

虚拟情景互动训练对脑卒中患者下肢功能恢复的影响

刘贞贞¹, 储继中², 杨子欣³, 张效浦², 朱亚琳¹, 李泽田¹, 崔建梅¹

(1.中北大学 体育学院,山西 太原 030051;2.阜阳市第七人民医院,安徽 阜阳 236052;3.黑龙江护理高等专科学校,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: **目的** 探讨虚拟情景互动训练对脑卒中患者下肢功能恢复的影响。**方法** 选取阜阳市第七人民医院康复科2021年9月~2022年10月收治的53例脑卒中患者,随机分为对照组($n=26$)和实验组($n=27$)。两组患者均给予常规康复治疗,对照组在常规康复治疗的基础上加强下肢肌力训练、转移训练、平衡训练和步行训练,每次30min,实验组在常规康复治疗的基础上予虚拟情景互动训练,每次30min,每周6次,持续8周。于治疗前后,采用Noraxon16导遥测肌电仪、F-JDC型多功能关节测量尺、Fugl-Meyer下肢运动功能评定量表(FMA-LE)、Berg平衡量表(BBS)和Barthel指数(BI)对患者的下肢功能进行评价。**结果** 与治疗前相比,治疗8周后,对照组和实验组患者股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌积分肌电值(IEMG)、髋关节和膝关节主动关节活动度(AROM)、FMA-LE评分、BBS评分和BI评分均显著增高($p<0.05$);与对照组比较,实验组患者治疗8周后股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌IEMG、髋关节和膝关节AROM、FMA-LE评分、BBS评分和BI评分均显著增加($p<0.05$)。**结论** 虚拟情景互动训练能增强下肢肌力,扩大关节活动度,改善运动功能、提高平衡能力,促进患者日常生活活动能力的恢复,值得临床推广应用。

关键词: 虚拟情景互动训练;脑卒中;下肢功能;表面肌电

中图分类号: G804.82 文献标识码: A 文章编号: 1003-983X(2023)02-0112-06

Effects of Virtual Scene Interactive Training on Lower Limb Functional Recovery of Stroke Patients

LIU Zhenzhen¹, CHU Jizhong², YANG Zixin³, ZHANG Xiaopu², ZHU Yalin¹, LI Zetian¹, CUI Jianmei¹

(1. Physical Education Department, North University of China, Taiyuan Shanxi, 030051; 2. Fuyang Seventh People's Hospital, Fuyang Anhui, 236052; 3. Clinical Medicine Department, Heilongjiang Nursing College, Haerbin Heilongjiang, 150086)

Abstract: **Objective** To investigate the effect of virtual scene interactive training on lower limb functional recovery of stroke patients. **Methods** A total of 53 stroke patients admitted to The Rehabilitation Department of Fuyang Seventh People's Hospital from September 2021 to October 2022 were randomly divided into control group ($n=26$) and experimental group ($n=27$). Patients in both groups were given routine rehabilitation therapy. The control group was given muscle strength training of lower limbs, transfer training, balance training and walking training on the basis of routine rehabilitation therapy, 30min each time, and the experimental group was given virtual scene interactive training on the basis of routine rehabilitation therapy, 30min each time, 6 times a week for 8 weeks. Before and after treatment, Noraxon16 telemetry emg, F-JDC multifunctional joint scale, Fugl-Meyer lower limb motor function scale (FMA-LE), Berg balance scale (BBS) and Barthel index (BI) were used to evaluate the lower limb function of the patients. **Results** Compared with before treatment, after 8 weeks of treatment, the integrated electromyography (IEMG), active range of motion (AROM), FMA-LE score, BBS score and BI score of quadriceps femoris, biceps femoris, tibialis anterior and gastrocnemius in control group and experimental group were significantly increased ($p<0.05$). Compared with the control group, IEMG of quadriceps femoris, biceps femoris, tibialis anterior and gastrocnemius muscle, AROM of hip and knee, FMA-LE score, BBS score and BI ($p<0.05$). Score of experimental group were significantly increased after 8 weeks of treatment.

Conclusion Virtual scene interactive training can enhance muscle strength of lower limbs, expand range of motion, improve motor function, improve balance ability, and promote the recovery of patients' ability of daily living activities, which is worthy of clinical application.

