

# 虚拟现实同步减重训练脑梗死患者可改善下肢运动功能

肖湘<sup>1,2</sup>, 毛玉蓉<sup>1</sup>, 赵江莉<sup>1</sup>, 李乐<sup>1</sup>, 徐光青<sup>1</sup>, 黄东锋<sup>1</sup> (1中山大学附属第一医院康复医学科, 广东省广州市 510080; 2深圳市第五人民医院(罗湖人民医院)康复医学科, 广东省深圳市 518001)

## 文章亮点:

- 1 实验采用随机对照设计, 比较虚拟现实同步减重训练和常规物理治疗对脑梗死患者下肢运动功能的作用。
- 2 减重平板训练运用于脑卒中步态训练的相关研究有较多报道, 而虚拟现实与减重平板相结合的训练方法较为新颖。
- 3 实验研究对象为早期脑梗死患者, 使用三维步态系统检测脑梗死患者的时间、空间步态参数, 评估多项下肢功能相关量表, 并进行训练前后组内和两组间的比较, 较为全面的反映了步态的时间、空间特点。
- 4 实验阐明了虚拟现实同步减重训练改善脑梗死患者多项时间、空间步态参数的机制。指出虚拟现实同步减重训练运用于早期脑梗死步态训练较常规物理治疗有优越性。

## 关键词:

组织构建; 组织工程; 脑梗死; 减重; 虚拟现实; 运动; 下肢; 步态; 平板; 国家自然科学基金

## 主题词:

脑梗死; 步态; 下肢; 运动试验; 亚急性期

## 基金资助:

国家自然科学基金(30973165)

## 摘要

**背景:** 脑卒中患者多有步行功能障碍, 虚拟现实同步减重训练开始运用于脑梗死患者的步态训练。

**目的:** 评估虚拟现实同步减重训练对亚急性期脑梗死患者下肢运动功能的影响。

**方法:** 20例起病3个月内的脑梗死患者随机分配至实验组(虚拟现实同步减重训练)和常规组(常规物理治疗)。在3周步态训练前后各做一次三维步态并进行下肢运动功能评估。对以下参数进行训练前后组内和组间对比: 步行速度、步调、步行时间、单腿支撑时间(%)、双腿支撑时间(%)、摆动时间、步长、步幅、下肢各关节活动度、功能性步行分类、下肢 Fugl-Meyer 评分和 Brunel 平衡评分。

**结果与结论:** 训练前两组患者的性别、年龄、病程、偏瘫侧、步行速度、功能性步行分类、下肢 Fugl-Meyer 评分和 Brunel 平衡评分差异无显著性( $P > 0.05$ )。训练后两组患者的下肢 Fugl-Meyer 评分和功能性步行分类均有改善( $P < 0.05$ )。实验组在步行速度、步调、患侧步行时间、健侧步行时间、患侧单腿支撑时间、患侧摆动时间、健侧摆动时间、步幅、患侧步长和健侧步长的改善方面较常规组有优势。

肖湘, 毛玉蓉, 赵江莉, 李乐, 徐光青, 黄东锋. 虚拟现实同步减重训练脑梗死患者可改善下肢运动功能[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(7):1143-1148.

## Virtual reality-enhanced body weight-supported treadmill training improved lower limb motor function in patients with cerebral infarction

Xiao Xiang<sup>1,2</sup>, Mao Yu-rong<sup>1</sup>, Zhao Jiang-li<sup>1</sup>, Li Le<sup>1</sup>, Xu Guang-qing<sup>1</sup>, Huang Dong-feng<sup>1</sup> (1Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China; 2Department of Rehabilitation Medicine, Shenzhen Fifth People's Hospital (Shenzhen Luohu People's Hospital), Shenzhen 518001, Guangdong Province, China)

## Abstract

**BACKGROUND:** Most stroke patients affected walking dysfunction. Virtual reality-enhanced body weight-supported treadmill training has been proposed as a strategy for gait training of cerebral infarction subjects.

**OBJECTIVE:** To evaluate the effectiveness of virtual reality-enhanced body weight-supported treadmill training on lower limb motor function in subacute cerebral infarction patients.

