

·临床研究·

下肢康复机器人训练对脑卒中偏瘫侧膝关节本体感觉的影响

王大武¹ 白定群^{1,2} 邵岚¹ 夏新蜀¹ 余和平¹ 李小宏¹ 林海丹¹ 陈大为¹ 李开庭¹ 雷颺¹ 张韬¹

摘要

目的:观察下肢康复机器人辅助步态训练与常规物理治疗对脑卒中患者偏瘫侧膝关节本体感觉影响的差异性。

方法:选取脑卒中恢复期偏瘫患者29例,按随机数字表法随机分为下肢康复机器人治疗组(15例)和对照组(14例)。对照组接受常规物理治疗,治疗组在常规物理治疗的基础上增加下肢康复机器人训练。两组患者均于治疗前及治疗3周后应用被动定位被动复位(passive reproduction of passive positioning protocol, PRPP)、运动变化阈值(threshold to detect passive motion, TDPM)的方法测量偏瘫侧膝关节本体感觉位置觉、运动觉,以及站立位前伸试验(standing forward reach test, SFRT)、躯干平衡量表测试(trunk impairment Scale, TIS),并比较。

结果:两组患者经不同治疗后,发现机器人治疗组偏瘫侧膝关节45°目标PRPP(7.5 ± 1.08)°、15°目标PRPP(14.9 ± 2.71)°,伸膝TDPM(5.4 ± 1.98)°、屈膝TDPM(4.3 ± 1.25)°,SFRT(11.1 ± 1.72)cm, TIS动态坐位平衡(8.4 ± 0.21)分、协调性(3.4 ± 0.32)分、总分(17.1 ± 1.81)分。机器人治疗组较治疗前及对照组均有明显改善,差异具有显著性意义($P < 0.05$)。但两组患者75°目标PRPP及TIS静态坐位平衡无显著差异($P > 0.05$)。

结论:下肢康复机器人辅助步态训练能显著改善脑卒中患者偏瘫侧膝关节本体感觉及平衡功能,对改善肢体功能、提高患者生存质量具有重要意义。

关键词 康复机器人;步态训练;脑卒中;本体感觉;平衡功能

中图分类号:R743.3, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-09-950-05

Effects of robotic-assisted gait training on proprioception of hemiparetic knee in patients after stroke/
WANG Dawu, BAI Dingqun, SHAO Lan, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(9):
950—954

Abstract

Objective: To compare the effects of robot-assisted gait training and conventional physical therapy on proprioception of the affected knee after stroke.

Method: Twenty-nine participants with hemiparetic stroke within 1 month after onset were recruited and allocated to either the robot-assisted gait training group ($n = 15$) or conventional physical therapy group ($n = 14$). The robot-assisted gait training group received 30 minutes of robot-assisted gait training and 30 minutes of conventional physical therapy each day, whereas the control group received 60 minutes of conventional physical therapy daily. Changes in proprioception were investigated with passive reproduction of passive positioning protocol (PRPP), threshold to detect passive motion (TDPM), standing forward reach test (SFRT) and trunk impairment scale (TIS).

Result: Comparing ed with the control group, patients in the robot-assisted gait training group have better proprioception as measured with PRPP (7.5 ± 1.08 ° at start position 45°, and 14.9 ± 2.71 ° at 15°), TDPM (5.4 ± 1.98 °/ 4.3 ± 1.25 °), SFRT (11.1 ± 1.72)cm, and dynamic TIS (8.4 ± 0.21 , coordination 3.4 ± 0.32). No significant dif-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.09.004

1 重庆医科大学附属第一医院康复医学科,重庆,400016; 2 通讯作者

作者简介:王大武,男,博士,主治医师; 收稿日期:2015-09-20

ference in PRPP at 75° and static TIS was found between the two groups.

Conclusion: The results indicate that robot-assisted gait training is beneficial for improving proprioception and trunk control in patients with hemiparetic stroke.

