

·临床研究·

## 下肢智能反馈训练系统对胸腰段 脊髓损伤患者功能恢复的影响\*

邵 岚<sup>1</sup> 白定群<sup>1,2</sup> 余和平<sup>1</sup> 王大武<sup>1</sup> 李小宏<sup>1</sup> 陈大为<sup>1</sup>

### 摘要

**目的:**观察下肢智能反馈训练系统对胸腰段脊髓损伤患者下肢运动功能平衡功能、步行能力及日常生活活动能力恢复的影响。

**方法:**将住院治疗的52例不完全性脊髓损伤的患者(损伤平面T10—L1, ASIA分级C级)随机分为治疗组和对照组,各26例。两组患者均给予常规康复治疗。在此基础上治疗组给予下肢智能反馈训练系统治疗,对照组给予普通站立床训练。在治疗前及治疗6周后,分别用ASIA下肢运动功能评定量表(ASIA-LEMS), Berg平衡量表(BBS), 脊髓损伤步行指数Ⅱ(WISCI-Ⅱ)及改良Barthel指数量表(MBI)对两组患者的下肢运动功能、平衡功能、步行能力及日常生活活动能力进行评估。

**结果:**治疗前两组患者各方面评分比较差异均无显著性意义( $P > 0.05$ )。治疗6周后,两组患者ASIA-LEMS评分、Berg平衡功能评分、WISCI-Ⅱ评分及改良Barthel指数评分较治疗前均有提高,差异有显著性( $P < 0.001$ )。治疗后两组间比较,下肢智能反馈训练系统治疗组ASIA-LEMS评分、Berg平衡功能评分、WISCI-Ⅱ评分高于电动起立床组,差异有显著性( $P < 0.05$ ),改良Barthel指数两组间差异无显著性( $P > 0.05$ )。

**结论:**下肢智能反馈训练系统对不完全性胸腰段脊髓损伤患者下肢运动能力恢复有一定程度的促进作用。

**关键词** 下肢智能反馈训练系统;脊髓损伤;电动起立床

中图分类号:R683.2, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-06-0654-05

**The effect of limb intelligent feedback training system on function recovery in patients with thoracolumbar spinal cord injury/SHAO Lan, BAI Dingqun, YU Heping, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(6): 654—658**

### Abstract

**Objective:** To investigate the effect of limb intelligent feedback training system on lower limb motor and balance function, walking ability and activities of daily living (ADL) of patients with thoracolumbar spinal cord injury .

**Method:** Fifty-two patients with incomplete spinal cord injury (level T10—L1, ASIA C) were randomly divided into treatment group (n=26) and control group (n=26). All patients were treated with routine rehabilitation exercises. The treatment group received limb intelligent feedback training system, while the patients in the control group were given electric standing bed training. The lower limb motor and balance function, walking ability and ADL were respectively assessed with ASIA lower extremity motor score subscale (ASIA-LEMS), Berg balance scale (BBS), walking index for spinal cord injury Ⅱ (WISCI-Ⅱ) and modified Barthel index (MBI) before and 6 weeks after treatment.

**Result:** Before treatment, there was no significant difference between the two groups ( $P > 0.05$ ). At the end of

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.06.008

\*基金项目:重庆市集成示范项目(cstc2015jcsf10012)

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:邵岚,女,硕士,住院医师; 收稿日期:2015-12-19

rehabilitation, both groups showed significant improvement in ASIA-LEMS, BBS, WISCI- II and MBI compared with that before treatment ( $P < 0.001$ ). Based on ASIA-LEMS, BBS and WISCI- II, statistically significant improvement were observed in the treatment group comparing with the control group ( $P < 0.05$ ), while for the MBI, no statistical difference between two groups ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion:** The limb intelligent feedback training system can more effectively improve the lower limb function of patients with incomplete thoracolumbar spinal cord injury.