Keywords: virtual scene interactive training; stroke; lower limb function; surface electromyography

收稿日期: 2022-12-10

基金项目: 山西省研究生教育创新项目(2021Y641); 山西省基础研究项目(20210302123060); 中北大学体育学院研究生科技创新(TY20210209)。

第一作者简介: 刘贞贞(1996~), 女, 安徽阜阳人, 硕士, 初级康复师, 研究方向: 运动康复。

通讯作者简介: 崔建梅(1974~), 女, 河北石家庄人, 硕士, 副教授, 研究方向: 运动与慢性病防治, E-mail: Cuijm224@163.com。

脑卒中是一种典型的脑血管疾病,是全球范围内成年人死亡和残疾的主要原因^[1]。美国每年约发生 80 万例脑卒中,并且多数幸存者会遗留长期的功能障碍^[2]。有研究表明,在卒中发生 3 个月,44% 的患者存在轻度至中度的功能障碍,甚至 12 个月,仍有 35% 的患者遗留有功能障碍,这些功能障碍主要包括言语、认知、视觉、感觉和运动障碍,但最常见的是对患者日常活动能力和生活质量影响较大的上下肢功能障碍^[3]。其中下肢功能障碍不仅影响患者的自理能力而且直接关系到患者能否脱离轮椅走向室外,主要表现为肌力和肌张力异常、关节僵硬、运动和平衡功能障碍。目前,针对下肢功能障碍,临床康复常采用约束诱导运动疗法、运动想象疗法、神经发育疗法和肌电生物反馈等技术,虽取得了显著疗效,但也暴露了一些亟需解决的问题。如康复治疗常在治疗室进行,这种治疗环境与患者的实际生活环境差异较大,患者功能的好转主要发生在治疗环境中,一旦离开了治疗室,治疗效果很难维持^[4]。因此,迫切需要找到一种新的方法来巩固治疗效果。随着康复技术的不断提升,虚拟现实(Virtual reality,VR)技术作为一种针对神经系统疾病的康复技术被逐渐应用到临床康复治疗。Maier 等^[5]研究表明,基于神经康复的 VR 训练系统能显著改善脑卒中患者的上肢运动功能和日常生活能力,增强患者治疗时的积极性和主动性。此外,Garay-Sanchez 等^[6]研究表明,非沉浸式虚拟情景互动训练有利于促进脑卒中患者动静平衡的恢复,其结合常规康复治疗可作为一种治疗脑卒中平衡功能障碍的新方案。因此,本研究采用虚拟情景互动训练对脑卒中患者进行干预,以探究虚拟情景互动训练对脑卒中患者下肢肌力、关节活动度、运动功能、平衡能力和日常生

活活动能力的影响,以期临床康复提供更广泛的可选择治疗方案。

1 研究方法

1.1 一般资料

选取阜阳市第七人民医院康复科 2021 年 9 月~2022 年 10 月收治的 53 例脑卒中患者为研究对象,随机分为对照组、实验组。纳入标准:①符合脑出血和脑卒中的诊断标准并经头颅 CT 或磁共振成像检查证实为首次脑出血或脑梗死;②无严重认知功能障碍,简易精神状态检查量表(MMSE)评分 ≥ 24 分;③患侧下肢 Lovett 肌力评定分级 ≥ 3 级,改良的 Ashworth 分级 ≤ 2 级,Brunnstrom 分期 ≥ 3 期;④年龄 45~70 岁,病程 2 周~6 个月;⑤生命体征平稳,无严重的肺、心、肝、肾等并发症;⑥患者自愿参与本研究并由本人或家属签署知情同意书。排除标准:①不符合上述入院诊断者;②患侧下肢存在外伤、周围神经损伤、感觉功能障碍、前庭功能障碍、骨关节疾病和影响下肢运动功能的疾病;③伴有严重的认知功能障碍及抑郁等认知心理疾病者;④合并严重的心血管和呼吸系统疾病等限制患者活动能力疾病者;⑤下肢过度骨质疏松、不稳定骨折、过度痉挛或下肢严重挛缩的患者;⑥临床资料不齐全者。脱落标准:①发生严重压疮、跌倒、二次出血或梗死等不宜再继续参与试验的患者;②未按被纳入分组的治疗方案进行干预的患者;③自己或家属要求退出临床试验的患者。共纳入 55 例,脱落 2 例,53 例完成了临床干预,其中对照组 26 例,实验组 27 例。两组患者的年龄、病程等一般资料无显著差异($p>0.05$,表 1),具有可比性。

