

## 虚拟现实技术对脑卒中偏瘫患者平衡稳定性的影响\*

曹永生<sup>1,2,3</sup> 李哲<sup>1,2,3,4</sup> 王国胜<sup>1,2,3</sup> 郝道剑<sup>1</sup>

## 摘要

**目的:**探讨虚拟现实技术(virtual reality, VR)对脑卒中偏瘫患者平衡稳定性的影响。

**方法:**采用随机数字表法,将40例脑卒中偏瘫患者随机分为试验组和对照组各20例,对照组给予传统平衡康复训练,试验组给予虚拟现实技术训练治疗。观察分析治疗前、治疗4周后部分核心肌群表面肌电图(surface electromyography, sEMG)、Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)、Dynstable系统中的“Assessment”(评测)程序稳定极限(limits of stability)、稳定时间(time to stability)。

**结果:**治疗前两组受试者一般资料及sEMG、BBS、稳定极限、稳定时间无显著性差异( $P>0.05$ )。治疗4周后,两组BBS较治疗前显著改善( $P<0.05$ ),且试验组优于对照组( $P<0.05$ );竖脊肌、多裂肌以及腹直肌的sEMG、稳定极限及稳定时间均较治疗前改善( $P<0.05$ ),且试验组优于对照组( $P<0.05$ )。

**结论:**虚拟现实技术可更有效地改善脑卒中偏瘫患者平衡稳定性。

**关键词** 脑卒中;平衡;虚拟现实;偏瘫

中图分类号:R473, R743.3 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2023)-05-0631-07

Effects of virtual reality technology on balance control and standing stability of stroke patients with hemiplegia/CAO Yongsheng, LI Zhe, WANG Guosheng, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(5): 631—637

## Abstract

**Objective:** To explore the effect of virtual reality on balance control and standing stability of stroke patients with hemiplegia.

**Method:** Based on random number method, 40 stroke patients with hemiplegia were randomly divided into test group and control group, with 20 cases in each group. The test group was treated the virtual reality training while the control group was given the traditional balance rehabilitation treatment. The surface electromyography(sEMG) of some core muscles, Berg Balance Scale(BBS), and the limits of stability and time to stability of “Assessment” program in Dynstable system were observed and analyzed before and 4 weeks after the training.

**Result:** There were no significant differences in general data, sEMG, BBS, limits of stability and time to stability between the two groups before training ( $P>0.05$ ). After 4 weeks of training, BBS were significantly improved in both groups ( $P<0.05$ ), and the test group was better than the control group ( $P<0.05$ ). The sEMG of target muscles including erector spinae, multifidi and rectus abdominis, and limits of stability and time to stability were all improved in comparison to before training ( $P<0.05$ ), and the test group improved more than the control group ( $P<0.05$ ).

**Conclusion:** Virtual reality technology can effectively improve balance stability in stroke patients with hemiplegia.

**Author's address** Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan, 450052

**Key word** stroke; balance control; virtual reality; hemiplegia

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.05.008

\*基金项目:河南省医学科技攻关计划省部共建项目(SBGJ202002092)

1 郑州大学第五附属医院,河南省郑州市,450052; 2 郑州大学康复医学研究所; 3 河南省康复医学重点试验室; 4 通讯作者  
第一作者简介:曹永生,男,硕士研究生; 收稿日期:2021-09-14

脑卒中(stroke)是指突发的由多种原因导致脑血管病变引起局限性或全脑功能障碍,持续时间超过24h或引起死亡的临床症候群,是全世界成年人第二大死亡原因和第三大致残原因<sup>[1]</sup>。脑卒中的疾病负担日益增长,目前脑卒中已经成为我国成年人致死、致残的首要病因<sup>[2]</sup>。脑卒中后患者常出现异常的运动模式,平衡功能往往受损,跌倒风险也随之增加<sup>[3]</sup>,严重影响个人日常生活能力和社会能力。因此,针对脑卒中患者的平衡功能和稳定性的康复训练备受重视和关注。传统的康复治疗注重技术动作分解改善患者肌肉力量、缓解张力,但对于平衡功能改善效果有待提高。虚拟现实(virtual reality, VR)作为新兴技术目前逐渐用于医学等多领域,其在康复医学改善卒中患者功能障碍起到积极作用<sup>[4-6]</sup>。目前鲜有虚拟现实技术康复训练改善核心肌群变化与平衡功能的报道,本研究采用虚拟现实技术对脑卒中单侧偏瘫患者进行治疗,观察治疗前后部分核心肌群表面肌电均方根值(root mean square, RMS)的变化,同时采用Dynstable虚拟现实训练系统进行稳定极限、稳定时间的评估,以及Berg平衡功能量表(Berg Balance Scale, BBS)来综合评估此治疗方法对脑卒中康复的有效性,以及在改善平衡稳定性方面是否产生积极影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取自2019年10月起至2021年5月在本院康复医学科住院治疗的脑卒中偏瘫患者共40例作为研究对象。

