

虚拟现实与同步减重训练对脑卒中患者步态影响的对照研究*

肖 湘¹ 毛玉蓉¹ 李 乐¹ 徐光青¹ 赵江莉¹ 张豪杰¹ 黄东锋^{1,2}

摘要

目的:评估虚拟现实与同步减重步态训练(VR+BWSTT)对脑卒中患者步态的影响。

方法:将12例发病3个月内的脑卒中患者随机分配至实验组(VR+BWSTT)和常规组(常规物理治疗)各6例,另6例正常人作为正常组。训练前后以三维步态分析对以下参数进行对比:步行速度、步长不对称性、单腿支撑时间不对称性、髋关节最大后伸角度、髋关节最大屈曲角度、膝关节最大屈曲角度、支撑相膝关节最大伸展角度、支撑相踝关节最大背伸角度。

结果:训练前两组脑卒中患者的性别、年龄、病程、脑卒中性质、偏瘫侧、患侧下肢肌力、肌张力、步行速度、步长不对称性、单腿支撑时间不对称性及患侧下肢各关节角度差异无显著性。脑卒中患者步行速度、髋关节最大后伸角度、膝关节最大屈曲角度低于正常组,步长不对称性、单腿支撑时间不对称性高于正常组($P<0.05$)。训练后两组患者的步行速度、单腿支撑时间不对称性均有改善,实验组的步长不对称性、髋关节最大后伸角度有改善($P<0.05$)。

结论:VR与同步BWSTT可改善亚急性期脑卒中患者的步态,在改善脑卒中的步长不对称性、髋关节最大后伸角度方面较常规物理治疗有优势。

关键词 脑卒中;减重平板训练;虚拟现实;步态;运动学

中图分类号:R743.3,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2012)-06-0533-05

Gait improvement in stroke patients after virtual reality with synchronized body weight support treadmill training/XIAO Xiang,MAO Yurong,LI Le, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2012, 27(6): 533—537

Abstract

Objective: To identify the gait parameters improvement in stroke patients after virtual reality with synchronized body weight support treadmill training (VR+BWSTT).

Method: Twelve patients post stroke, ranging from approximately 18 days to 3 months were randomly divided into experiment group (VR+BWSTT, n=6) and control group (conventional physiotherapy, n=6). Three-dimensional (3D) gait analysis was conducted before and after the 3-week intervention program. Six normal persons as normal group were also recruited to conduct 3D gait analysis.

Result: The parameters of gait velocity and single-support-time asymmetry ratio changed significantly in experiment and control groups after treatment. The step length asymmetry ratio and maximum hip extension angle changed significantly only in experiment group. Those in control group displayed greater increase in maximum knee extension angle.

Conclusion: Application of VR with synchronized BWSTT is effective in establishing symmetric and efficient gait in patients after stroke, especially effective in improving step length symmetry and hip extension. It is helpful for

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2012.06.011

*基金项目:国家自然科学基金资助项目(30973165)

1 中山大学附属第一医院康复医学科,广州,510080; 2 通讯作者

作者简介:肖湘,女,主治医师; 收稿日期:2012-01-05

promoting motor recovery in patients post subacute stroke.

Author's address Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, 510080

Key word stroke; body weight support treadmill training; virtual reality; gait; kinesiology

脑卒中后步态特点为患侧单腿支撑相缩短、患侧膝关节在支撑相过伸、患侧髋关节屈曲减少、足下垂内翻及步速变慢。较快的步速和较好的步行姿势是卒中患者步态训练的目标。

近年来,减重平板训练(body weight support treadmill training, BWSTT)技术在脑卒中患者的步态训练中运用较多。该技术应用减重吊带使患者步行时下肢负重减少,借助于运动平板进行步行功能训练。虚拟现实(virtual reality, VR)技术运用计算机和专业的软硬件显现仿真环境,实现在视、听、触、动觉等方面的虚拟互动和反馈,使用者可以在虚拟环境中完成可控的功能性运动和操作,达到功能重建目的。VR技术与同步BWSTT结合可能会起到强化步态训练效果的作用。