Author's address The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, 400016

Key word rehabilitation robotics; gait training; stroke; proprioception; balance

脑卒中不但损害患者肢体运动功能,而且偏瘫侧肢体的本体感觉及平衡功能也降低。研究报道^[1],约50%的脑卒中幸存者存在本体感觉缺失,阻碍了患者肢体运动功能恢复,降低了患者的生存质量。下肢康复机器人是近年来国内外发展起来的步态训练新技术,该治疗通过提供减重支持,在平板上强化给予持续性、对称性下肢运动轨迹,从而改善了肢体运动功能^[2-3],但对偏瘫侧膝关节本体感觉的影响,目前未见相关文献报道。基于上述研究背景,本研究拟通过随机对照试验观察下肢康复机器人对脑卒中患者偏瘫侧膝关节位置觉、运动觉变化情况,以期为临床治疗提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

纳入标准:①临床经头颅CT/MRI检查确诊为脑梗死或脑出血,疾病诊断符合全国第4次脑血管病会议制订的相关诊断标准;②初次发作,单侧脑卒中,且发病后1月之内;③所有受试者经临床查体(位置觉及振动觉)存在偏瘫侧下肢本体感觉障碍;④病情稳定,神志清楚,言语表达及理解力好,能配合完成实验;⑤下肢Brunnstrom运动分期:Ⅱ—Ⅳ期。

排除标准:①脑卒中合并肢体忽视症;②合并周围神经炎;③合并严重疼痛膝关节骨性关节炎、关节挛缩;④合并腰椎间盘突出症、椎管狭窄症等腰腿痛发作。

选取2014年3月—2014年8月在我科住院康复治疗的脑卒中患者共29例。按随机数字表法分为下肢康复机器人治疗组(15例)和对照组(14例)。两组患者一般情况见表1。经统计学分析,组间差异无显著性意义($P > 0.05$)。本研究获得重庆医科大学附属第一医院医学伦理委员会批准。

1.2 治疗方法

所有两组患者均接受每周5天,每天2个治疗时

表1 受试者一般资料

	机器人治疗组	对照组	P
性别(例)			0.416
男	11	11	
女	4	3	
年龄(岁)	60.34±12.67	59.12±14.13	0.293
简易智能量表	27.00±1.63	26.75±1.42	0.138
脑卒中病史(d)	20.17±3.35	22.02±2.83	0.492
偏瘫侧(例)			0.758
右侧	6	8	
左侧	9	6	
损伤类型(例)			0.604
脑梗死	5	6	
脑出血	10	8	

段,连续3周共30个治疗时段的治疗。机器人治疗组患者每天接受30min机器人辅助步态训练及30min常规物理治疗,而对照组患者每天接受2次30min常规物理治疗。在研究期间,允许两组所有患者接受同样强度、同样频率的其他康复治疗,如作业治疗。

常规物理治疗:包括基于Bobath神经发育疗法、本体感觉神经肌肉易化技术(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)、肌力训练、坐位平衡训练、电动起立床训练(必要时减重支持)、转移训练,3—4期患者亦在治疗师辅助下给予站立平衡及步行训练。

下肢机器人辅助步态训练:应用下肢康复机器人A3(广州一康医疗设备实业有限公司)步态训练,减重支持从30%逐步减至0%、矫形腿导向力从100%逐步减至10%,随着导向力的逐步降低,患者逐渐主动运动髌、膝关节肌肉,从而主动参与步态训练。运动平板速度从1.2km/h逐步按0.2—0.4km/h速度增加至最快达2.6km/h。上述所有参数均根据患者进行个性化调整,将安装设备及操作仪器的时间排除在外,实际步态训练的时间每次为30min。

1.3 偏瘫侧膝关节本体感觉评定

膝关节本体感觉包括关节位置觉及关节运动觉。测量由一名不知道患者分组情况的医师在本试

验治疗开始前及治疗结束后应用等速仪器——膝关节连续被动运动(continuous passive movement, CPM)仪(德国)完成。受试者于仰卧位,偏瘫侧下肢置于CPM仪上,膝关节轴心对准CPM仪的旋转活动轴心,受试者嘱其穿短裤以尽可能减少在测试过程中服装对皮肤的刺激感觉传入。患者带上非透明眼罩,去除视觉对本体感觉的影响。

