出血 7 例;左侧偏瘫 9 例,右侧偏瘫 11 例。2 组患者性别、年龄、病程及疾病类型等方面组间差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

二、训练方法

2 组患者均给予常规康复干预,以运动再学习训练(包括上肢功能训练、从仰卧位到床边坐起训练、坐位平衡训练、站起与坐下训练、站立训练及行走训练等)为主,每次训练 40 min,每天训练 2 次;同时针对偏瘫侧上、下肢给予功能性电刺激,每次治疗 20 min,每天治疗 1 次。上述治疗每周治疗 5 d,共持续治疗 12 周。

对照组患者在上述常规康复训练基础上辅以下肢步行训练(由治疗师徒手给予辅助),每次训练 30 min,每天训练 1 次。观察组患者则在常规康复训练基础上采用下肢康复机器人进行辅助步行训练,选用德国产 LokoHelp 型辅助下肢步行机器人训练系统,该设备由电脑控制,主要由减重悬吊系统、跑台系统、步态训练系统、生命体征检测系统及设备故障报警系统等组成。具体训练方法如下:①由专业康复治疗师帮助、指导患者穿戴上躯干护具(护具底部位于患者髂前上棘以上 2 cm 处),将绕过腹股沟的束缚带拉紧,使减重作用力更多作用于躯干而非腹股沟(尽量减轻束缚带对男性生殖器的压迫);②指导患者穿着合适尺码步行靴,尽量使患者足踝贴紧步行靴后壁,并将位于踝关节处的卡扣拉紧,再将步行靴与跑台系统中的驱动轴连接并锁定;③由经过专业培训的治疗师操作减重系统,减重力以患者体重的 30% 为宜^[4],调整患者重心位于跑台滑轨中间,如训练时患者重心发生前、后向移动,可采用橡皮带加以固定,并根据患者位置及下肢长度对下肢康复机器人装置进行调整;④待减重操作完成后,于患者腰部及胸部分别用 2 根弹力绷带在水平方向上加固定,尽可能使患者躯干在步行过程中保持稳定;⑤跑台系统引导力一般设置在

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.05.012

作者单位:215300 苏州,昆山市康复医院康复医学科(罗艳、施加加、孙莹、王洪军、徐建红);江苏省昆山市中医院康复医学科(杨菊)

通信作者:杨菊,Email:yangj_ks@163.com

30%左右,步行速度设置为 0.4~1.2 m/s,实际训练过程中根据患者自身康复情况逐步减小减重力并提高跑台速度;⑥启动步态训练系统及生命体征检测系统,通过电脑显示器观察各项训练参数及生命体征数据,同时密切观察患者训练时状态,一旦出现任何危害患者生命健康的情况或患者感觉不适时须立即终止训练。上述康复机器人辅助训练每天持续 30 min,每天训练 1 次。

三、疗效评定标准

于治疗前和治疗 12 周后(治疗后),分别对 2 组患者进行疗效评定。采用 Berg 平衡量表(Berg balance scale,BBS)评定患者平衡能力,该量表共有 14 项,每项最高分 4 分,最低分 0 分,总分 64 分,得分越高表示患者平衡功能越好^[5];采用简式 Fugl-Meyer 量表(Fugl-Meyer assessment,FMA)^[6]下肢部分对患者下肢分离运动功能进行评定,该量表共有 17 个检测项目,每项评定结果分为 3 个等级,分别计 0~2 分,满分 34 分,得分越高表示患者下肢分离运动功能越好;采用 Holden 步行功能分级量表(functional ambulation category,FAC)^[7]评定患者下肢在平面上的行走能力,其评定结果分为 6 个级别(分别计 0~5 分),级别越高表示患者平地步行能力越好;采用改良 Barthel 指数(modified Barthel index,MBI)^[8]评价患者日常生活活动能力,总分为 100 分,分值越大表示患者日常生活活动能力越好;采用 10 m 最大步行速度(10 m maximum walking speed,10 m MWS)^[9]评定患者步行能力,用秒表测量患者下肢跨进 3.0 m 标记线至跨出 13.0 m 标记线所需时间(精确到 0.01 s);由于治疗前有部分患者步行能力较弱,故本研究患者治疗前 10 m MWS 数据未纳入分析。

四、统计学分析

本研究所得数据以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 17.0 版统计学软件包进行数据分析,计量资料比较采用 *t* 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

治疗前,2 组患者 BBS 评分、FMA 评分、FAC 分级及 10 m MWS 组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,2 组患者

BBS 评分、FMA 评分及 FAC 分级均较治疗前明显改善($P < 0.05$);并且上述指标(包括 10 m MWS)均以观察组患者的改善幅度较显著,与对照组间差异均有统计学意义($P < 0.05$),具体数据见表 1。