本研究通过三维步态分析评估虚拟现实与同步减重步态训练(VR+BWSTT)对亚急性期脑卒中患者步行速度、质量的影响。

1 对象与方法

1.1 研究对象

1.1.1 一般资料:选择2009年10月—2011年12月我科住院脑卒中患者12例,其中男性9例,女性3例;年龄41—76岁,脑梗死10例,脑出血2例;右侧

偏瘫7例,左侧偏瘫5例。同时选取6例44—67岁的正常人作为正常对照。

1.1.2 入选标准:入组患者均符合1995年全国第四届脑血管病学术会议制定的脑卒中诊断标准^[1],所有病例均经CT或MRI检查,临床确诊为脑梗死或脑出血,并且必须满足以下条件:①年龄>40岁,<80岁;②生命体征平稳;③首次卒中;④病程<3个月;⑤有步行功能障碍(脑卒中患者步行功能障碍标准为:<60岁患者10m步行时间≥10s;60—69岁患者10m步行时间≥12.5s;≥70岁患者10m步行时间≥16.6s^[2]);⑥在1人帮助下或拄拐杖下,能够站立并且至少可辅助步行10m以上。

排除标准:①小脑卒中;②意识障碍;③近期下肢深静脉血栓;④四肢瘫痪;⑤帕金森病;⑥下肢骨折;⑦近期心肌梗死;⑧充血性心力衰竭;⑨既往有脑血管意外病史且遗留步行功能障碍者;⑩已完成常规步态训练者。

1.1.3 分组:脑卒中患者随机分为实验组(VR+BWSTT)6例和常规组(常规物理治疗)6例。6例正常人作为正常对照,简称正常组。受试者的性别、年龄三组之间差异无显著性($P>0.05$),实验组和常规组的病程、脑卒中性质(脑梗死或脑出血)、偏瘫侧等参数间差异无显著性($P>0.05$),见表1。

表1 各组治疗前主要非处理因素比较

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	病变性质(例)		偏瘫侧(例)		病程(d)
		男	女		脑梗死	脑出血	左侧	右侧	
实验组	6	4	2	55.83 ± 10.78	5	1	2	4	44.67 ± 23.12
常规组	6	5	1	57.17 ± 11.16	5	1	3	3	45.50 ± 20.69
正常组	6	4	2	55.50 ± 8.41					
P		>0.05		>0.05	>0.05		>0.05		>0.05

1.2 评估和康复方案

1.2.1 功能评定:每位患者在入组时由同1位物理治疗师评估下肢肌力、肌张力。在入组时及3周步态训练后使用Vicon Nexus系统进行三维步态分析。做三维步态分析时采用患者感觉舒适的步行速度。

为量化步态的时间和空间不对称性,单腿支撑时间不对称性和步长不对称性采用以下方法计算^[3]:

$$\text{单腿支撑时间不对称性} = \left| 1 - \frac{\text{患侧单腿支撑时间}}{\text{健侧单腿支撑时间}} \right|$$
$$\text{步长不对称性} = \left| 1 - \frac{\text{患侧步长}}{\text{健侧步长}} \right|$$

1.2.2 康复方案:实验组训练时间:训练3周,每周周一至周五各做1次VR与同步BWSTT,共15次。第一周每日做VR与同步BWSTT 20—30min,第二、三周每日做VR与同步BWSTT 30—40min。患者平板上步行时,前方放置一42英寸的屏幕,同步配有街道、运动场、公园、森林、海景、沙漠、湖泊、城堡等不同场景。场景运行速度与平板速度相匹配,使患者有身临其境的感觉。训练中监测患者的心率,不能超过预计最大心率(220—年龄)的80%。同时进行其他常规物理治疗,如负重、牵伸训练、躯干平衡训练,但不做传统步态训练,每日主动运动时间共1h。平板速度:根据患者步行功能,从0.5—0.9mile/h(1mile=1.609km)开始渐增。减重量:根据患者步行功能设定最开始的减重量,不得高于患者体重的40%^[4]。本研究中患者步行功能较好,最开始的减重量为0%—20%。训练开始后,在患侧单腿支撑相,如果该侧膝关节屈曲角度小于15°,即应减少减重量^[5]。

常规组进行常规主动运动训练3周,每周5次,每次1h。内容包括:徒手牵伸、肌力训练(徒手+Thera-Band训练带,从最低阻力的型号用起)、躯干平衡、转移、上下楼梯训练以及步态训练等。