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

**Key word** limb intelligent feedback training system; spinal cord injury; electric standing bed

脊髓损伤(spinal cord injury, SCI)是由各种原因引起的脊髓结构、功能的损害,造成损伤水平以下运动、感觉、自主神经功能障碍,是一种严重的致残性创伤。其中胸腰段脊髓损伤最为常见<sup>[1]</sup>。下肢运动功能的恢复是脊髓损伤康复的主要目标,是改善患者生存质量和提高患者治疗满意度的重要决定因素<sup>[2]</sup>。早期站立训练既可以通过减少卧床时间有效降低肺部感染、肌肉萎缩、关节僵硬挛缩、压疮及深静脉血栓形成等卧床相关并发症,对患者下肢运动功能的恢复及日常生活活动能力的提高也有重要的意义。

下肢智能反馈训练系统(limb intelligent feedback training system)是近年来新兴的一种智能运动训练系统,它较普通电动起立床增加了减重支持系统、智能反馈系统及虚拟踏步训练,可早期开始模拟正常步行训练。临床上主要用于有下肢运动功能障碍,平衡功能障碍及步行能力受限的患者,近年来有研究表明下肢智能反馈训练系统能帮助脑卒中偏瘫患者改善下肢运动功能及步行能力<sup>[3-5]</sup>,但其作用于脊髓损伤患者的相关研究甚少。本研究旨在观察下肢智能反馈训练系统对胸腰段脊髓损伤患者功能恢复的影响。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取2013年5月—2015年5月,在重庆医科大学附属第一医院康复医学科住院的52例脊髓损伤患者作为研究对象。本研究通过重庆医科大学附属第一医院伦理委员会批准,所有入组患者签署知情同意书。纳入标准:①创伤性脊髓损伤,病程1—3个月,损伤平面为T10—L1,脊髓休克期已结束,无

引起脊髓进行性损害的因素;②按美国脊柱损伤协会(America spinal injury association, ASIA)神经功能分级评定为C级;③已行椎体内固定手术,脊柱稳定性尚好;④年龄18—65岁。排除标准:①颅脑疾病、严重心肺疾患及其他重要脏器病变;②严重的下肢血管疾病、下肢周围神经病变;③严重痉挛;④认知功能障碍。

入选的52例患者采用随机数字表法随机分为下肢智能反馈训练系统组(治疗组)和电动起立床组(对照组),各26例。两组患者年龄、性别、病程等一般资料比较,差异无显著性意义( $P > 0.05$ ),见表1。

表1 两组患者一般资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ ,例)

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	病程(周)
		男	女		
治疗组	26	21	5	42.73±8.19	7.46±1.84
对照组	26	18	8	40.92±9.97	7.00±1.79

### 1.2 治疗方法

两组患者均给予常规康复治疗,包括肌力增强训练、关节活动训练、坐位训练、翻身训练、转移训练、气压治疗、肌电生物反馈、地面步行训练及ADL训练等治疗。在此基础上,对照组给予普通电动起立床训练。治疗组采用广州一康医疗设备实业有限公司生产的下肢智能反馈训练系统(型号为A1),该设备由站立床、减重装置、机器本体、踏板及智能反馈操作系统组合而成,将减重支持系统、智能反馈系统及虚拟踏步训练有效结合,让患者在站立训练的同时带动下肢运动,模拟人正常走路时下肢关节的运动方式。两组训练每次30min,每天2次,每周6天,疗程6周。

### 1.3 评价方法

所有患者均在治疗开始48h内和治疗6周后进

行康复评定。分别从患者下肢运动功能、平衡功能、步行能力及日常生活活动能力几个方面进行评估。下肢运动功能评定采用 ASIA 下肢运动功能评定 (ASIA lower extremity motor score subscale, ASIA-LEMS)<sup>[6]</sup>。平衡功能评定采用 Berg 平衡量表 (Berg balance scale, BBS)<sup>[7]</sup>。步行能力评定采用脊髓损伤步行指数 II (walking index for spinal cord injury II, WISCI II)<sup>[8]</sup>。日常生活活动能力评定采用改良 Barthel 指数量表(modified Barthel index, MBI)<sup>[9]</sup>。

#### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析。计量资料用均数±标准差表示,组间采用独立样本均数的 *t* 检验,组内采用配对样本均数的 *t* 检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验。

## 2 结果

所有患者均完成 6 周治疗并接受评价。治疗前两组患者 ASIA 下肢运动功能评分、Berg 平衡功能评分、脊髓损伤步行指数 II 评分及改良 Barthel 指数评分比较差异均无显著性意义 ( $P>0.05$ )。治疗 6 周后,治疗组 ASIA-LEMS 评分、Berg 平衡功能评分、WISCI- II 评分及改良 Barthel 指数较治疗前均有提高,差异有显著性 ( $P<0.001$ );对照组 ASIA-LEMS 评分、Berg 平衡功能、WISCI- II 评分及改良 Barthel 指数评分较治疗前亦有显著提高 ( $P<0.001$ )。治疗后两组间比较,下肢智能反馈训练系统治疗组 ASIA-LEMS 评分、Berg 平衡功能评分、WISCI- II 评分高于电动起立床对照组,差异有显著性 ( $P<0.05$ ),改良 Barthel 指数两组间差异无显著性 ( $P>0.05$ )。见表 2。