纳入标准:①脑卒中的诊断符合全国第四届脑血管疾病会议修订的诊断标准<sup>[7]</sup>;②经过颅脑部影像学检查CT或者MRI证实为脑出血或者脑梗死;③均表现为单侧的肢体功能障碍;④首次发病,且病程持续时间在两周和6个月之间;⑤年龄18—80岁,

基本生命体征等正常,病情稳定;⑥无严重认知功能障碍,意识清楚,可以听懂和遵循简单的指令和任务,完成动作;⑦根据三个平衡等级分级站位平衡达到Ⅱ级及以上;⑧经过患者本人或患者家属同意后签署知情同意书。

排除标准:①由小脑或者脑干的病变而引起的功能障碍;②存在由于前庭神经功能障碍、周围神经病变或下肢肌肉骨骼疾病等严重骨科疾病造成的平衡功能障碍;③严重的视野缺损、单侧忽略等视觉功能障碍,听觉或严重认知功能障碍不能听懂及完成动作者;④并发严重的心脏、肺部、肝脏或肾脏疾病者、高血压不能控制或存在恶性肿瘤等不能训练者;⑤双侧下肢功能障碍、阿尔茨海默病、帕金森病、癫痫等其他神经系统疾病者。

脱落标准:①未能遵循预设的试验设计方案进行训练;②患者或家属因个人原因主动提出要求退出者;③训练周期中发生不适或不良事件等不建议继续进行试验者。

运用随机数字表法将共40例患者随机分为试验组和对照组,每组20例。试验组和对照组两组受试者的年龄、性别、病程、偏瘫侧、病种、患侧下肢改良Ashworth痉挛评定及Brunnstrom运动功能评定等一般资料的比较无显著性差异( $P > 0.05$ ),具有可比性,分别见表1—2。

1.2 仪器

由荷兰Motek Medical公司开发的三维站立控制系统Dynstable(dynamic stability and balance learning environment)是一种前沿的革命性系统。该系统运用虚拟现实技术,在虚拟现实构建的环境中,通过使用过程中运动平台的变化及实时反馈机制,结合一系列针对多种类型的运动功能障碍的评估分析及康复治疗的训练方案,适用于因神经系统疾病引起的多种运动功能障碍的患者康复治疗。

运用Dynstable系统对患者进行评估分析及康

表1 两组一般资料比较

| 组别           | 例数 | 性别(例) |   | 年龄<br>( $\bar{x} \pm s$ , 岁) | 卒中类型(例) |     | 偏瘫侧(例) |    | 病程<br>( $\bar{x} \pm s$ , 天) |
|--------------|----|-------|---|------------------------------|---------|-----|--------|----|------------------------------|
|              |    | 男     | 女 |                              | 脑梗死     | 脑出血 | 左      | 右  |                              |
| 对照组          | 20 | 15    | 5 | 40.25±12.59                  | 6       | 14  | 8      | 12 | 108.80±47.86                 |
| 试验组          | 20 | 12    | 8 | 36.15±11.60                  | 4       | 16  | 7      | 13 | 85.80±49.28                  |
| $\chi^2/t$ 值 |    | 1.03  |   | 1.07                         | 0.53    |     | 0.11   |    | 1.50                         |
| $P$ 值        |    | 0.31  |   | 0.29                         | 0.47    |     | 0.74   |    | 0.14                         |