1.3 统计学分析

采用SPSS 15.0统计软件进行分析。计量资料用均数±标准差表示。三组间比较采用方差分析,两组间比较采用*t*检验,训练前后的比较采用配对*t*检验。计数资料比较采用 χ^2 检验。设 $P<0.05$ 为差异有显著性。

2 结果

2.1 两组患者训练前肌力、肌张力的比较

见表2,两组训练前患侧下肢各肌群徒手肌力测定及患侧下肢改良Asworth评分的均值,显示两组患者训练前的肌力、肌张力差异无显著性($P>0.05$)。

2.2 实验组的各训练参数

所有患者在3周训练结束时均不需要减重,且平板速度显著增加($P<0.05$)。实验组平板速度第1天(0.60 ± 0.17)mile/h与最后一天(1.35 ± 0.40)mile/h相比较差异有显著性意义($P<0.05$);减重量第1天(7.5 ± 7.58)%与最后一天(0)%相比较差异有显著性意义($P<0.05$);减重步态训练时间第1天(24.17 ± 4.92)min与最后一天(32.92 ± 5.57)min相比较差异无显著性意义($P>0.05$)。

2.3 两组患者训练前后与正常组步行速度及对称性的比较

见表3。两组患者训练前步行速度、步长不对称性、单腿支撑时间不对称性差异无显著性($P>0.05$)。脑卒中患者步行速度较正常组慢,步长不对称性、单腿支撑时间不对称性较正常组大($P<0.05$)。两组患者训练后步行速度较训练前均有改善,但仍小于正常组($P<0.05$)。训练后实验组步长不对称性较训练前有改善($P<0.05$),而常规组无明显改善($P>0.05$)。两组患者单腿支撑时间不对称性训练后均有改善,与正常组差异无显著性($P>0.05$)。

2.4 两组患者训练前后与正常组下肢各关节角度

髋关节最大后伸角度为负值表明脑卒中患者患侧髋关节在摆动相后伸受限。由表4可见,两组患者髋关节最大后伸角度训练前差异无显著性($P>0.05$),均小于正常组($P<0.05$)。实验组的髋关节最大后伸角度在训练后增大($P<0.05$),而常规组训练前后差异无显著性($P>0.05$)。两组患者训练前后髋关节最大屈曲角度、支撑相踝关节最大背伸角度与正常组差异无显著性($P>0.05$)。

两组患者的支撑相膝关节最大伸展角度与正常组差异无显著性($P>0.05$)。常规组训练后支撑相膝关节最大伸展角度增大($P<0.05$),而实验组无改善($P>0.05$)。两组患者膝关节最大屈曲角度训练前差异无显著性($P>0.05$),均小于正常组($P<0.05$),步态训练未能改善两组患者的膝关节最大屈曲角度($P>0.05$)。

表2 两组患者训练前患侧下肢肌力、肌张力比较

组别	踝关节各肌群肌力		膝关节各肌群肌力				髋关节各肌群肌力		下肢肌张力
	踝背伸肌	踝跖屈肌	屈膝肌	伸膝肌	屈髋肌	伸髋肌	髋内收肌	髋外展肌	
实验组	2.87 ± 1.77	3.00 ± 1.73	4.29 ± 0.49	4.14 ± 0.38	4.29 ± 0.49	4.29 ± 0.49	4.14 ± 0.38	4.14 ± 0.38	1.00 ± 1.15
常规组	2.83 ± 1.33	2.83 ± 1.33	3.83 ± 0.41	4.17 ± 0.41	3.83 ± 0.41	3.83 ± 0.41	3.83 ± 0.41	3.83 ± 0.41	1.17 ± 0.75
<i>P</i>	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

表3 两组患者训练前后与正常组步态参数的比较

($\bar{x} \pm s$)