表 1 两组患者一般情况比较($\bar{x}\pm s$)

组别	n	年龄(岁)	病程(天)	性别(例)		偏瘫侧(例)		卒中类型(例)	
				男	女	左	右	脑梗死	脑出血
对照组	26	59.12 $\pm$ 6.77	28.19 $\pm$ 6.03	16	10	14	12	19	7
实验组	27	60.15 $\pm$ 6.92	27.56 $\pm$ 6.46	17	10	16	10	20	7

1.2 治疗方法

两组患者均给予常规康复治疗,对照组在常规康复治疗的基础上进行常规下肢训练,每天 2 次,每次 25min,共 50min;实验组在常规康复治疗的基础上进行常规下肢训练和虚拟情景互动训练,其中常规下肢训练 25min,VR 训练 25min,共 50min。以上治疗均为每周 6 次,持续 8 周。并于治疗前、治疗 8 周后进行下肢功能评价。

1.2.1 常规康复治疗

1) 针灸治疗。患者仰卧位,针刺患者头部和体部患侧,头针取穴人中、上星、印堂、百会、四神聪、风池、完骨、天柱;体针上肢取穴极泉、尺泽、曲池、手三里、合谷、八邪;下肢取穴风市、梁丘、血海、委中、箕门、阳陵泉、足三里、上巨墟、下巨墟、阴陵泉、三阴交、解溪、太溪、太冲等穴位,每次 15~20min。

2) 物理治疗。物理治疗分为两部分,一部分是在专业治疗师的指导下进行的训练,包括主被动关节活动度训练、肌力训练、翻身训练、桥式运动、转移训练、平衡训练和步行训练,以上治疗共 30min;另一部分是借助专业设备进行治疗,包括

功率自行车训练、神经肌肉电刺激治疗和气压治疗,以上治疗各 20min,共 60min。

1.2.2 常规下肢功能训练

常规下肢功能训练包括下肢肌力强化训练、转移训练、平衡训练和步行训练,重点强化的肌肉包括髋关节屈肌、髋关节伸肌、髋关节外展肌、膝关节伸肌、膝关节屈肌、踝关节背屈肌和踝关节跖屈肌;转移训练包括卧坐位转移训练、坐站位转移训练和立位重心转移训练;平衡性训练包括坐位平衡训练、立位平衡训练、站位重心转移平衡训练和睁闭眼平衡训练;步态训练包括平衡杆内向前走迈步训练、向后迈步训练和转向训练。

1.2.3 虚拟情景互动训练

虚拟情景互动训练采用上海聚慕 vi-Rehab 非沉浸型情景互动训练设备,该设备包括 1 台主机、1 个显示器、1 台感应器和 1 个键盘。在虚拟训练仪前还需要配备康复平衡杠,以防训练时患者跌倒。患者面对屏幕站立,治疗师根据患者情况选择相应的虚拟训练游戏,如果树成长、宝贝上学、四季换装、踢

毽子、足球大联盟等。果树成长,将患者抠像到果园里,患者保持平衡站立时间越长,小树苗长得越高,可训练患者的平衡能力;宝贝上学,将患者抠像到送孩子上学的家庭场景,患者按照指令屈伸相应下肢,可将相应文具装进书包,可训练患者下肢屈伸能力和单腿站立能力;四季换装,将患者抠像到春夏秋冬四个季节,患者根据屏幕场景判断季节,向适合该季节的衣服迈步即可换上衣服,可训练患者的步行能力;踢毽子,将患者抠像到公园的草地上,毽子在左侧时,患者前踢左脚,毽子在右侧时,患者前踢右脚,可训练患者下肢的屈伸能力和平衡能力;足球大联盟,将患者抠像到足球运动场,患者根据足球所在位置,挥动该侧下肢,即可进球并获得喝彩声,可训练患者下肢关节的旋转能力。每项游戏 5min,两游戏中间休息 1min。