表 1 治疗前、后 2 组患者 BBS、FMA、FAC 及 10 m MWS 评定结果比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BBS(分)	FMA(分)	FAC(级)	10 m MWS(m/s)
观察组					
治疗前	20	23.00 ± 4.93	15.73 ± 2.52	2.40 ± 0.68	—
治疗后	20	45.00 ± 4.47 ^{ab}	28.67 ± 3.66 ^{ab}	3.55 ± 0.94 ^{ab}	0.83 ± 0.23 ^b
对照组					
治疗前	20	23.33 ± 3.68	14.47 ± 2.00	2.45 ± 0.51	—
治疗后	20	41.73 ± 3.17 ^a	24.47 ± 3.56 ^a	2.95 ± 0.76 ^a	0.78 ± 0.38

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

治疗前,2 组患者 MBI 各项评定指标结果组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,除了大便控制以外,2 组患者其他各项 MBI 评定指标均较治疗前明显改善($P < 0.05$);进一步比较发现,观察组患者治疗后其如厕项、转移项、步行项、上楼梯项及 MBI 总分均显著优于对照组水平,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$),具体数据见表 2。

讨 论

恢复期脑卒中患者在转移或行走过程中容易形成异常运动模式,对其日常生活活动能力造成严重影响,如何重建患者躯干中立位及有效控制重心转移非常重要^[10]。多数脑卒中患者下肢站立能力及步行功能较差,治疗师在保证患者躯干稳定性前提下,很难对其髋、膝、踝、足关节控制及步态进行有效干预,同时徒手步行训练的稳定性、安全性亦受诸多因素影响^[11],而这些不利因素在下肢康复机器人训练中均可以有效避免^[12]。下肢康复机器人系统具有较好的稳定性及安全性,在训练过程中通过定向诱导方式,反复强化训练步行周期中正常运动模式^[13],将步行三要素(即负重、迈步、平衡)有机结合,强调在真实步行环境中对步行各成分进行训练,有助于患者大脑运动中

表 2 2 组患者治疗前、后 MBI 各项指标评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	进食	洗澡	个人卫生	穿衣	大便控制	小便控制
观察组							
治疗前	20	3.30 ± 2.45	1.34 ± 0.66	1.22 ± 0.55	2.84 ± 1.38	6.34 ± 1.42	5.14 ± 2.35
治疗后	20	6.31 ± 2.56 ^{ab}	2.90 ± 1.70 ^{ab}	2.86 ± 1.77 ^{ab}	4.77 ± 2.65 ^{ab}	7.96 ± 1.04 ^{ab}	7.74 ± 1.44 ^{ab}
对照组							
治疗前	20	3.55 ± 2.42	1.12 ± 0.71	1.34 ± 0.49	3.01 ± 1.26	7.01 ± 1.71	5.25 ± 2.51
治疗后	20	6.02 ± 2.73 ^a	3.01 ± 1.47 ^a	2.64 ± 1.63 ^a	4.86 ± 3.05 ^a	8.18 ± 1.22 ^a	8.00 ± 1.53 ^a

组别	例数	如厕	转移	步行	上楼	MBI 总分
观察组						
治疗前	20	3.22 ± 2.03	7.00 ± 3.30	6.07 ± 3.34	3.41 ± 1.86	40.73 ± 5.64
治疗后	20	7.50 ± 2.02 ^{ac}	13.06 ± 1.65 ^{ac}	12.55 ± 2.04 ^{ac}	8.20 ± 1.48 ^{ac}	74.60 ± 7.74 ^{ab}
对照组						
治疗前	20	3.04 ± 1.98	7.25 ± 3.46	6.23 ± 3.21	3.53 ± 2.13	41.33 ± 4.48
治疗后	20	5.54 ± 3.42 ^a	11.34 ± 2.11 ^a	10.09 ± 3.00 ^a	6.45 ± 2.47 ^a	66.60 ± 6.90 ^a

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

枢重新获得对下肢运动的控制功能,对患者下肢运动功能恢复具有重要意义。本研究所使用的 LokoHelp 型下肢康复机器人系统能针对脑卒中患者步态进行强化训练,并能在训练过程中对患者步长、步速、步宽、支撑相、摆动相以及运动中髌、膝、踝、足关节活动度等进行有效调控,同时通过悬吊系统调整患者重心前移,促使其足底前部承重,从而形成足部压力反馈,有助于治疗师随时掌握患者训练时状况^[14]。