表2 两组患侧下肢肌张力改良 Ashworth 痉挛评定及 Brunnstrom 分期 (例)

| 组别  | 例数 | 改良 Ashworth 痉挛评定  |                |    | Brunnstrom 分期     |    |   |
|-----|----|-------------------|----------------|----|-------------------|----|---|
|     |    | I                 | I <sup>+</sup> | II | III               | IV | V |
| 对照组 | 20 | 16                | 2              | 2  | 4                 | 14 | 2 |
| 试验组 | 20 | 15                | 3              | 2  | 5                 | 12 | 3 |
| P 值 |    | 1.00 <sup>①</sup> |                |    | 0.81 <sup>①</sup> |    |   |

注:①:Fisher 精确检验

复治疗主要基于以下硬件:①3个屏幕(3m×1.5m)和3个超短期投影仪:显示虚拟现实技术呈现的场景和画面,患者在按照指示执行命令时完成的动作通过屏幕进行反馈。②立体声环绕音响:用于播放和模拟系统创建的虚拟现实环境中的各种声音及听觉刺激。③测力台及运动平台:1个(1m×1m)的测力台,测力台的内部中心装配有压力感受器,患者站在测力台上后,压力感受器可以感知和接收受测者在垂直于测力台平板方向上的纵向压力的变化,从而分析出人体压力中心(center of pressure, COP)的位置作为基准,人体压力中心在评估和康复训练中可间接代表重心,受测者的移动及动作完成都基于最初测定的人体压力中心的基准位置<sup>[8]</sup>。运动平台可在前后、左右方向进行移动,对评估分析及治疗训练提供支持。④光学运动捕捉相机:用于捕捉和获取受测者及标定点的信息,从而进行三维运动的数据收集及分析。⑤操控台及计算机系统:光学运动捕捉相机的校准调定及运动捕捉由软件“Vicon Tracker”调控,对于受试者的平衡功能及稳定性的评估分析及康复训练依赖于“D-Flow”程序,该程序可通过选择不同的“Type”(类型)选择“Assessment”(评测)或“Training”(训练)。患者在使用本系统进行评估分析及康复训练时无需佩戴头戴式虚拟现实眼镜,亦不需要穿戴感应手套及其他与计算机连接使用的外设。患者借助显示器及立体环绕音响等设备营造的虚拟现实环境,进而在移动平台上完成动作并获得反馈。

### 1.3 方法

试验组与对照组均接受脑卒中后常规神经内科药物治疗,对照组同时进行传统平衡康复训练,试验组则进行虚拟现实技术进行康复训练。

**1.3.1 对照组:**对照组20例患者均接受我院康复医学专业康复治疗师常规平衡康复训练,包括体

位转移训练、重心转移训练、站位与坐位接球训练。

①体位转移训练:患者快速由坐位站起,站稳后再重新坐下,康复治疗师在患者周围进行语言指导及保护。②重心转移训练:患者分别按照指令完成坐位、站立位及跪位姿势,康复治疗师通过对患者施加前、后、左及右不同方向的干扰力,使患者在受到干扰后自行调整平衡。③站位与坐位接球训练:患者分别取坐位及站位,康复治疗师位于患者正前方1m处,并将手中的皮球向患者抛去,方向尽量以患者左右为主,使患者在完成接球及回抛球时尽量保持姿势平衡。以上三种康复训练各进行10min,每天共1次30min,每周6天,持续4周。

**1.3.2 试验组:**试验组20例患者均接受我院康复医学科 Dynstable 系统虚拟现实技术的“Training”(训练)中的“reach the sky”、“perturb”及“the boat”三项训练程序。①“reach the sky”:患者自然站立于运动平台上,双足与双肩同宽,面向屏幕,测力台会根据患者压力中心模拟出一个虚拟人物呈现于屏幕上。训练开始时,屏幕中会预设一个小人站在箱子上,随后屏幕上方会一直掉落箱子,患者需要调整自己的身体平衡将虚拟人与不停晃动的预设的人物重合,同时在箱子到达同一平面时接住即可。②perturb:患者自然站立于运动平台上,双足与双肩同宽,面向屏幕,程序会模拟出患者所处的平台。训练开始时,屏幕中的平台周围会出现不同速度的球体撞击平台,方向随机,撞击时平台会产生移动,患者在整个过程中要尽量保持身体平衡,系统在模拟整个过程中会根据患者表现自动提高或者降低训练难度及强度。③“the boat”:患者自然站立于运动平台上,双足与双肩同宽,面向屏幕,测力台会根据患者压力中心模拟出一艘船呈现在屏幕上。训练开始时,患者通过向前、向后使小船加速和减速,通过向左、向右使小船横向移动,从而引导船尽快的通过海面上不同的标记点,以最少的时间到达终点。以上3个训练程序,每项进行10min,每天共一次30min,每周6天,持续4周。