	例数	步行速度(m/s)		步长不对称性		单腿支撑时间不对称性	
		训练前	训练后	训练前	训练后	训练前	训练后
实验组	6	0.33 ± 0.18 ^{①③}	0.62 ± 0.39 ^{①③⑤}	0.26 ± 0.17 ^{①③}	0.03 ± 0.06 ^{②③⑤}	0.33 ± 0.12 ^{①③}	0.16 ± 0.11 ^{②③⑤}
常规组	6	0.44 ± 0.24 ^{①③}	0.48 ± 0.19 ^{①③⑤}	0.24 ± 0.15 ^{①③}	0.19 ± 0.26 ^{②③④}	0.24 ± 0.19 ^{①③}	0.18 ± 0.15 ^{②③⑤}
正常组	6	1.14 ± 0.11		0.01 ± 0.01		0.01 ± 0.01	

①与正常组比较 $P < 0.05$; ②与正常组比较 $P > 0.05$; ③实验组与常规组比较 $P > 0.05$; ④步态训练前后比较 $P > 0.05$; ⑤步态训练前后比较 $P < 0.05$ 表4 两组患者训练前后患侧关节角度与正常组比较($\bar{x} \pm s, ^\circ$)

	实验组(n=6)	常规组(n=6)	正常组(n=6)
髋关节最大后伸角度			
训练前	-2.99 ± 9.69 ¹³⁵	-3.43 ± 5.35 ¹³	11.14 ± 3.86
训练后	7.90 ± 10.04 ²³	4.29 ± 7.64 ²³⁴	
髋关节最大屈曲角度			
训练前	25.53 ± 16.88 ²³	26.16 ± 3.47 ²³	25.57 ± 6.14
训练后	23.84 ± 8.92 ²³⁴	25.42 ± 5.97 ²³⁴	
支撑相踝关节最大背伸角度			
训练前	9.30 ± 5.58 ²³	9.12 ± 3.71 ²³	10.14 ± 5.27
训练后	8.52 ± 3.10 ²³⁴	12.09 ± 3.68 ²³⁴	
支撑相膝关节最大伸展角度			
训练前	-4.70 ± -8.90 ²³	-10.13 ± -8.39 ²³	-2.07 ± -7.58
训练后	-3.94 ± -11.18 ²³⁴	-5.31 ± -7.36 ²³⁵	
膝关节最大屈曲角度			
训练前	33.20 ± 9.86 ¹³	44.56 ± 7.27 ¹³	58.84 ± 8.72
训练后	38.11 ± 12.64 ¹³⁴	40.87 ± 7.06 ¹³⁴	

①与正常组比较 $P < 0.05$; ②与正常组比较 $P > 0.05$; ③实验组与常规组比较 $P > 0.05$; ④步态训练前后比较 $P > 0.05$; ⑤步态训练前后比较 $P < 0.05$

3 讨论

本研究主要利用三维步态分析,评估VR与同步BWSTT对脑卒中患者步态的影响。其中,正常组步行时髋关节最大后伸角度接近 15° ($11.14^\circ \pm 3.86^\circ$),最大屈曲角度 25° 左右($25.57^\circ \pm 6.14^\circ$),膝关节多未完全伸展(支撑相膝关节最大伸展角度为 $-2.07^\circ \pm -7.58^\circ$),膝关节最大屈曲角度接近 60° ($58.84^\circ \pm 8.72^\circ$),支撑相踝关节最大背屈角度为 10° 左右($10.14^\circ \pm 5.27^\circ$),这些运动学参数与相关文献相符合^[6]。

An-Lun Hsu等和Lin P-Y等^[3,7]研究脑卒中患者时间不对称性、空间不对称性,与本研究结果接近,而步行速度较本研究快,可能与其选取的患者步行功能较好有关。脑卒中患者易出现足下垂。而本研究中支撑相踝关节最大背伸角度与正常组无差异,其原因为部分患者需要佩戴踝足矫形器才能连续步行10m以完成三维步态检查,所测得的踝关节背伸角度为矫正后的角度。而两组患者患侧髋关节后伸及膝关节屈曲受限,与相关研究相符合^[7-8]。