**METHODS:** Twenty cerebral infarction patients (within 3 months of onset) were randomly divided into experiment group (virtual reality-enhanced body weight-supported treadmill training) and control group (conventional physiotherapy). Three-dimensional gait analysis in lower limb motor function was carried out before and after 3-week gait training. Intergroup and intragroup comparisons in the following parameters were done before and after training: walking speed, cadence, step time, single limb support time (%), double limb support time (%), nonparetic swing (%), step length, pace, range of motion in the lower limb, functional ambulation category, Fugl-Meyer Assessment of the lower limbs and Brunel Balance Assessment.

**RESULTS AND CONCLUSION:** No significant differences in patient's gender, age, course of disease, affected.

肖湘, 女, 1976年生, 湖南省益阳市人, 汉族, 2012年中山大学毕业, 博士, 主治医师, 主要从事神经康复的研究。

通讯作者: 黄东锋, 教授, 博士生导师, 中山大学附属第一医院康复医学科, 广东省广州市 510080

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2014.07.026  
<http://www.crter.org>

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2014)07-01143-06

稿件接受: 2013-12-04

Xiao Xiang, M.D., Attending physician, Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China; Department of Rehabilitation Medicine, Shenzhen Fifth People's Hospital (Shenzhen Luohu People's Hospital), Shenzhen 518001, Guangdong Province, China

Corresponding author: Huang Dong-feng, Professor, Doctoral supervisor, Department of Rehabilitation Medicine, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, Guangdong Province, China

Accepted: 2013-12-04

side, walking speed, functional ambulation category, Fugl-Meyer Assessment of the lower limbs and Brunel Balance Assessment were detected between the two groups before training ( $P > 0.05$ ). Fugl-Meyer Assessment and functional ambulation category were improved in patients of the two groups after training ( $P < 0.05$ ). The improvement in walking speed, cadence, step time in affected side, step time in healthy side, single limb support time in affected side (%), nonparetic swing (%), pace, step lengths in affected and healthy sides were better in the experimental group than those in the control group.

**Subject headings:** infarction; gait; lower extremity; exercise test; subacute

**Funding:** the National Natural Science Foundation of China, No. 30973165

Xiao X, Mao YR, Zhao JL, Li L, Xu GQ, Huang DF. Virtual reality-enhanced body weight-supported treadmill training improved lower limb motor function in patients with cerebral infarction. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2014;18(7):1143-1148.

## 0 引言 Introduction

脑卒中多伴有程度不同的后遗症, 包括运动障碍、言语障碍、学习记忆下降和空间识别及认知能力减低, 严重影响患者生存质量, 加大经济和社会负担<sup>[1-2]</sup>。有资料表明脑卒中患者进行运动训练不仅在训练的当时能使神经系统功能活动发生短暂的变化, 而且还能起到锻炼和加强大脑皮质的活动能力的作用, 使神经系统的兴奋性和反应性都大为改善; 运动可促使大脑皮质厚度增加, 蛋白质含量增加及新的血管生成<sup>[3-5]</sup>。

步行功能障碍是影响脑卒中患者日常生活活动能力的重要因素, 步行能力的恢复是脑卒中康复的最基本内容和目标<sup>[6]</sup>。过去传统康复观念认为脑卒中后3-6个月是功能恢复的最佳时期, 超过此时期患者的功能恢复会进入一个平台期, 进展很缓慢或停止, 肢体运动障碍的情况也趋于稳定, 不容易被改变。步行速度、步长、步调的减少是脑卒中患者步态的主要特点<sup>[7-8]</sup>, 独立生活能力几乎等同于步行能力<sup>[3]</sup>, 因而脑卒中中的康复通常以步态训练为基础。

平板训练是一种专项重复性训练, 可改善脑卒中患者的步行速度和步行姿势<sup>[9-10]</sup>。减重支持平板训练(body weight support treadmill training, BWSTT)运用减重吊带系统转移患者的部分体重, 使偏瘫患者在疾病早期即可开始步态训练, 对下肢运动功能的疗效优于普通平板训练<sup>[6]</sup>。虚拟现实(virtual reality, VR)系统由计算机、输入输出设备和开发软件环境组成, 模拟外界环境对人的感官刺激, 使用户沉浸到虚拟的环境中。虚拟现实技术与减重支持平板训练结合即为虚拟现实同步减重步态训练(virtual reality-enhanced body weight-supported treadmill training, VR+BWSTT)。虚拟现实系统运行的速度与活动平板速度相匹配, 使简单的重复性训练转换为有目的、有趣味性的训练<sup>[11-13]</sup>。