膝关节位置觉:参照文献^[4]并适当改良,采用被动定位被动复位(passive reproduction of passive positioning protocol, PRPP)的方法测定患者偏瘫侧膝关节的位置觉。测试开始时受试者的膝关节处于屈曲90°位,然后CPM仪按4°/s的运动速度将膝关节被动伸直至75°、45°、15°三个不同目标位置,并且在各个不同位置各停留5s使患者识记三种不同膝关节屈曲角度,这个程序可重复2次,使患者充分熟悉测试流程及不同膝关节目标屈曲角度位置。正式测试前,将CPM停止按钮置于患者手中。CPM仪将膝关节再回到屈曲90°位,以1°/s的运动速度将膝关节被动伸直,嘱患者感觉到3个相应目标位置时按停止按钮。记录目标角度与患者被动复位的实际移动角度之差的绝对值,代表关节的位置觉,每个目标角度重复测试3次,取平均值。差值绝对值越大,表示位置觉越差。

膝关节运动觉:参照文献^[5],采用检测被动运动变化阈值(threshold to detect passive motion, TDPM)的方法测定患者偏瘫侧膝关节的运动觉。测试开始前,每一例受试者被详细告知测试流程。膝关节开始测试的角度为30°,在一个随意的、不定时的暂停时段后,CPM仪以0.5°/s的速度被动屈或伸运动,当受试者感知到膝关节运动时按CPM仪停止按钮。嘱患者口头表达膝关节运动方向,同时记录膝关节启动角度与患者感知到运动时的角度之差值,取差值的绝对值代表膝关节的运动觉。差值绝对值越大,表示运动觉越差。每个受试者重复测试3次,取平均值。

1.4 平衡功能评定

测量由一名不知晓患者分组情况的医师在本试验治疗开始前及治疗结束后进行。在测试之前,将测试方法向受试者详细解释并演示。

站立位前伸试验(standing forward reach test,

SFRT)是一个信度较高的测量平衡及跌倒风险的方法^[6],患者前伸的距离越长,跌倒的风险越低。患者于站立位,上肢同肩高度自然前伸时为起始点,然后嘱患者上肢尽可能向前伸展,测量能达到的距离。每个受试者重复测试3次,取平均值。

躯干损伤量表(trunk impairment scale, TIS)测量平衡相关的躯干运动,该测量包括3个方面:静态坐位平衡、动态坐位平衡及协调性。每个方面包含3—10个评分点,TIS评分范围:0—23分。评分愈高,表示躯干运动及平衡愈好。

1.5 统计学分析

采用SPSS 17.0统计软件。连续变量资料先进行方差齐性检验,两组受试者人口统计数据中连续变量资料采用独立样本 t 检验,分类变量资料采用 χ^2 检验。试验测试结果数据采用重复测量方差分析法。

2 结果

经过3周治疗后,机器人治疗组偏瘫侧膝关节被动定位被动复位试验45°及15°时显著好于对照组,机器人治疗组分别为7.5±1.08及14.9±2.71,对照组为14.1±2.61及18.4±3.49;75°位置觉无显著性差异,见表2。

机器人治疗组膝关节运动觉阈值分别为5.4±1.98及4.3±1.25,显著低于对照组10.1±1.89及11.4±1.86,见表3。

机器人治疗组站立位前伸试验显著高于对照组。机器人治疗组TIS评分17.1±1.81显著高于对照组15.3±2.32,见表4。

被动定位 被动复位	机器人治疗组(n=15)		对照组(n=14)		P值
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	
75°	5.0±0.94	4.8±1.13	5.2±0.89	4.5±1.09	0.538
45°	17.6±2.16	7.5±1.08 ^①	15.3±2.65	14.1±2.61	0.022 ^②
15°	22.3±4.31	14.9±2.71 ^①	21.1±3.62	16.4±3.49 ^①	0.039 ^②

组内比较:① $P < 0.05$;组间比较:② $P < 0.05$

被动运动 变化阈值	机器人治疗组(n=15)		对照组(n=14)		P值
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	
伸膝	14.8±3.09	5.4±1.98 ^①	12.2±2.67	10.1±1.89 ^①	0.035 ^②
屈膝	11.6±2.01	4.3±1.25 ^①	13.8±3.11	11.4±1.86 ^①	0.041 ^②