表 2 两组患者 ASIA-LEMS、BBS、WISCI- II 及 Barthel 指数比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

	治疗组 (n=26)		对照组 (n=26)	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
ASIA-LEMS	8.42±3.14	18.0±4.24 <sup>③</sup>	9.73±3.96 <sup>①</sup>	14.88±4.33 <sup>②③</sup>
BBS	4.27±2.34	10.0±3.09 <sup>③</sup>	4.62±3.13 <sup>①</sup>	8.27±2.13 <sup>②③</sup>
WISCI- II	3.46±2.04	8.85±3.23 <sup>③</sup>	3.58±2.84 <sup>①</sup>	6.19±3.02 <sup>②③</sup>
Barthel 指数	39.23±9.13	57.31±10.7 <sup>③</sup>	44.23±11.81 <sup>①</sup>	63.08±10.59 <sup>③④</sup>

①治疗前两组比较  $P>0.05$ ;②治疗后两组比较  $P<0.05$ ;③组内治疗前后比较  $P<0.001$ ;④治疗后两组比较  $P>0.05$

## 3 讨论

下肢运动功能、平衡功能、步行能力及日常生活活动能力的恢复是脊髓损伤患者康复的主要目标,是决定患者治疗满意度和提高患者生存质量的重要因素<sup>[2]</sup>。早期开始站立训练对脊髓损伤患者运动功能恢复有着重要意义。胸腰段脊髓损伤患者多合并椎体骨折,即使行椎体固定手术,但早期脊柱稳定性仍可能相对较差,站立床训练可固定患者骨盆及下肢,并可调整不同站立角度,是相对安全的站立训练方法。下肢智能反馈训练系统在电动起立床的基础上增加了减重支持训练系统、智能反馈系统及虚拟现实技术。可在减重状态下早期开始步态训练,步态控制采用了伺服电机控制系统,运动过程中完成了初速度、加速度、减速度三个变速过程,最大程度地模拟了正常人行走的生理步态,及早输入正常步行模式,为步态训练打下坚实基础。中枢神经系统具有活动依赖的可塑性,通过定时定量的、重复性的、标准化的、强化的康复训练可以刺激特殊的神经通路促进神经功能重建,恢复患者步行能力<sup>[10]</sup>。该系统采用步态分析方法实时显示患者腿部肌力及足部本体感觉大小变化的情况,记录一个步态周期内任意时刻数据,多功能踏板可控制足部本体感觉的大小,提供周期变化的生物负载,刺激下肢关节肌肉肌腱的本体感受器,促进本体感觉的恢复,有利于抑制异常步态模式,促进正常步态模式的形成<sup>[11]</sup>。A1 能直观显示训练前后肌张力情况的对比,当发生痉挛,治疗师可分析判断发生痉挛的区域,根据评估结果设置下肢活动范围、步行速度、速度降低值、痉挛灵敏度等指标。当检测到痉挛发生,系统能迅速开启防痉挛模式,机器反向运动舒缓痉挛,并自动降低速度以适应患者的身体情况,起到调节肌张力,降低肌痉挛的作用。另外,下肢智能反馈训练系统还加入了虚拟现实技术进行情景互动训练,可自动切换主、被动模式,让患者身临其境,提高治疗的主动性和趣味性。虚拟现实技术可为患者提供三维的虚拟世界,给予视觉、听觉、触觉的反馈,促进脊髓损伤患者神经功能重建,提高平衡功能及步行能力<sup>[12]</sup>。下肢智能反馈训练系统结合了电动起立床、减重步行训练系统、智能反馈系统及虚拟现实技术,弥补了单一使用以上技术的局限性,提高了康复训练效果。