作者前期研究报告显示VR+BWSTT和常规物理治疗均可改善脑卒中患者的步行速度和单腿支撑时间不对称性, 而VR+BWSTT还可改善步长不对称性和患侧髋关节最大后伸角度<sup>[14]</sup>。试验进一步评估VR+BWSTT和常规物理治疗对亚急性期脑梗死患者下肢运动功能的疗效。作者课题组临床试验观察减重平板步行训练对早期脑卒中偏瘫患者下肢动力学的影响<sup>[15]</sup>, 认为减重平板步行训练能促进早期脑卒中患者下肢运动功能恢复, 提高偏瘫侧下肢地面反作

用力, 增强患侧肢体负重能力及地面推进力, 同时还能改善脑卒中偏瘫患者下肢异常运动模式。

本次临床实验已获得中山大学附属第一医院伦理委员会的批准。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

**设计:** 回顾性病例分析。

**时间及地点:** 于2009年10月至2012年6月在中山大学附属第一医院完成。

**对象:** 选择住院的脑梗死患者20例做临床观察, 所有受试患者均为右利足。

**诊断标准:** 均符合2010年中华医学会神经病学分会急性缺血性脑卒中诊治指南的标准, 即运用平扫CT或标准MRI对脑部病变检查<sup>[16]</sup>。

**纳入标准:** ①年龄40-80岁。②首次发生的单侧皮质或皮质下脑梗死(经头颅MRI或CT确诊)。③10 m步行时间异常<sup>[17]</sup>。④病程≤3个月。⑤生命体征平稳。⑥1人帮助或拄拐杖时能够步行10 m以上。

**排除标准:** ①小脑、脑干梗死。②四肢瘫痪。③意识障碍。④呼吸衰竭或充血性心力衰竭。⑤帕金森病。⑥近期心肌梗死。⑦近期下肢骨折。⑧近期下肢深静脉血栓。⑨既往有脑卒中病史且遗留步行功能障碍者。

**方法:**

**分组:** 将以上患者随机均分配为两组( $n=10$ ), 实验组采用VR+BWSTT, 常规组采用常规物理治疗。两组患者基线资料比较, 差异无显著性意义。

**评估和康复方案:**

**功能评定:** 患者以舒适的步行速度在步态训练前后使用Vicon Nexus系统(英国VICON公司)各进行1次三维步态分析。同时检测10 m步行速度、功能性步行分类、下肢Fugl-Meyer评分和Brunel平衡评分<sup>[18-19]</sup>。

**干预实验方案:** 两组患者均训练3周, 每周5次, 共15次。常规组每次进行常规主动运动1 h。内容包括: 肌力训练、徒手牵伸、躯干平衡、转移、平地步态训练以及上下楼梯训练等。实验组每次在平板上训练的时间为20-40 min, 加上间隔休息时间共1 h。患者做平板训练时, 同时观看前行移动的各种虚拟现实社区场景。根据患者的步

行功能设定初始的减重比, 实验中患者初始的减重比为 0-30%。训练开始后, 治疗师尽快降低减重比, 使患者能完全负重训练。平板速度从 0.5-0.9 mile/h 开始, 每次训练在保证较好的步行姿势的前提下尽量加快步行速度。

**主要观察指标:** ①三维步态分析检测到的步态时间、空间参数。②平衡功能。③功能性步行分类评估患者步行

的独立程度。④下肢 Fugl-Meyer 评分综合评估下肢运动平衡功能。

**统计学分析:** 采用 SPSS 15.0 统计软件进行分析, 计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示。两组间的比较采用  $t$  检验, 训练前后的比较采用配对  $t$  检验。计数资料比较采用  $\chi^2$  检验, 设  $P < 0.05$  为差异有显著性意义。