组内比较:① $P < 0.05$;组间比较:② $P < 0.05$

表4 平衡功能评定 ($\bar{x} \pm s$)

	机器人治疗组(n=15)		对照组(n=14)		P值
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	
站立位前伸试验	6.3±0.97	11.1±1.72 ^①	6.1±1.06	8.5±0.81 ^①	0.037 ^②
躯干损伤量表					
静态坐位平衡	6.4±0.52	6.3±0.82	6.7±0.12	6.5±0.72	0.712
动态坐位平衡	6.1±0.32	8.4±0.21 ^①	6.5±0.56	7.0±0.11 ^①	0.026 ^②
协调性	2.3±0.72	3.4±0.32 ^①	2.4±0.81	3.3±0.22 ^①	0.063
总分	14.4±1.56	17.1±1.81 ^①	14.1±2.02	15.3±2.32 ^①	0.003 ^②

组内比较:① $P < 0.05$;组间比较:② $P < 0.05$

3 讨论

本研究为了阐明下肢康复机器人步态训练与常规物理治疗两种不同治疗方法对脑卒中患者偏瘫侧膝关节本体感觉影响的差异性,我们将受试者分为两组:常规物理治疗组及机器人辅助步态训练组。为了使两组患者具有可对比性,对于脑损伤重,发病后1个月内下肢功能Brunnstrom分期I期的患者未纳入本研究,本研究的所有受试者已在纳入标准中要求下肢Brunnstrom运动分期:II—IV期。

位置觉的测量方法有多种,本试验与早先研究者^[5]报道的膝关节本体感觉位置觉(joint position sense, JPS)测量方法相同,采用被动定位被动复位的方法探讨不同治疗组脑卒中患者偏瘫侧膝关节在三个不同角度(75°、45°、15°)的位置觉,应用等速仪器——膝关节CPM仪(德国)进行测试。PRPP这种位置觉的测量方法重测信度高^[7],是研究本体感觉位置觉的一种重要方法。也有其他学者应用被动定位主动复位的方法研究膝关节位置觉^[8],用等速仪器使膝关节被动到一定角度,然后使患者主动复位到目标角度,计算两者的差值。关于本体感觉运动觉的测量,本试验同其他大多数研究者^[8]采用被动运动变化阈值的方法进行运动觉研究,本研究应用膝关节CPM仪低速转动下,让受试者感觉运动是否发生,测定不同治疗组患者膝关节运动变化阈值。

Simo L报道^[9],基于感觉的心理物理学信号探测理论,应用机器人干预测试脑卒中后上臂的本体感觉,认为这种方法更能标准化、量化评定本体感觉,在脑卒中本体感觉丧失及肢体运动控制障碍的研究中发挥重要作用。

本试验两组患者经过3周治疗后,下肢机器人

辅助步态训练组偏瘫侧膝关节被动定位被动复位试验45°及15°位置觉显著性高于对照组,两组75°位置觉无显著性差异。机器人治疗组膝关节运动觉阈值显著性低于常规物理治疗组。机器人治疗组患者站立位前伸试验及TIS评分显著高于常规物理治疗组。上述结果证实下肢机器人辅助步态训练能显著改善脑卒中偏瘫侧膝关节本体感觉及平衡功能。

脑卒中本体感觉的训练方法有多种, Kim GM等^[10]通过对慢性期脑卒中患者颈部进行本体感觉训练,先对受试者颈部进行各方向的运动,然后嘱受试者自我感受颈部位置并主动将颈部恢复至中立位,这种训练方法有效地改善了脑卒中患者的本体感觉及平衡功能。有研究报道,运用一种新的步行鞋通过提供地面的反馈力及步行时发出的声音进行脑卒中本体感觉训练,改善了患者步速及步态^[11]。Kim SI等^[12]用一种虚拟情景进行本体感觉的训练,这种方法在控制视觉反馈参与后专门依赖本体感觉的反馈康复训练,改善了脑卒中患者肢体的本体感觉及运动控制。为了改善膝关节本体感觉, Hewett TE^[13]认为进行有节奏的主动运动、角度复位等感觉运动训练技术(sensorimotor training programs)能促进关节位置觉、运动觉的恢复。Ribeiro TS等^[14]应用PNF法对脑卒中患者进行肢体康复训练,改善了肢体运动功能及步态。