1.3 疗效评价

1.3.1 表面肌电图检测

采用 Noraxon16 导遥测肌电仪,对股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌最大等长收缩时的生物电信号进行检测,检测时患者面向治疗桌取站位,按肌纤维走行方向将电极片贴于股四头肌(髌前上棘和髌骨上缘连线中点)、股二头肌(坐骨结节和腓骨头连线中点)、胫骨前肌(小腿上半部胫骨上半端外侧肌肉最膨隆处)和腓肠肌(小腿后外侧最膨隆处)肌肉最丰满处皮肤表面,两电极片之间的距离约为 2cm,康复治疗师嘱患者用最大力屈曲和伸展髋关节和踝关节,记录股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌最大等长收缩下的肌电积分值(Integrated Electromyography, IEMG),坚持 10s,做 3 次取平均值。

1.3.2 髋关节和膝关节主动关节活动度

选用美国骨科学会关节运动委员会推荐的测量方法,测量髋膝关节主动关节活动度(Active Range of Motion, AROM),髋关节 AROM=前屈 AROM+后伸 AROM,膝关节 AROM=屈曲 AROM+伸展 AROM。测量工具采用 F-JDC 型多功能关节测量尺,髋关节前屈测量时,患者仰卧位,双侧下肢伸直,固定臂与腋中线平行,移动臂为股骨纵轴,轴心位于股骨大转子,股骨沿冠状轴在矢状面运动;髋关节后伸测量时,患者俯卧位,固定臂、移动臂和轴心与髋关节前屈测量一致,运动方向相反;膝关节屈曲活动度测量时,患者俯卧位,双下肢伸直,固定臂为股骨纵轴,移动臂为腓骨小头与外踝连线,轴心位于股骨外侧髁,小腿在矢状面内做足跟靠近髋部的运动;膝关节伸展活动度测量时,患者仰卧位,固定臂、移动臂和轴心与膝关节屈

曲测量一致,运动方向相反。

1.3.3 Fugl-Meyer 下肢运动功能评定量表

Fugl-Meyer 下肢运动功能评定量表(Fugl-Meyer Assessment of Lower Extremity, FMA-LE)用于评估患者下肢单关节和多关节的协同运动和反射能力。共包含 17 个项目,每个项目 0~2 分,0 分为不能完成,1 分部分完成,2 分充分完成,总分为 34 分,得分越高,表明患者下肢的运动功能障碍越轻。

1.3.4 Berg 平衡量表

Berg 平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)通过评价患者重心主动转移能力,对患者坐站位下的动静态平衡进行全面检查,从易到难共 14 项动作项目,每项 0~4 分,总分为 56 分,得分越高,表明患者的平衡能力越好,小于 40 分提示有跌倒的危险。检查工具包括秒表、尺子、椅子、小板凳和台阶。

1.3.5 日常生活活动能力

Barthel 指数(Barthel Index, BI)是目前应用最广的日常生活活动能力(Activities of Daily Living, ADL)评定方法。其包括 10 项内容,每项分为 0、5、10、15 分 4 个等级,总分为 100 分,得分越高,表明患者独立性越强,依赖性越小。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 21.0 统计软件对数据进行分析,所有实验数据均采用($\bar{x} \pm s$)表示,符合正态分布的计量资料采用独立样本 t 检验进行组间(对照组和实验组)比较;采用配对样本 t 进行干预前后股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG、髋膝关节 AROM、FMA 评分、BBS 评分和 BI 评分的比较,以 $p < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 研究结果

2.1 两组患者股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG 比较

配对样本 T 检验显示,时间对对照组和实验组股四头肌、股二头肌、胫骨前肌、腓肠肌 IEMG 有统计学差异($p < 0.05$),与治疗前比较,治疗 8 周后,对照组和实验组股四头肌、股二头肌、胫骨前肌、腓肠肌 IEMG 均显著增加($p < 0.05$)。治疗前,两组股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG 均无统计学差异($p > 0.05$),治疗 8 周后,与对照组比较,实验组患者股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG 均显著增加($p < 0.05$)。见表 2。

表 2 两组患者股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG 比较($\bar{x} \pm s$)