#### 下肢 Fugl-Meyer 评分:

项目	0 分	1 分	2 分
1. 有无反射活动(仰卧位)			
(1) 跟腱反射	无反射活动		有反射活动
(2) 膝腱反射	无反射活动		有反射活动
2. 屈肌协同运动(仰卧位)			
(3) 髋关节屈曲	不能进行	部分进行	充分进行
(4) 膝关节屈曲	不能进行	部分进行	充分进行
(5) 踝关节屈曲	不能进行	部分进行	充分进行
3. 伸肌协同运动(仰卧位)			
(6) 髋关节伸展	没有运动	微弱运动	几乎与对侧相同
(7) 膝关节伸展	没有运动	微弱运动	几乎与对侧相同
(8) 踝关节伸展	没有运动	微弱运动	几乎与对侧相同
(9) 踝关节屈曲坐位	没有运动	微弱运动	几乎与对侧相同
4. 伴协同运动的活动(坐位)			
(10) 膝关节屈曲	无主动运动	膝关节能从微伸位屈曲, 但 $< 90^\circ$	屈曲 $> 90^\circ$
(11) 踝关节背屈	不能主动背屈	主动背屈不完	正常背屈站立
5. 脱离协同运动的活动(站位)			
(12) 膝关节背屈	在髋关节伸展位时不能屈膝	髋关节 $0^\circ$ 时膝关节能屈曲 $< 90^\circ$ , 或进行时髋屈曲	能自如运动
(13) 踝关节背屈坐位	不能自主活动	能部分背屈	能充分背屈
6. 反射亢进(坐位)			
(14) 查跟腱、膝和膝屈肌三张反射	2-3 个明显亢进	1 个反射亢进或 2 个反射活跃	活跃的反射 $\leq 1$
7. 协调能力和速度(跟-膝-胫试验, 快速连续作 5 次)(仰卧位)			
(15) 震颤	明显震颤	轻度震颤	无震颤
(16) 辨距障碍	明显不规则	轻度规则	无
(17) 速度	比健侧长 6 s	比健侧长 2-5s	比健侧长 2s

表 1 纳入脑梗死 20 例患者的临床特征

Table 1 Clinical characteristics of 20 patients with cerebral infarction

项目	实验组(n=10)	常规组(n=10)
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	57.10 $\pm$ 10.43	62.20 $\pm$ 10.21
性别(女性/男性)	2/8	4/6
病程( $\bar{x} \pm s$ , d)	44.40 $\pm$ 14.78	40.80 $\pm$ 16.52
偏瘫侧(左侧/右侧)	5/5	6/4
使用踝足矫形器(n)	3	2
使用拐杖(n)	1	2
糖尿病(n)	3	5
原发性高血压(n)	9	7

表注: 两组患者在年龄、性别、病程、偏瘫侧、步行辅助装置的使用和并发高血压、糖尿病的情况差异无显著性( $P > 0.05$ )。

表 2 两组患者训练前后的下肢 Fugl-Meyer 评分、Brunel 平衡评分和功能性步行分类的比较

Table 2 Comparison of Fugl-Meyer Assessment of the lower limbs and Brunel Balance Assessment and functional ambulation category in patients of the two groups before and after training

		$(\bar{x} \pm s)$	
评分		实验组(n=10)	常规组(n=10)
下肢 Fugl-Meyer 评分	训练前	21.50 $\pm$ 5.32	23.00 $\pm$ 7.30
	训练后	24.40 $\pm$ 4.67 <sup>a</sup>	26.57 $\pm$ 5.88 <sup>a</sup>
Brunel 平衡评分	训练前	12.40 $\pm$ 1.71	12.71 $\pm$ 1.60
	训练后	13.30 $\pm$ 1.25	13.14 $\pm$ 1.22
功能性步行分类	训练前	3.50 $\pm$ 1.08	3.14 $\pm$ 0.69
	训练后	4.00 $\pm$ 1.16 <sup>a</sup>	3.71 $\pm$ 0.49 <sup>a</sup>

表注: 训练后两组患者的下肢 Fugl-Meyer 评分和功能性步行分类均较训练前增高。与训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$

表3 两组脑梗死患者训练前后步态参数的变化

Table 3 Changes in gait parameters in cerebral infarction patients of the experimental group and control group before and after training