由于本试验在患者纳入标准中要求下肢Brunnstrom运动分期II—IV期,故所有受试者均不仅仅是躺在病床上行被动肌力训练、关节活动度训练及低频电刺激等物理治疗,均能耐受本试验的常规治疗。本研究对照组与机器人治疗组均在上午进行了一个治疗时段的常规物理治疗,包括肌力训练、关节活动度训练、转移、站立、PNF、治疗师辅助下步态及步行训练等。对照组在下午重复上午的治疗,而机器人组在下午则运用下肢康复机器人对脑卒中患者进行步态训练,相对治疗师人工辅助的步态训练,机器人辅助的步态训练能够提供高强度、持续性、对称性的运动轨迹及步态训练,在这种训练过程中通过对膝关节快速屈伸牵拉,从而强化及加大对肌梭、高尔基腱器官等肢体本体感觉器的刺激和中枢输入,改善了偏瘫侧膝关节的本体感觉。

同时本研究结果也证实两组患者经治疗后,每

组内比较位置觉、运动觉及平衡功能也有改善,即对照组经常规物理治疗后也能改善肢体本体感觉,与文献报道相同^[14-15]。只是组间比较时下肢机器人治疗组的位置觉、运动觉及平衡功能较对照组改善更显著。

由于本研究随访时间短,阐明了下肢康复机器人对脑卒中本体感觉的短期影响。为了观察下肢康复机器人对脑卒中患者偏瘫侧膝关节本体感觉的长期影响,我们需要进一步延长随访观察时间。

本试验揭示下肢康复机器人能够改善脑卒中偏瘫侧肢体的本体感觉及平衡功能,有利于脑卒中患者的运动控制,提高患者的生存质量。

参考文献

- [1] Carey LM, Matyas TA. Frequency of discriminative sensory loss in the hand after stroke in a rehabilitation setting[J]. *J Rehabil Med*, 2011, 43(3):257—263.
- [2] 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.
- [3] Husemann B, Müller 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[J]. *Stroke*, 2007, 38(2):349—354.
- [4] Fremerey RW, Lobenhoffer P, Zeichen J, et al. Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2000, 82(6):801—806.
- [5] Tyson SF, Sadeghi-Demneh E, Nester CJ. The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on strength, proprioception, balance and mobility in people with stroke: a randomized controlled cross-over trial[J]. *Clin Rehabil*, 2013, 27(9):785—791.
- [6] Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance[J]. *J Gerontol*, 1990, 45(6):M192—197.
- [7] Gross MT. Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgements of joint position[J]. *Phys Ther*, 1987, 67(10):1505—1509.
- [8] Ozenci AM, Inanmaz E, Ozcanli H, et al. Proprioceptive comparison of allograft and autograft anterior cruciate ligament reconstructions[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007, 15(12):1432—1437.
- [9] Simo L, Botzer L, Ghez C, et al. A robotic test of proprioception within the hemiparetic arm post-stroke[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2014, (11):77.
- [10] Kim GM, Oh DW. Neck proprioceptive training for balance function in patients with chronic poststroke hemiparesis: a case series[J]. *J Phys Ther Sci*, 2014, 26(10):1657—1659.
- [11] Johnson EG, Lohman EB, Rendon A, et al. The immediate effects of a novel auditory and proprioceptive training device on gait after stroke[J]. *Clin Pract*, 2011, 1(3):e46.
- [12] Kim SI, Song IH, Cho S, et al. Proprioception rehabilitation training system for stroke patients using virtual reality technology[J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2013, (2013):4621—4624.
- [13] Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2002, (402):76—94.
- [14] Ribeiro TS, de Sousa e Silva EM, Sousa Silva WH, et al. Effects of a training program based on the proprioceptive neuromuscular facilitation method on post-stroke motor recovery: a preliminary study[J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2014, 18(4):526—532.
- [15] Jung K, Kim Y, Chung Y, et al. Weight-shift training improves trunk control, proprioception, and balance in patients with chronic hemiparetic stroke[J]. *Tohoku J Exp Med*, 2014, 232(3):195—199.