通过对本研究结果分析后发现,观察组患者治疗后其 BBS 评分较对照组明显改善($P < 0.05$),提示下肢康复机器人训练能显著提高脑卒中患者静态及自动态平衡功能,其作用机制可能是在机器人悬吊系统不对称减重作用下,患者偏瘫侧肢体承重能力增强,同时偏瘫侧肢体站立相时间增加,机体髌、膝、踝、足等关节能充分练习标准化摆动,有助于患者重新控制骨盆及躯干功能^[14-16];治疗后观察组患者下肢 FMA 评分、FAC 分级及 10 m MWS 均较对照组明显改善($P < 0.05$),提示观察组患者下肢运动能力及步行能力恢复均显著优于对照组,其作用机制可能是下肢康复机器人步行训练相对于徒手步行训练对患者站立能力要求较低,其悬吊系统能保证患者躯干稳定性并有助于尽早开展下肢步行训练,患者训练依从性亦较好^[17],同时患者在跑台上借助步行靴的机械带动作用,能在直立状态下充分活动髌、膝、踝、足关节,特别是步行训练中偏瘫侧髌关节充分后伸及膝关节充分屈曲,能激活髂腰肌及股四头肌肌梭神经元^[18],为患者摆动相步行动作做准备,通过机器人辅助系统反复练习正常模式下步行动作,能促进大脑运动中枢相关脑区激活与重组^[19],进一步提高患者下肢运动功能及步行能力^[20]。治疗后观察组患者如厕、转移、步行、上楼梯功能及 MBI 总分均显著优于对照组水平($P < 0.05$),提示下肢机器人辅助步行训练在改善脑卒中患者平衡及步行功能同时,还能进一步提高患者日常生活活动能力,促进患者早日回归家庭及社会^[21]。

综上所述,本研究结果表明,康复机器人辅助步行训练联合常规康复训练可进一步改善脑卒中患者下肢运动功能、平衡能力及日常生活活动能力,该联合疗法值得推广、应用;需要指出的是,机器人辅助训练系统也有一定副作用,如骨盆悬吊带对男性患者生殖器挤压造成的伤害,腰腹部及大腿上部束缚带对机体血液循环的影响,患者在训练过程中容易过分劳累而出现低血糖等不良反应,同时本研究评价指标以功能性量表评估居多,客观量表数据(如步态分析)偏少,故本课题结果还需后续研究采用更多客观评价指标进一步证实。

参 考 文 献

- [1] Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review[J]. Lancet Neurol, 2009, 8(8): 741-745.
- [2] 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[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(2): 155-157.
- [3] 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(6): 379-380.
- [4] Mayr A, Kofler M, Qairbach E, et al. Prospective, blinded, randomized crossover study of gait rehabilitation in stroke patients using the lokomat gait orthosis[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2007, 21(4): 307-314.
- [5] 傅建明,童仕高,陈迎春,等. 悬吊运动疗法对脑卒中偏瘫患者平衡功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(12): 926-927.
- [6] 李辉,傅建明,顾旭东,等. 下肢康复机器人训练联合心理干预对脑卒中后抑郁及肢体功能恢复的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(8): 630-633.
- [7] 吴华,李岩,顾旭东,等. 功率自行车运动训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能及步行能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2011, 33(8): 599-601.
- [8] 王伟,李岩,吴华,等. 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[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(6): 464-467.
- [9] 施加加,孙莹,李周. 神经松动术对偏瘫患者下肢运动功能的影响[J]. 中国康复, 2013, 28(1): 20-22.
- [10] 钟杰,鲁凤琴,王高岸. 减重步行训练对脑卒中患者下肢运动功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2008, 30(7): 489-490.
- [11] 毕胜,季林红,纪树荣,等. 依据神经康复原则应用机器人对脑卒中和脑外伤患者上肢运动功能障碍的康复训练[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(8): 523-527.
- [12] 锁冬梅,范金涛,傅帆,等. 机器人辅助步行训练在康复领域中的研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(4): 330-332.
- [13] Borggraeve I, Kiwull L, Schaefer JS, et al. Sustainability of motor performance after robotic-assisted treadmill therapy in children: an open, non-randomized baseline-treatment study[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2010, 46(2): 125-131.
- [14] Wesdake KP, Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual. Assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke[J]. J Neuroeng Rehabil, 2009, 12(1): 18-22.
- [15] 李奎,付奕,李鑫,等. 稳定极限训练的踝关节策略对脑卒中恢复期患者平衡及步态的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34(2): 113-115.
- [16] Combos SA, Dugan EL, Passmore M, et al. Balance, balance confidence, and health-related quality of life in persons with chronic stroke after body weight-supported treadmill training[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91(12): 1914-1919.
- [17] Laufer Y, Dickstein R, Chefetz Y, et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: a randomized study[J]. J Rehabil Res Dev, 2001, 38(1): 69-78.
- [18] 李岩,吴华,姚云海,等. 下肢康复机器人系统和减重平板训练对脑卒中偏瘫患者步行能力及步态的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(6): 464-467.
- [19] Westlake KP, Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recover post-stroke[J]. J Neuroeng Rehabil, 2009, 6(1): 18.
- [20] 郝正玮,李建民,赵雅宁,等. 下肢康复训练机器人的研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 34(11): 862-864.
- [21] Neckel ND, Blonien N, Nichols D, et al. Abnormal joint torque patterns exhibited by chronic stroke subjects while walking with a prescribed physiological gait pattern[J]. J Neuroeng Rehabil, 2008, 5(1): 19.

(修回日期:2014-09-30)

(本文编辑:易 浩)