步态参数	实验组		常规组	
	训练前	训练后	训练前	训练后
<b>时间参数</b>				
步调(步/min)	62.30±15.75	70.01±12.51 <sup>a</sup>	74.89±22.79	76.95±19.78
患侧步行时间(s)	1.20±0.26	0.90±0.29 <sup>a</sup>	0.99±0.49	0.88±0.31
健侧步行时间(s)	0.95±0.36	0.72±0.09 <sup>a</sup>	0.79±0.25	0.77±0.26
患侧摆动时间(%)	35.48±7.21	38.42±4.23 <sup>a</sup>	43.79±9.78 <sup>a</sup>	38.96±6.10
健侧摆动时间(%)	25.75±6.83	31.96±6.24 <sup>a</sup>	35.34±8.63 <sup>a</sup>	34.21±7.21
患侧单腿支撑时间(%)	25.64±5.91	31.83±4.54 <sup>a</sup>	35.30±8.24 <sup>a</sup>	34.34±3.45
健侧单腿支撑时间(%)	35.37±6.40	38.54±3.79	43.82±10.27 <sup>a</sup>	38.82±4.35
双腿支撑时间(%)	38.97±6.85	29.62±9.49	21.86±12.79	26.84±3.63
<b>空间参数</b>				
步幅(m)	0.55±0.13	0.67±0.15 <sup>a</sup>	0.64±0.18	0.69±0.18
患侧步长(m)	0.29±0.06	0.35±0.08 <sup>a</sup>	0.32±0.10	0.34±0.09
健侧步长(m)	0.26±0.09	0.32±0.09 <sup>a</sup>	0.32±0.11	0.34±0.10
患侧髋关节活动度(°)	27.51±11.5	30.91±7.88	25.81±7.23	28.66±8.77
健侧髋关节活动度(°)	33.37±8.61	38.43±8.48	33.41±5.71	35.78±6.95
患侧膝关节活动度(°)	27.98±12.27	36.55±15.46	39.70±12.27 <sup>a</sup>	39.51±11.97
健侧膝关节活动度(°)	43.99±10.87	51.53±6.80	50.56±10.19	49.10±10.31
患侧踝关节活动度(°)	19.45±4.87	19.39±6.64	18.87±5.49	18.81±6.37
健侧踝关节活动度(°)	18.98±6.01	20.38±5.48	18.55±4.41	18.86±6.449
<b>空间/时间参数</b>				
10 m 步行速度(m/s)	0.36±0.13	0.56±0.19 <sup>a</sup>	0.47±0.22	0.50±0.20

表注: 实验组训练后步调、患侧单腿支撑时间、患侧摆动时间、健侧摆动时间、步幅、健侧步长、患侧步长和 10 m 步行速度较训练前增高, 患侧步行时间、健侧步行时间较训练前缩短。与实验组训练前比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ 。

## 2 结果 Results

2.1 纳入患者一般资料分析 两组患者训练前的临床特征(表1)。

2.2 纳入患者随访分析情况 两组患者均完成了训练, 并在训练前后进行了三维步态分析和各项量表评估, 试验过程中无脱失, 20例患者均进入结果分析。

2.3 实验组的训练参数 实验组有6名患者训练开始时双下肢可负重, 无需减重, 其余患者训练开始时减重比为10%~30%, 所有患者在训练结束时双下肢均可负重, 不需要减重。训练开始时平板速度为(0.78±0.44) mile/h, 所有患者均完成了训练, 训练结束时平板速度为(1.61±0.50) mile/h。1名患者诉训练中间有头晕, 所有患者均未出现心悸、胸闷、呕吐等不良反应。

2.4 患者训练前后下肢Fugl-Meyer评分、Brunel平衡评分和功能性步行分类的变化情况 训练前两组患者的下肢Fugl-Meyer评分、Brunel平衡评分和功能性步行分类差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。训练后两组患者的下肢Fugl-Meyer评分和功能性步行分类均较训练前增高( $P < 0.05$ )。训练后两组患者的下肢Fugl-Meyer评分、Brunel平衡评分和功能性步行分类差异无显著性意义( $P > 0.05$ , 表2)。

2.5 患者训练前后步态参数的变化情况 训练前两组患者步调、患侧步行时间、健侧步行时间、双腿支撑时间(%)、步幅、健侧步长、患侧步长、双侧髋、踝关节活动度、健侧膝关节活动度和10 m步行速度差异无显著性( $P > 0.05$ )。

实验组患侧单腿支撑时间(%)、健侧单腿支撑时间(%)、患侧摆动时间(%)、患侧摆动时间(%)、健侧摆动时间(%)、患侧膝关节活动度均小于常规组( $P < 0.05$ )。实验组训练后步调、患侧单腿支撑时间(%)、健侧摆动时间(%)、步幅、健侧步长、患侧步长和10 m步行速度较训练前增高( $P < 0.05$ )，患侧步行时间、健侧步行时间较训练前缩短( $P < 0.05$ )。常规组训练后所有步态参数与训练前比较, 差异无显著性意义( $P > 0.05$ , 表3)。