### 1.4 评定方法

试验组与对照组在训练前以及完成整个为期4周的训练周期后进行评测分析。训练及测试前可让每位患者进行初次适应性练习,以便熟悉整个评估



过程,每项评测结果取3次测试平均值。

**1.4.1 Berg平衡功能量表:**针对平衡功能障碍的患者进行筛查的一种具有一定精度及信度的工具,该量表总共由14个项目组成,每项得分0—4分之间,总分56分,单项最高分4分证明患者可以独立安全相对轻松地完成动作项目,最低分0分为不能。总得分低于40分提示有一定跌倒的危险<sup>[9-10]</sup>。

**1.4.2 Dynstable系统中的“Assessment”(评测)程序:**稳定极限(limits of stability):患者站在运动平台上,双足位于运动平台的对角线的交点处,双手不扶周围保护栏杆,测力台会在分析出患者的压力中心并模拟出一个球体呈现在显示屏上,同时屏幕上会有一个饼状图案,在前后左右、左前、左后、右前及右后方向各有一个基准点,程序启动时,随机有一个方向的标准点闪烁,患者通过固定双脚转移身体的压力中心,使模拟出的压力中心最大程度的接近标记点并尽可能的转移到该方向能达到的最大运动幅度。结果取四个方向的最大运动幅度及各个方向最后包络而成的面积( $\text{cm}^2$ )<sup>[11]</sup>。

**稳定时间(time to stability):**患者站立位于移动平台的对角线交点处,双手不扶周围栏杆,测力台调定初始压力中心后,运动平台会在水平平面进行随机的移动进而干扰患者,患者需要在抗扰动的同时调整躯体的稳定,运动平台共进行16次扰动,结果取患者抗扰动进行调整所需的时间。

**1.4.3 表面肌电图(surface electromyography, sEMG):**采用加拿大产的Flex Comp表面肌电测试仪,选取4通道表面肌电极,应用BioNeuro Infinity信号处理软件进行信号频谱分析处理,截取表面肌电信号,提取时域指标RMS作为观察指标。具体方法:患者自然站立,双足与肩同宽,测试人员在一旁做好防护。使用酒精对电极置放位置进行清洁去除角质,随后涂抹导电糊降低表面电阻,电极片分别贴放于L3棘突水平左右旁开3cm处定位竖脊肌<sup>[12]</sup>;约平L5到S1棘突水平旁开2cm处定位多裂肌<sup>[13]</sup>;前正中线上3cm水平左右旁开3cm处定位腹直肌<sup>[14]</sup>。固定受试者骨盆后观察肌电信号基线平稳后,嘱受试者分别完成以下动作:①匀速前屈45°;②匀速后伸30°,完成动作后保持姿势10s,记录在此10s内的表面肌电信号,每个动作重复3次,提取记录肌

肉的表面肌电均方根值(root mean square,RMS)作为观察指标进行统计学分析。

## 1.5 统计学分析

采用统计软件SPSS 26.0对评定指标等数据进行数据分析,所有计量资料均选用均数±标准差来表示,每一组数据经过K-S正态性检验后,如符合正态分布则组间比较采用独立样本 $t$ 检验,组内比较采用配对 $t$ 检验,如为非正态分布采取Wilcoxon秩和检验,计量资料均采取 $\chi^2$ 检验。显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 两组患者治疗前后BBS评分比较

治疗前,两组患者BBS评分无显著性差异( $P>0.05$ )。治疗4周后两组患者BBS评分较治疗前显著提高( $P<0.05$ ),且试验组均优于对照组( $P<0.05$ ),见表3。

### 2.2 Dynstable系统中的评测比较

**2.2.1 两组患者治疗前后稳定时间及稳定极限包络面积比较:**治疗前,两组患者稳定时间及稳定极限包络面积无显著差异( $P>0.05$ ),治疗后两组患者均较治疗前改善( $P<0.05$ ),且试验组优于对照组( $P<0.05$ ),见表3。