本文为前瞻性随机对照研究,通过下肢智能反馈训练系统作用于胸腰段不完全性脊髓损伤患者的疗效观察,探讨该训练系统对脊髓损伤患者下肢运动功能、平衡功能、步行能力及日常生活活动能力恢复的影响。脊髓损伤的预后与损伤原因、损伤时间、损伤平面及损伤程度等因素有关。为了减少干扰因素,本研究中纳入标准中明确限定了损伤原因为创伤性脊髓损伤,神经平面为T10—L1,损伤程度均为ASIA C级,病程为1—3个月。纳入研究的患者随机分为治疗组和对照组,两组患者比较在性别、年龄、病程等方面差异均无显著性意义,且两组患者治疗前ASIA下肢运动功能评分、Berg平衡功能评分、脊髓损伤步行指数Ⅱ评分及改良Barthel指数评分比较无显著性差异,表明两组间具有可比性。两组患者均给予传统康复训练,训练项目保持基本一致,尽量减少对本试验的干扰。经过6周康复治疗,治疗后两组患者ASIA-LEMS评分、Berg平衡功能评分、WISCI-Ⅱ评分及改良Barthel指数评分与治疗前相比差异均具有显著性意义,表明传统的康复训练及站立训练能有效地提高不完全性脊髓损伤患者的下肢运动功能、平衡功能、步行能力及日常生活活动能力,促进脊髓功能恢复。组间比较,下肢智能反馈训练系统治疗组ASIA-LEMS评分、Berg平衡功能评分、WISCI-Ⅱ评分高于对照组,差异具有显著性意义,但改良Barthel指数两组间差异无显著性,提示配合下肢智能反馈训练系统较单纯的站立床训练在提高下肢运动功能、平衡功能、步行能力方面作用更明显,对脊髓功能重建帮助更显著,值得推广应用。并且,传统康复治疗及早期站立训练能有效提高患者日常生活活动能力,应早期康复介入。

下肢智能反馈训练系统目前临床应用不甚广泛,主要用于脑卒中偏瘫患者的康复训练。高春华等<sup>[13]</sup>研究得出脑卒中偏瘫患者早期下肢智能反馈训练系统结合运动疗法能明显提高患者的下肢运动功能、平衡功能及步行能力,疗效明显优于常规单一康复训练的对照组。解东风等<sup>[14]</sup>对60例脑卒中偏瘫患者进行研究,也得出同样结果,并且得出下肢智能反馈训练系统对日常生活活动能力的提高也有促进作用。脊髓损伤亦属于中枢神经系统损伤,下肢智能反馈训练系统对脊髓损伤患者功能恢复的影响同

样值得我们关注。近年来国外有关于类似训练系统用于脊髓损伤康复的相关研究,研究表明减重状态下特定的、重复的、标准化的步态训练并结合步态矫正系统对慢性不完全性脊髓损伤患者步行速度、耐力等的恢复有促进作用<sup>[15]</sup>,且对不完全性脊髓损伤患者步速、步频、步长、步行周期时间等步态参数的改善有积极影响<sup>[16]</sup>,在提高患者功能性步行能力方面有明显优势<sup>[17]</sup>。而介入时间、步态训练速度、患者功能状态等因素对作用效果均有影响。Dobkin B等<sup>[18]</sup>得出在病程早期(<4周)即进行这种强化的步态训练的不完全性脊髓损伤患者在步行速度及步行距离方面恢复均更明显。同样,Benito-Penalva J等<sup>[19]</sup>发现病程<6周开始训练比>6周开始训练的患者步行量表得分更高,提示早期介入对功能恢复帮助更大。Meyns P等<sup>[20]</sup>的研究则表明强化的步态训练能使脊髓损伤患者在神经电生理方面得到一定恢复,且较慢的训练速度比较快的训练速度恢复更明显。Fritz SL等<sup>[21]</sup>将不同损伤程度的不完全性脊髓损伤患者进行比较,得出功能越好的患者对该训练的耐受性越好,并且获利更多。还有学者从发生机制角度进行研究,设想脊髓损伤后强化的运动训练可通过上调脑衍生神经生长因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)增加脊髓神经可塑性从而促进神经功能恢复<sup>[22]</sup>。本研究中应用的下肢智能反馈训练系统还加入了虚拟现实技术,虚拟步态训练可提高不完全性脊髓损伤患者的平衡功能、步行能力及运动耐力<sup>[23]</sup>,并对减轻神经病理性疼痛有一定作用<sup>[24]</sup>,与减重支持步态训练系统、智能反馈系统相结合后更有利于增强康复效果。

综上所述,本试验得出下肢智能反馈训练系统可提高不完全性脊髓损伤患者下肢功能。但研究过程存在一定局限性:两组纳入的患者数量有限,观察时间有限,不能得出长期的治疗效果;对减少肌肉萎缩、关节挛缩等并发症以及缓解痉挛等方面的作用还有待进一步观察;且下肢智能反馈训练系统促进脊髓损伤患者神经功能重塑的机制以及神经电生理的改变有待我们进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 王洪伟,周跃,李长青,等.创伤性脊柱骨折患者流行病学分析[J].