## 3 讨论 Discussion

功能性步行分类评估患者步行功能的独立程度, 下肢Fugl-Meyer评分评估患者的下肢运动功能和平衡协调能力, 实验显示两组患者训练后该两项量表均有改善, 即下肢整体运动功能有进步<sup>[20-21]</sup>。但VR+BWSST在改善步态的时间、空间参数方面较常规物理治疗有优势。

有实验证实, 减重可增加肢体前进的动力, 增加脑卒中患者的步行速度、步长和步幅<sup>[22-23]</sup>。平板训练也可改善脑卒中患者的步行速度、步调、患侧步行时间、健侧步行时间、健侧步长、患侧步长和健侧单腿支撑时间<sup>[4, 24]</sup>。减重支持平板训练可以调整步态的承重、步幅和平衡。在进行该训练时, 患者采用重复和有节律的步幅。步行速度通常是评估步行功能的最重要指标<sup>[25]</sup>。步行速度由步幅和步调决定。患腿功能恢复, 其前进的动力增加, 可带动健腿增加健侧步长, 因而实验组训练后健侧步长和患侧步长均

增加,步幅相应增加。VR+BWSTT使双侧步行时间均减少,导致步调增加<sup>[26]</sup>。所以实验组步行速度的增加与步幅、步调的增加均有关,这与Patterson等<sup>[27]</sup>关于平板训练的研究结论完全一致。前期研究<sup>[8]</sup>显示VR+BWSTT和常规物理治疗均可改善脑卒中患者的步行速度<sup>[8]</sup>,但前期研究样本量小且有脑出血患者,与本研究对象不完全一致。

患侧单腿支撑时间增加与步行速度增高也有相关性<sup>[28]</sup>。平板训练使髋关节在站立相伸展,延长患侧单腿支撑期的时间。减重也可减少与负重相关肌肉的负担,延长患侧单腿支撑时间,健侧摆动时间相应地增加<sup>[29-30]</sup>。常规组患侧单腿支撑时间(%)无改善与其治疗前该参数较高有关。刘晓冬等<sup>[31]</sup>对照分析了48例常规训练和减重平板步行患者的临床效果,减重平板步行患者在常规训练基础上进行减重平板步行训练,在此间分三阶段强化患者负重、膝踝控制、屈髋和踝背伸能力,结果Motricity index中下肢肌力积分、Berg平衡量表、Fugl-Meyer运动功能量表、Barthel指数均好于常规训练患者,但10米最大步行速度、步长、步调以及步态评分较差,不如常规训练患者。

虚拟现实提供丰富的训练环境,提高患者训练的趣味性,并提供训练反馈,可改善脑卒中患者的步行速度、步调、步行时间、步幅和步长<sup>[32]</sup>。Mirelman等<sup>[33]</sup>的研究显示虚拟现实训练可改善脑卒中患者的膝关节和踝关节活动度,而不能增大髋关节活动度。国内学者杨雨洁等<sup>[34]</sup>系统评价虚拟现实技术对脑卒中患者上下肢运动功能康复的效果,纳入20篇文献,其中上肢运动功能相关13篇,下肢运动功能相关7篇。通过Jadad评分,低质量16篇,高质量4篇。通过Meta分析认为虚拟现实技术能明显改善脑卒中后患者上肢运动功能,但对于脑卒中患者下肢运动功能的恢复无明显疗效。本实验中实验组患者训练后踝关节和膝关节活动度无改善可能与本研究的虚拟现实训练场景和任务的设置与Mirelman等的差异较大有关,且训练前患者踝关节活动度较好有关。

减重系统和虚拟现实系统均可改善患者平衡功能<sup>[35-37]</sup>。有研究显示虚拟现实与平板结合可改善脑卒中患者的步行速度和平衡功能<sup>[7,38]</sup>。本研究中实验组患者的平衡功能改善无显著性与患者在训练前平衡功能较好有关(Brunel平衡评分满分为14分,有天花板效应)。

卒中后尽早康复训练可促进皮层功能重组,获得更好的疗效<sup>[39]</sup>。训练有针对性、丰富的训练环境和高强度重复训练是运动功能康复的关键<sup>[40]</sup>。VR+BWSTT较好地结合了以上要素,因而其在脑卒中后早期应用可使下肢运动功能康复疗效最大化<sup>[41-42]</sup>。