**2.2.2 两组患者治疗前后稳定极限各个方向最大运动幅度比较:**治疗前,两组患者各个方向最大运动幅度均无显著性差异( $P>0.05$ )。治疗后两组患者各个方向最大运动幅度均较治疗前显著提高( $P<0.05$ ),且试验组均优于对照组( $P<0.05$ ),见表4。

### 2.3 两组患者治疗前后目标核心肌群表面肌电信号RMS值比较

治疗前,两组患者目标核心肌群表面肌电信号RMS值无显著差异( $P>0.05$ ),治疗后两组患者均较治疗前改善( $P<0.05$ ),且试验组多裂肌、竖脊肌、腹直肌改善优于对照组( $P<0.05$ ),见表5。

## 3 讨论

运动、感觉神经传导通路功能障碍是脑卒中患者发病后的主要问题<sup>[15-16]</sup>,躯干核心肌群也会不同程度出现功能受损<sup>[17-18]</sup>。核心肌肉群是姿势控制及平衡稳定性方面有效的生物学关键,其在形成腹内压、躯干屈曲伸展动作、水平方向旋转等动作的完成

表3 两组治疗前后BBS、稳定极限包络面积及稳定时间比较 (n=20,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | BBS<br>(分)               | 稳定极限包络<br>面积(cm <sup>2</sup> ) | 稳定时间<br>(s)             |
|-----|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 试验组 |                          |                                |                         |
| 治疗前 | 39.70±2.00               | 83.35±23.74                    | 3.93±1.28               |
| 治疗后 | 49.10±2.29 <sup>①②</sup> | 129.72±24.69 <sup>①②</sup>     | 2.46±1.00 <sup>①②</sup> |
| 对照组 |                          |                                |                         |
| 治疗前 | 39.15±2.92               | 81.62±21.78                    | 4.06±1.36               |
| 治疗后 | 44.60±2.33 <sup>①</sup>  | 115.11±19.80 <sup>①</sup>      | 3.60±1.25 <sup>①</sup>  |

注:①与治疗前比较 $P < 0.05$ ;②与对照组比较 $P < 0.05$ 。表4 两组治疗前后各方向最大运动幅度 (n=20,  $\bar{x} \pm s$ , cm)

| 组别  | 前后方向<br>最大运动幅度           | 左右方向<br>最大运动幅度           | 右前左后方向<br>最大运动幅度         | 左前右后方向<br>最大运动幅度         |
|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 试验组 |                          |                          |                          |                          |
| 治疗前 | 11.26±3.55               | 15.95±4.90               | 14.21±5.03               | 14.92±4.12               |
| 治疗后 | 15.78±4.41 <sup>①②</sup> | 23.42±4.82 <sup>①②</sup> | 17.35±5.59 <sup>①②</sup> | 18.91±4.47 <sup>①②</sup> |
| 对照组 |                          |                          |                          |                          |
| 治疗前 | 12.12±3.55               | 16.45±5.31               | 13.58±4.14               | 14.73±4.13               |
| 治疗后 | 13.10±3.61 <sup>①</sup>  | 20.24±4.99 <sup>①</sup>  | 14.26±3.92 <sup>①</sup>  | 15.66±3.97 <sup>①</sup>  |

注:①与治疗前比较 $P < 0.05$ ;②与对照组比较 $P < 0.05$ 。表5 两组治疗前后目标肌群RMS值 (n=20,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别  | 竖脊肌                      | 多裂肌                      | 腹直肌                      |
|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 试验组 |                          |                          |                          |
| 治疗前 | 7.59±5.21                | 7.88±5.05                | 6.61±5.92                |
| 治疗后 | 10.79±4.56 <sup>①②</sup> | 10.05±3.37 <sup>①②</sup> | 10.56±5.14 <sup>①②</sup> |
| 对照组 |                          |                          |                          |
| 治疗前 | 5.95±2.59                | 6.70±3.34                | 6.81±4.71                |
| 治疗后 | 7.95±4.26 <sup>①</sup>   | 7.52±4.07 <sup>①</sup>   | 7.58±3.55 <sup>①</sup>   |

注:①与治疗前比较 $P < 0.05$ ;②与对照组比较 $P < 0.05$ 。

中起到重要作用,深层肌群(局部稳定肌)及表浅肌群(整体稳定肌)共同维持和控制着脊柱稳定及动作的完成<sup>[19]</sup>。sEMG实时及准确的记录受检肌肉激活活动时产生的电学信息,通过过滤干扰波后将信号放大及整合为客观数据,可以无创的动态的评估神经肌肉功能水平。表面肌电的均方根值描述一段时间内受测肌肉生物电信号的振幅有效值,能够反映运动单位的募集数量及强度<sup>[20]</sup>。