组别/时间	对照组	实验组	t	p
股四头肌	治疗前	23.13 $\pm$ 2.59	22.74 $\pm$ 3.35	0.464
	治疗后	39.11 $\pm$ 5.29 [#]	46.20 $\pm$ 7.51 [#]	-3.984
股二头肌	治疗前	18.68 $\pm$ 4.65	19.94 $\pm$ 4.10	-1.046
	治疗后	29.50 $\pm$ 5.24 [#]	34.36 $\pm$ 6.53 [#]	-2.978
胫骨前肌	治疗前	18.63 $\pm$ 5.48	18.22 $\pm$ 5.85	0.265
	治疗后	30.60 $\pm$ 6.93 [#]	35.12 $\pm$ 8.12 [#]	-2.177
腓肠肌	治疗前	22.84 $\pm$ 5.04	24.15 $\pm$ 4.89	-0.967
	治疗后	40.42 $\pm$ 5.04 [#]	48.16 $\pm$ 7.28 [#]	-4.485

注:[#] $p < 0.05$,实验组、对照组组内前后比较;^{*} $p < 0.05$,实验组、对照组组间比较;下表同

2.2 两组患者髌关节和膝关节 AROM 比较

配对样本 t 检验显示, 时间对对照组和实验组患者髌关节和膝关节 AROM 有统计学差异($p<0.05$)。与治疗前比较, 治疗 8 周后, 对照组和实验组髌膝关节 AROM 均显著增加($p<0.05$)。治疗前, 两组患者髌膝关节 AROM 均无统计学差异($p>0.05$)。治疗 8 周后, 与对照组比较, 实验组患者髌膝关节 AROM 均显著增加($p<0.05$)。见表 3。

表 3 两组患者髌关节和膝关节 AROM 比较($\bar{x}+s$)

分组/时间	髌关节		膝关节	
	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	25.46 ± 4.53	50.58 ± 6.68 [#]	41.65 ± 7.99	79.38 ± 9.65 [#]
实验组	26.44 ± 5.63	57.63 ± 7.50 [#]	43.52 ± 7.80	84.93 ± 9.14 [#]
t	-0.699	-3.610	-0.860	-2.148
p	0.488	0.001	0.394	0.036

2.3 两组患者 FMA-LE 评分比较

配对样本 t 检验显示, 时间对对照组和实验组患者 FMA-LE 评分有统计学差异($p<0.05$)。与治疗前比较, 治疗 8 周后, 对照组和实验组 FMA-LE 评分均显著增加($p<0.05$)。治疗前, 两组患者 FMA-LE 评分无统计学差异($p>0.05$)。治疗 8 周后, 与对照组比较, 实验组患者 FMA-LE 评分显著增加($p<0.05$)。见表 4。

表 4 两组患者 FMA-LE 评分比较($\bar{x}+s$)

分组/时间	治疗前	治疗后
对照组	19.38 ± 3.32	25.96 ± 3.43 [#]
实验组	19.93 ± 2.81	29.30 ± 3.17 [#]
t	-0.641	-3.674
p	0.525	0.001

2.4 两组患者 BBS 评分比较

配对样本 t 检验显示, 时间对对照组和实验组患者 BBS 评分有统计学差异($p<0.05$)。与治疗前比较, 治疗 8 周后, 对照组和实验组 BBS 评分均显著增加($p<0.05$)。治疗前, 两组患者 BBS 评分无统计学差异($p>0.05$)。治疗 8 周后, 与对照组比较, 实验组患者 BBS 评分显著增加($p<0.05$)。见表 5。

表 5 两组患者 BBS 评分比较($\bar{x}+s$)

分组/时间	治疗前	治疗后
对照组	22.00 ± 3.78	32.04 ± 5.17 [#]
实验组	20.78 ± 3.50	36.04 ± 6.00 [#]
t	1.221	-2.496
p	0.228	0.016

2.5 两组患者 BI 评分比较

配对样本 t 检验显示, 时间对对照组和实验组患者 BI 评分有统计学差异($p<0.05$)。与治疗前比较, 治疗 8 周后, 对照组和实验组 BI 评分均显著增加($p<0.05$)。治疗前, 两组患者

BI 评分无统计学差异($p>0.05$)。治疗 8 周后, 与对照组比较, 实验组患者 BI 评分显著增加($p<0.05$)。见表 6。

表 6 两组患者 BI 评分比较($\bar{x}+s$)

分组/时间	治疗前	治疗后
对照组	40.00 ± 5.48	50.00 ± 6.48 [#]
实验组	37.41 ± 5.94	58.15 ± 6.07 [#]
t	1.650	-4.727
p	0.105	0.000