试验显示VR+BWSTT在改善亚急性期脑梗死患者的步行速度、步调、步行时间、患侧单腿支撑时间(%)、健侧摆动时间(%)、步幅和步长方面较常规物理治疗有优势。

**作者贡献:** 肖湘收集资料、进行论文写作,毛玉璐对患者做

步态训练并检测三维步态,赵江莉进行量表评估,李乐审校文章,徐光青参与实验设计,黄东锋教授进行实验设计,对文章负责。

**利益冲突:** 文章及内容不涉及相关利益冲突。

**伦理要求:** 临床实验已获得中山大学附属第一医院伦理委员会的批准。

**医生资质:** 课题组的实施者临床工作均在10年以上、职称在主治医师以上,经过相关培训。

**学术术语:** 减重支持平板训练-运用减重吊带系统转移患者的部分体重,使偏瘫患者在疾病早期即可开始步态训练。虚拟现实模拟外界环境对人的感官刺激,使用户沉浸到虚拟的环境中。虚拟现实系统运行的速度与活动平板速度相匹配使两者相结合即为虚拟现实同步减重步态训练。

**作者声明:** 文章为原创作品,无抄袭剽窃,无泄密及署名和专利争议,内容及数据真实,文责自负。

#### 4 参考文献 References

- [1] Nilsson L, Carlsson J, Danielsson A, et al. Walking training of patients with hemiparesis at an early stage after stroke: a comparison of walking training on a treadmill with body weight support and walking training on the ground. Clin Rehabil. 2001; 15(5):515-527.
- [2] Alptekin N, Gok H, Geler-Kulcu D, et al. Efficacy of treatment with a kinaesthetic ability training device on balance and mobility after stroke: a randomized controlled study. Clin Rehabil. 2008;22(10-11):922-930.
- [3] French B, Thomas L, Leathley M, et al. Does repetitive task training improve functional activity after stroke? A Cochrane systematic review and meta-analysis. J Rehabil Med. 2010; 42(1):9-14.
- [4] Daly JJ, Ruff RL. Construction of efficacious gait and upper limb functional interventions based on brain plasticity evidence and model-based measures for stroke patients. ScientificWorldJournal. 2007;7:2031-2045.
- [5] Prado-Medeiros CL, Sousa CO, Souza AS, et al. Effects of the addition of functional electrical stimulation to ground level gait training with body weight support after chronic stroke. Rev Bras Fisioter. 2011;15(6):436-444.
- [6] 张大威,叶祥明,林坚,等.下肢任务导向性训练对慢性期脑卒中患者步行能力的影响[J].中国康复医学杂志,2011,26(8):768-770.
- [7] Chen G, Patten C, Kothari DH, et al. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. Gait Posture. 2005;22(1):51-56.
- [8] Goldie PA, Matyas TA, Evans OM. Gait after stroke: initial deficit and changes in temporal patterns for each gait phase. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(8):1057-1065.
- [9] Sudarsky L. Geriatrics: gait disorders in the elderly. N Engl J Med. 1990;17: 322(20):1441-1446.
- [10] Globas C, Becker C, Cerny J, et al. Chronic stroke survivors benefit from high-intensity aerobic treadmill exercise: a randomized control trial. Neurorehabil Neural Repair. 2012; 26(1):85-95.
- [11] Gjellesvik TI, Brurok B, Hoff J, et al. Effect of high aerobic intensity interval treadmill walking in people with chronic stroke: a pilot study with one year follow-up. Top Stroke Rehabil. 2012;19(4):353-360.