人体的平衡功能是一个复杂的整合过程<sup>[21]</sup>,部分研究发现脑卒中后患者躯干核心肌群功能较健康人受损,sEMG显示为患侧肌群峰值降低及激活异常,患者的平衡能力因此受到一定的干扰和下降<sup>[17-18, 22-24]</sup>。本次研究结果显示患者经过训练后,目标核心肌群的表面肌电信号得到改善,推测可能的原因是与传统平衡训练的简单动作分解相比,虚

拟现实更倾向于腰腹-骨盆-下肢关节的整体性,且患者在训练过程中由于运动平台的不停且方向随机变化,使患者躯干整个调整运动(前屈、后伸、旋转及左右侧偏)过程处于不稳定平面之上。根据之前研究显示当重心在不稳定平面远离中线时,核心肌群为维持稳定肌肉活动会增加,且在不稳定平面下更加强调整快的身体姿势的转换<sup>[12, 25-26]</sup>,能够激发多组协同肌肉收缩提高腹内压,增加对腰椎的控制能力。同时,核心肌群可能影响骨盆及盆底肌肉的功能,先前有研究显示虚拟现实训练对盆底肌肉的力量及耐力均有提升<sup>[27]</sup>,核心肌群更有效的激活,协同调整膝关节、踝关节联动作用改善了整体稳定性。

虚拟现实训练通过视听一体化,可以使患者更好地定位所处的空间位置及运动方向等。患者的平衡及运动情况可以通过屏幕实时展现的虚拟现实画面反馈成视觉信息,不同方向的移动等模拟颠簸及阻碍等也能够模拟出动态干扰等场景,可以使患者身临其境。虚拟现实组借此训练过程强化视觉反馈、场景声音的感觉输入等,使躯干姿势控制及相应的肌群及关节做出适应性变化,且接受的治疗项目是多任务导向性的训练模式,患者不仅需要在训练过程中根据运动平台的活动调整平衡保持姿势,同时患者视觉要注意下落的箱子所处的平面或船行进时漂浮的旗杆,每次训练结束后都会给出得分或者行进距离及速度等多项训练参数。研究显示虚拟现实训练基于运动再学习理论及脑的可塑性原则<sup>[28]</sup>,部分影像学及脑电图显示出虚拟现实训练对脑卒中后大脑皮质功能有改善<sup>[29-30]</sup>,患者在训练过程中不断获取对训练目标的实时反馈,推测在此过程中促进正常的运动模式的形成,同时根据反馈抑制异常的运动模式,增强大脑皮质运动区的信号输出,从而调整整体运动学习策略,达到更好的恢复平衡的目的<sup>[31]</sup>,此次研究结果显示,患者不论是采用传统平衡功能训练还是运用虚拟现实技术进行康复训练,在经过4周的治疗后BBS评分及Dynstable系统中的评测结果均有提升,同时试验组较对照组提升更加显著,患者整体平衡功能改善更佳,这也与此前已有的研究结果一致<sup>[32-34]</sup>。虚拟现实技术凭借其“沉浸性”(immersion)、“交互性”(interaction)、“创意性”(imagination)等特点<sup>[35]</sup>,通过模拟多种不同情况,丰

富了康复治疗手段,可以根据任务导向和完成程度调节难易度,其系统性的康复治疗手段对于患者来说安全性高,且个体化强,相较传统的康复训练更具趣味性,在临床中更容易被脑卒中恢复期患者接受。但是本研究样本量较少,且并未研究脑卒中急性期病情稳定后的疗效以及长期的临床疗效观察和回访,试验组相对对照组是否更早出现核心肌群的信号改变,以及患侧与健侧的肌电信号的变化对比情况尚不明确,同时,对大脑皮质功能改善的推测尚需在今后的研究中结合影像学、脑电等其他量化方法验证。