3 讨论

脑卒中是脑血管病变引起的突发性的局限性或全脑功能障碍, 患者发病后会遗留不同程度的功能障碍, 其中下肢最常见的功能障碍包括肌力下降、伸肌痉挛、关节僵硬、失去平衡和步态异常等, 严重影响了脑卒中患者的生活质量。相关研究表明, 脑卒中发病 3 个月后, 85% 的患者存在步态异常, 68% 的患者身体活动缓慢, 37% 的患者日常生活活动受限, 29% 的患者平衡功能紊乱^[7]。因此, 脑卒中患者下肢功能的恢复一直是临床康复中比较棘手的问题, 原因如下: ①人类行走是一种复杂的行为, 由神经系统的多种结构和功能整合而成, 需要感觉反馈、脊髓神经网络和大脑区域下行控制的协调整合并激活、调节支配腿部肌肉活动的运动神经元, 任何系统的损坏都会导致行走障碍, 而且下肢要支撑整个身体的重量, 不仅需要能控制体重的肌肉力量、关节运动和平衡能力, 还需要整合这些元素的认知能力^[8]; ②脑卒中患侧下肢肌肉力量下降和伸肌张力异常升高, 导致关节运动协调性异常、下肢运动顺序紊乱, 平衡控制能力下降, 这大大增加了患者行走时的跌倒风险, 一旦跌倒, 患者产生心理恐惧, 后期开展平衡和步态训练较为困难^[9]; ③脑卒中患者任何一个半球的病变都可能产生时间步态不对称性(TGA), 而且不对称的步态会随着时间的推移而恶化, 良好的运动恢复或快速地行走速度也不一定意味着脑卒中患者恢复步态对称性, 因此改善偏瘫步态是下肢康复的一个重点, 但目前 TGA 机制尚不清楚, 在临床上较难处理^[10]。这些不仅影响患者的生活质量而且直接关系到患者能否脱离轮椅恢复正常的行动和活动能力。因此, 尽早对脑卒中患者进行下肢功能康复是患者尽早回归家庭和社会的保障。

本研究采用虚拟情景互动训练对脑卒中患者的下肢康复进行干预, 结果表明, 与治疗前相比, 治疗 8 周后, 实验组患者股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG、髌关节和膝关节 AROM、FMA-LE 评分、BBS 评分和 BI 评分均较治疗前有所增高($p<0.05$)。且实验组患者治疗 8 周后股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG、髌关节和膝关节 AROM、FMA-LE 评分、BBS 评分和 BI 评分均显著高于对照组患者($p<0.05$)。该结果表明, 虚拟情景互动训练对脑卒中患者下肢功能恢复的影响优于常规下肢训练。

虚拟情景互动训练作为一种新兴且迅速发展的技术, 通过计算机硬件和软件创建与现实世界较为相似的交互式环境, 将训练从治疗室向真实环境转移, 并通过抠像技术将患者自身形象呈现在虚拟环境中, 让患者以第一视角参与虚拟训练、操纵虚拟环境中的模拟对象、高效率完成训练任务; 此外,

虚拟情景互动训练还能为患者提供视觉和听觉反馈,并实时反馈训练结果,不仅能增加训练的趣味性和患者参加训练的积极性,而且还有利于治疗师根据患者当前的训练情况为患者提供个体化和标准化的康复设计,循序渐进的增加训练难度^[11]。既往研究表明,虚拟情景互动训练不仅为患者提供任务导向性强化和重复训练,还通过直接将 VR 场景中的运动行为与现实动作联系起来,为患者提供激励反馈,有助于提高脑卒中患者的训练积极性,减少退出率、延长训练时间^[12]。并且 Kim 等^[13]研究表明,患者在 VR 训练中学习的障碍协商策略和运动技能,能更容易的转移到现实世界的运动中,转移和保留的程度只与患者的个体差异有关,弥补了传统下肢功能康复治疗难以维持的不足。此外, Darekar 等^[14]报道称,VR 训练的游戏性质以及交互式模拟可为患者提供丰富多变的训练模式,增加患者的训练动机和参与度,并且还能治疗师提供一个在模拟现实生活情况的场景中以无风险、分级的方式训练患者独特的机会,是改善脑卒中后平衡和步态缺陷的有效工具。