- [12] Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, et al. A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*. 1998;29(6):1122-1128.
- [13] Walker ML, Ringleb SI, Maihafer GC, et al. Virtual reality-enhanced partial body weight-supported treadmill training poststroke: feasibility and effectiveness in 6 subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(1):115-122.
- [14] 肖湘,毛玉璐,李乐,等. 虚拟现实同步减重训练对脑卒中患者步态影响的对照研究[J]. 中国康复医学杂志, 2012,27(6):533-537.
- [15] 毛玉璐,李乐,肖湘,等. 减重平板训练对早期脑卒中患者下肢运动力矩峰值的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2013,35(1):21-24.
- [16] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 急性缺血性脑卒中诊治指南2010. *中华神经科杂志*,2010,43(2):146-152.
- [17] Wade DT, Wood VA, Heller A, et al. Walking after stroke. Measurement and recovery over the first 3 months. *Scand J Rehabil Med*. 1987;19(1):25-30.
- [18] 杨雅琴,王拥军,冯涛,等. 平衡评价量表在临床中的应用[J]. 中国康复理论与实践,2011,17(8):709-712.
- [19] 肖灵君,廖丽贞,燕铁斌,等. Brunel平衡量表中文版的开发及信度研究[J]. 中国康复医学杂志,2009,25(2):145-148.
- [20] 孟殿怀,伊文超,顾昭华,等. 功能性电刺激辅助步行设备对脑卒中足下垂患者步态时空参数的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2013,28(10):923-928.
- [21] 瓮长水,王军,潘小燕,等. 强制性使用运动疗法对慢性期脑卒中患者上肢运动功能的康复疗效[J]. 中国康复理论与实践,2006, 12(10):890-892.
- [22] Burgess JK, Weibel GC, Brown DA. Overground walking speed changes when subjected to body weight support conditions for nonimpaired and post stroke individuals. *J Neuroeng Rehabil*. 2010;7:6.
- [23] Sousa CO, Barela JA, Prado-Medeiros CL, et al. The use of body weight support on ground level: an alternative strategy for gait training of individuals with stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2009;1:6:43.
- [24] 李卫东,李红桃. 急性脑梗死患者偏瘫早期康复的介入对上下肢运动功能恢复的疗效观察[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2001,5(23):63-67.
- [25] Leddy AL, Crowner BE, Earhart GM. Functional gait assessment and balance evaluation system test: reliability, validity, sensitivity, and specificity for identifying individuals with Parkinson disease who fall. *Phys Ther*. 2011;91(1):102-113.
- [26] 马超,麦明泉,许俭兴,等. 脑梗死急性期下肢运动功能恢复与体感诱发电位变化的关系[J]. 中国康复理论与实践,2004,10(2):88-89.
- [27] 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 Rehabil Res*. 2008;45(2):221-228.
- [28] Balasubramanian CK, Bowden MG, Neptune RR, et al. Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):43-49.
- [29] 黄怡,陈瑞林,万新炉,等. 减重步行训练对脑梗死偏瘫患者下肢运动能力的影响[J]. 实用医学杂志,2009,37(14):2270-2272.
- [30] 李海峰,王俊华,徐远红,等. 减重步行训练对脑源性步态异常患者步行能力的影响[J]. 中国临床康复,2004,8(28):6046.
- [31] 刘晓冬,董继革,孙丽,等. 减重平板步行训练对脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的影响[J]. 中国现代医学杂志,2013,23(21):85-88.
- [32] Lamontagne A, Fung J. Faster is better: implications for speed-intensive gait training after stroke. *Stroke*. 2004;35(11):2543-2548.
- [33] Mirelman A, Patriitti BL, Bonato P, et al. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait Posture*. 2010;31(4):433-437.
- [34] 杨雨洁,岳雨珊,郭佳宝,等. 虚拟现实技术对脑卒中患者上下肢运动功能康复效果的系统评价[J]. 中国康复理论与实践,2013, 19(8):710-721.
- [35] Kim JH, Jang SH, Kim CS, et al. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;88(9):693-701.
- [36] Westlake KP, Patten C. Pilot study of Lokomat versus manual-assisted treadmill training for locomotor recovery post-stroke. *J Neuroeng Rehabil*. 2009;12;6:18.
- [37] Yang S, Hwang WH, Tsai YC, et al. Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training. *Am J Phys Med Rehabil*. 2011;90(12): 969-978.
- [38] Peurala S H, Airaksinen O, Jäkälä P, et al. Effects of intensive gait-oriented physiotherapy during early acute phase of stroke. *J Rehabil Res Dev*. 2007;44(5):637-648.
- [39] Deutsch JE. Using virtual reality to improve walking post-stroke: translation to individuals with diabetes. *J Diabetes Sci Technol*. 2011;1;5(2):309-314.
- [40] 丁德权,谭峰,张明霞,等. Bobath技术加功能性电刺激对急性脑梗死患者下肢运动功能的影响[J]. 按摩与康复医学,2012,3(18):3-4.
- [41] 李红颖,单晶丽,王凤军. 肢体智能反馈训练系统在脑梗死后患者肢体康复中的应用[J]. 中国伤残医学,2013,21(8):44-46.
- [42] Galen S, Wiggins L, McWilliam R, et al. A combination of Botulinum Toxin A therapy and Functional Electrical Stimulation in children with cerebral palsy- A pilot study. *Technol Health Care*. 2012;20(1):1-9.