### 参考文献

- [1] Campbell BCV, KHATRI P Stroke[J]. Lancet, 2020, 396 (10244): 129—142.
- [2] 《中国脑卒中防治报告》编写组 《中国脑卒中防治报告2019》概要[J].中国脑血管病杂志, 2020, 17(5): 272—281.
- [3] Lord SR, Menz HB, Sherrington C. Home environment risk factors for falls in older people and the efficacy of home modifications[J].Age Ageing, 2006, 35 (Suppl 2): ii55—ii59.
- [4] 张星星,段宏为,周晨,等.虚拟现实技术应用于脑卒中康复的有效性及安全性的系统评价再评价[J].中国全科医学, 2020, 23(5):566—572.
- [5] Cano PD, Siemonsma P, Inzelberg R, et al. Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: Systematic review[J].Neurology, 2018, 90(22): 1017—1025.
- [6] Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation[J].Cochrane Database Syst Rev, 2017, 11(8349): Cd008349.
- [7] 王新德.各类脑血管疾病诊断要点[J].中华神经科杂志, 1996, 29(6): 379—380.
- [8] NãF OB, Bauer CM, Zange C, et al. Validity and variability of center of pressure measures to quantify trunk control in stroke patients during quiet sitting and reaching tasks[J]. Gait Posture, 2020, 76: 218—223.
- [9] 瓮长水,王军,王刚,等. Berg平衡量表在脑卒中患者中的内在信度和同时效度[J].中国康复医学杂志, 2007, 22(8): 688—690.
- [10] 游永豪,温爱玲 人体平衡能力测评方法[J].中国康复医学杂志, 2014, 29(11):1099—1104.
- [11] Pickerill ML, Harter RA. Validity and reliability of limits-of-stability testing: a comparison of 2 postural stability evaluation devices[J].J Athl Train, 2011, 46(6): 600—606.
- [12] Jung KS, Cho HY, In TS. Trunk exercises performed on an unstable surface improve trunk muscle activation, postural control, and gait speed in patients with stroke[J].J Phys Ther Sci, 2016, 28(3): 940—944.
- [13] Kramer M, Ebert V, Kinzl L, et al. Surface electromyography of the paravertebral muscles in patients with chronic low back pain[J].Arch Phys Med Rehabil, 2005, 86(1): 31—36.
- [14] DE Blaiser C, DE Ridder R, Willems T, et al. Evaluating abdominal core muscle fatigue: Assessment of the validity and reliability of the prone bridging test[J].Scand J Med Sci Sports, 2018, 28(2): 391—399.
- [15] DE Paula GV, DA Silva TR, DE Souza JT, et al. Effect of ankle-foot orthosis on functional mobility and dynamic balance of patients after stroke: Study protocol for a randomized controlled clinical trial[J].Medicine (Baltimore), 2019, 98(39): e17317.
- [16] Cortés-Pérez I, Nieto-Escamez FA, Obrero-Gaitán E. Immersive virtual reality in stroke patients as a new approach for reducing postural disabilities and falls risk: a case series[J].Brain Sci, 2020, 10(5):296.
- [17] Bohannon RW. Measurement of trunk muscle strength after stroke: An integrative review[J].Top Stroke Rehabil, 2022, 29: 173—180.
- [18] Karthikbabu S, Verheyden G. Relationship between trunk control, core muscle strength and balance confidence in community-dwelling patients with chronic stroke[J].Top Stroke Rehabil, 2021, 28(2): 88—95.
- [19] 龚剑秋,张芳,司马振奋,等.基于表面肌电分析的核心稳定性训练治疗腰椎间盘突出症的康复疗效分析[J].中华物理医学与康复杂志, 2018; 40(2):132—137.
- [20] Mcmanus L, DE Vito G, Lowery MM. Analysis and biophysics of surface emg for physiotherapists and kinesiologists: toward a common language with rehabilitation engineers[J].Front Neurol, 2020, 11: 576729.
- [21] 燕铁斌,金冬梅.平衡功能的评定及平衡功能训练[J].中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(11):787—789.
- [22] Seung DY, Yong SJ, Dong HK, et al. The Efficacy of Core Strengthening on the Trunk Balance in Patients with Subacute Stroke[J]. Annals of Rehabilitation Medicine, 2010,34:677—682
- [23] Dickstein R, Sheffi S, Ben Haim Z, et al. Activation of flexor and extensor trunk muscles in hemiparesis[J].Am J Phys Med Rehabil, 2000, 79(3): 228—234.
- [24] Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients[J].Neurorehabil Neural Repair, 2017, 31(3): 240—249.
- [25] Ferraro R, Garman S, Taylor R, et al. The effectiveness of transverse abdominis training on balance, postural sway