- 中华创伤杂志,2012,28(11):988—992.
- [2] Ditunno PL, Patrick M, Stineman M, et al. Who wants to walk? Preferences for recovery after SCI: a longitudinal and cross-sectional study[J]. *Spinal Cord*, 2008, 46(7):500—506.
- [3] 刘翠华,张盘德,容小川,等.智能反馈训练系统对脑卒中下肢运动功能障碍的影响[J].*中国老年学杂志*,2013,33(5):1026—1029.
- [4] 陈佩顺,黄臻,谭碧东,等.下肢智能反馈训练系统与电动起立床对脑卒中患者下肢功能影响的对照研究[J].*中国康复医学杂志*, 2014,29(6):573—574.
- [5] 黄怡,万新炉,潘翠环,等.下肢运动训练对脑卒中偏瘫患者下肢痉挛及步行能力的影响[J].*实用医学杂志*,2014,30(15):2426—2427.
- [6] Marino RJ, Graves DE. Metric properties of the ASIA motor score: subscales improve correlation with functional activities[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(11):1804—1810.
- [7] 金冬梅,燕铁斌. Berg平衡量表及其临床应用[J].*中国康复理论与实践*,2002,8(3):155—157.
- [8] Dittuno PL, Ditunno JF Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision[J]. *Spinal Cord*, 2001, 39(12): 654—656.
- [9] 闵瑜,吴媛媛,燕铁斌.改良 Barthel指数(简体中文版)量表评定脑卒中患者日常生活活动能力的效度和信度研究[J].*中华物理医学与康复杂志*,2008,30(3):185—188.
- [10] Behrman AL, Harkema SJ. Locomotor training after human spinal cord injury: a series of case studies[J]. *Phys Ther*, 2000, 80(7):688—700.
- [11] Field-Fote EC. Spinal cord control of movement: implications for locomotor rehabilitation following spinal cord injury[J]. *Phys Ther*, 2000, 80(5):477—484.
- [12] Mao Y, Chen P, Li L, et al. Virtual reality training improves balance function[J]. *Neural Regen Res*, 2014, 9(17): 1628—1634.
- [13] 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—353,366.
- [14] 解东风,冯碧珍,许长城,等.肢体智能反馈训练系统对脑卒中早期患者平衡、步行和ADL能力的影响[J].*临床医学工程*,2014, 21(9):1085—1086,1088.
- [15] Wirz M, Zemon DH, Rupp R, et al. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(4):672—680.
- [16] Lucareli PR, Lima MO, Lima FP, et al. Gait analysis following treadmill training with body weight support versus conventional physical therapy: a prospective randomized controlled single blind study[J]. *Spinal Cord*, 2011, 49(9): 1001—1007.
- [17] Lam T, Pahl K, Ferguson A, et al. Training with robot-applied resistance in people with motor-incomplete spinal cord injury: Pilot study[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2015, 52(1): 113—129.
- [18] Dobkin B, Apple D, Barbeau H, et al. Weight-supported treadmill vs over-ground training for walking after acute incomplete SCI[J]. *Neurology*, 2006, 66(4):484—493.
- [19] Benito-Penalva J, Edwards DJ, Opisso E, et al. Gait training in human spinal cord injury using electromechanical systems: effect of device type and patient characteristics[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2012, 93(3):404—412.
- [20] Meyns P, Van de Crommert HW, Rijken H, et al. Locomotor training with body weight support in SCI: EMG improvement is more optimally expressed at a low testing speed[J]. *Spinal Cord*, 2014, 52(12):887—893.
- [21] Fritz SL, Merlo-Rains AM, Rivers ED, et al. An intensive intervention for improving gait, balance, and mobility in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: a pilot study of activity tolerance and benefits[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2011, 92(11):1776—1784.
- [22] Harness ET, Astorino TA, Knobloch SM. Change in neuroplasticity-related proteins in response to acute activity-based therapy in persons with spinal cord injury[J]. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2014, 20(2):147—157.
- [23] Wall T, Feinn R, Chui K, et al. The effects of the Nintendo™ Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury[J]. *J Spinal Cord Med*, 2015, 38(6):777—783.
- [24] Villiger M, Bohli D, Kiper D, et al. Virtual reality-augmented neurorehabilitation improves motor function and reduces neuropathic pain in patients with incomplete spinal cord injury[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2013, 27(8): 675—683.