有研究显示BWSTT较常规物理治疗更能改善步行速度^[9],也有研究显示两种训练方法对步行速度的影响无差别^[10]。本研究中,两组患者步行速度均有改善,VR与同步BWSTT较常规物理治疗对步行速度的改善并无优势。平板训练可改善脑卒中患者步行速度,却不能改善时间、空间对称性^[11]。而较多研究显示,偏瘫患者在平板上行走较地面行走更对称,患侧单腿支撑时间会增加^[12],平板训练不仅改善脑卒中患者的步行速度,也可改善步行时间对称性^[10,13]。本研究中,VR与同步BWSTT可改善单腿支撑时间不对称性和步长不对称性。其解释如下:患者在治疗师的指导下避免在悬吊系统上摇摆,及时调整重量的转移,可增加躯干的稳定性。平板速度逐渐加快可改善下肢承重肌肉的功能,从而改善步态的对称性并提高步行速度。

BWSTT促使患侧髋关节在支撑相末期伸展,从而改善实验组的髋关节最大后伸角度,而常规物理治疗无此作用。有研究显示BWSTT较传统步态训练更能增加摆动相膝关节屈曲,减少膝关节过伸^[10]。而本研究中脑卒中患者膝关节最大伸展角度为负值,无过伸现象,膝关节屈曲也无明显改善。

VR系统的问世使患者在有趣和相对真实的三维环境中训练,其副作用小且能保证患者训练的安全。研究显示VR与同步BWSTT可改善脑卒中患者的步行速度和平衡功能^[14],且VR同步平板训练较单纯平板训练在改善步行速度和社区行走时间上有优势^[15]。

4 结论

亚急性期脑卒中VR与同步BWSTT是有效的。VR与同步BWSTT和常规物理治疗均可改善亚急性期脑卒中患者的步态。VR与同步BWSTT在改善脑卒中的步长不对称性、髋关节最大后伸角度方面更有优势,其生物力学机制值得进一步研究。

参考文献

- [1] 中华神经内科学会.脑卒中患者神经功能缺损程度评分标准(1995)[J].中华神经内科学杂志,1996,29(6):381.
- [2] Wade DT, Wood VA, Heller A, et al. Walking after stroke. Measurement and recovery over the first 3 months[J]. Scand J Rehabil Med, 1987,19:25—30.
- [3] Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003,84: 1185—1193.
- [4] Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in non ambulatory hemiparetic patients[J]. Stroke, 1995, 26: 976—981.
- [5] da Cunha IT jr, Lim PA, Qureshy H, et al. Gait outcomes after acute stroke rehabilitation with supported treadmill ambulation training: a randomized controlled pilot study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2002, 83: 1258—1265.
- [6] Perry J. Ankle foot complex. In: Gait analysis: normal & pathological function[M]. Thorofare: Slack, 1992.51—87,111—140, 89—110.
- [7] Lin PY, Yang YR, Cheng SJ, et al. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2006, 87:562—568.
- [8] Bensoussan L, Mesure S, Viton JM, et al. Kinematic and kinetic asymmetries in hemiplegic patients' gait initiation patterns[J]. J Rehabil Med, 2006, 38:287—294.
- [9] McCain KJ, Pollo FE, Baum BS, et al. Locomotor treadmill training with partial body-weight support before overground gait in adults with acute stroke: a pilot study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89:684—691.
- [10] Franceschini M, Carda S, Agosti M, et al. Walking after stroke: what does treadmill training with body weight support add to overground gait training in patients early after stroke?: a single-blind, randomized, controlled trial[J]. Stroke, 2009, 40:3079—3085.
- [11] Patterson SL, Rodgers MM, Macko RF, et al. Effect of treadmill exercise training on spatial and temporal gait parameters in subjects with chronic stroke: a preliminary report[J]. Journal of Rehabilitation Research & Development, 2008, 45 (2): 221—228.
- [12] Harris-Love ML, Forrester LW, Macko RF, et al. Hemiparetic gait parameters in overground versus treadmill walking[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2001, 15(2):105—112.
- [13] Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, et al. Enhanced gait-related improvements after therapist- versus robotic-assisted locomotor training in subjects with chronic stroke: a randomized controlled study[J]. Stroke, 2008, 39: 1786—1792.
- [14] Walker ML, Ringleb SI, Maihafer GC, et al. Virtual reality-enhanced partial body weight supported treadmill training post stroke: feasibility and effectiveness in 6 subjects[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2010, 91:115—122.
- [15] Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, et al. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial[J]. Gait & Posture, 2008, 28: 201—206.