- and core muscle recruitment patterns: a pilot study comparison across age groups[J]. *J Phys Ther Sci*, 2019, 31(9): 729—737.
- [26] Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(2): 242—249.
- [27] Martinho NM, Silva VR, Marques J, et al. The effects of training by virtual reality or gym ball on pelvic floor muscle strength in postmenopausal women: a randomized controlled trial[J]. *Braz J Phys Ther*, 2016, 20(3): 248—257.
- [28] Peters DM, Mcpherson AK, Fletcher B, et al. Counting repetitions: an observational study of video game play in people with chronic poststroke hemiparesis[J]. *J Neurol Phys Ther*, 2013, 37(3): 105—111.
- [29] Adamovich SV, Fluet GG, Tunik E, et al. Sensorimotor training in virtual reality: a review[J]. *NeuroRehabilitation*, 2009, 25(1): 29—44.
- [30] Calabrò RS, Naro A, Russo M, et al. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: a randomized clinical trial[J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2017, 14(1): 53.
- [31] Cano PD, Sharon H, Inzelberg R, et al. Advanced virtual reality-based rehabilitation of balance and gait in clinical practice[J]. *Ther Adv Chronic Dis*, 2019, 10(9): 1—16.
- [32] Lee HC, Huang CL, Ho SH, et al. The effect of a virtual reality game intervention on balance for patients with stroke: a randomized controlled trial[J]. *Games Health J*, 2017, 6(5): 303—311.
- [33] Fishbein P, Hutzler Y, Ratmansky M, et al. A preliminary study of dual-task training using virtual reality: influence on walking and balance in chronic poststroke survivors [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2019, 28(11): 104343.
- [34] Kiper P, Luque-Moreno C, Pernice S, et al. Functional changes in the lower extremity after non-immersive virtual reality and physiotherapy following stroke[J]. *J Rehabil Med*, 2020, 52(11): jrm00122.
- [35] 石晓卫, 苑慧, 吕茗萱, 等. 虚拟现实技术在医学领域的研究现状与进展[J]. *激光与光电子学进展*, 2020, 57: 66—75.

(上接第630页)

- [23] Zuriati Z, Surya M. Effectiveness Active Cycle of Breathing Technique (ACBT) with Pursed Lips Breathing Technique (PLBT) to tripod position in increase oxygen saturation in patients with COPD, west sumatera[J]. *Enferm Clin*, 2020, 30 (suppl 5): 164—167.
- [24] 郑艳文, 邹海燕, 胡立红, 等. 肥胖对OSAHS患者日间嗜睡的影响[J]. *中外医学研究*, 2020, 18(11): 6—8.
- [25] Seo K, Hwan PS, Park K. The effects of inspiratory diaphragm breathing exercise and expiratory pursed-lip breathing exercise on chronic stroke patients' respiratory muscle activation[J]. *J Phys Ther Sci*, 2017, 29(3): 465—469.
- [26] Adler TE, Coovadia Y, Cirone D, et al. Device-guided slow breathing reduces blood pressure and sympathetic activity in young normotensive individuals of both sexes[J]. *J Appl Physiol*, 2019, 127(4): 1042—1049.
- [27] 章志超, 刘金明, 周芳, 等. 呼吸训练对卒中后抑郁患者自主神经功能及情绪状态的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42(5): 402—406.
- [28] Van Hove O, Van Muylem A, Andrianopoulos V, et al. The use of cognitive mobile games to assess the interaction of cognitive function and breath-hold[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2020, 274: 103359.
- [29] Del Pino R, Murueta-Goyena A, Acera M, et al. Autonomic dysfunction is associated with neuropsychological impairment in Lewy body disease[J]. *J Neurol*, 2020, 267(7): 1941—1951.
- [30] Srimookda N, Saensom D, Mitsungnern T, et al. The effects of breathing training on dyspnea and anxiety among patients with acute heart failure at emergency department [J]. *Int Emerg Nurs*, 2021, 56: 101008.
- [31] van de Wetering-van Dongen VA, Kalf JG, van der Wees PJ, et al. The effects of respiratory training in parkinson's disease: a systematic review[J]. *J Parkinsons Dis*, 2020, 10(4): 1315—133.