虽然虚拟情景互动促进脑卒中患者下肢功能恢复的相关神经机制尚不清楚,但已有研究表明,虚拟情景互动训练可以激活受损大脑皮质运动区,促进神经功能重塑,同时,虚拟情景互动训练还可激活双侧前额叶皮质,抑制运动前区和辅助运动区等部位的异常激活,建立其与各运动皮层间的神经连接,促进脑卒中患者运动功能的恢复^[15]。该研究结果与 Orihuela-Espina 等^[16]对 VR 训练引起的脑卒中神经重组策略进行量化研究的研究结果一致,即运动重组可引起脑损伤患者对侧运动皮层激活、小脑募集和补偿性前额叶皮层激活,补偿脑卒中患者的运动功能。并且肖湘等^[17]应用散张量成像(DTI)技术探究虚拟情景互动训练同步减重训练改善亚急性期脑梗死患者步态对称性的神经机制时发现,应用虚拟情景互动训练前病灶中心表现扩散系数与健侧相应部位差异无统计学意义,应用虚拟情景互动训练后病灶中心表现扩散系数高于健侧对应部位;此外,他们的另一研究表明^[18],皮质网络是一个可塑性部位,受影响肢体的重复练习能增加现有突触的功效,促进突触增殖和幸存神经元的轴突萌芽,诱导神经运动通路的皮层重组,激活参与自主踝关节背屈的皮质网络,从而增加神经可塑性和卒中后的运动改善。

近年来,随着多学科的交叉发展,表面肌电图(Surface Electromyography, sEMG)在康复医学领域的应用越来越广泛,其先进的数据分析和可视化方法能实时多点记录肌电活动,可用于神经肌肉功能评价、手臂运动分析、步态分析等,是一种有价值的神经肌肉疾病诊断方法^[19]。有研究表明, sEMG 所获得的肌电信号经整流滤波后可得到 IEMG,该值与肌力呈正相关,可量化肌肉活动,反映单位时间内肌肉的神经功能状态以及神经肌肉控制能力,可作为客观评估脑卒中偏瘫患者运动功能的理想指标^[20]。廖志平等^[21]对脑卒中偏瘫患者股四头肌 sEMG 信号和改良 Ashworth 分级(MAS)之间的相关性进行研究,结果表明,被动牵伸股直肌、股四头肌内侧头和外侧头时, sEMG 的均方根值和平均肌电值与 MAS 分级呈正相关,股四头肌被动牵伸时的 sEMG 指标可为临床评估肌张力和痉挛的治疗提供量化的参考。因此,本研究创新性的采用股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG 定量评定虚拟情景互

动训练对脑卒中患者下肢肌力的影响,经过 8 周治疗后,两组患者的股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG 均较治疗前有明显的增加($p<0.05$)。且实验组患者 8 周治疗后的股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG ($46.20\pm 7.51, 34.36\pm 6.53, 35.12\pm 8.12, 48.16\pm 7.28$) 显著高于对照组患者 8 周治疗后的股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG ($39.11\pm 5.29, 29.50\pm 5.24, 30.60\pm 6.93, 40.42\pm 5.04$),差异具有统计学意义($p<0.05$)。该结果表明,虚拟情景互动训练能显著改善脑卒中患者的下肢肌力,且效果优于传统下肢训练。

VR 训练具有沉浸、交互、构想 3 大特点和实时多感觉反馈、任务导向重复训练、训练动机维持 3 大核心技术,不仅能在训练过程中强化患者正常的运动模式,纠正异常运动模式,并根据患者的完成情况,给予鼓励和心理暗示,激发患者的训练动机,并且还能为患者提供任务性、导向性、功能性和趣味性的虚拟训练任务,弥补了传统下肢训练枯燥无趣、效果低下、训练不连贯和评估主观化的不足^[22]。

综上所述,虚拟情景互动训练能显著改善脑卒中患者股四头肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌 IEMG、髌膝关节 AROM、FMA-LE 评分、BBS 评分和 ADL 评分。但本研究还有很多不足之处:①样本量小,可能会导致 II 型错误;②本研究对患者进行的都是综合下肢康复训练,加之涉及医学伦理问题,未设置假组评价脑卒中下肢功能的自然恢复,如后续条件允许,可尝试开展;③因单病种医保金额限制,干预时间短、且无后期随访数据,无法得出虚拟情景互动训练对脑卒中患者下肢功能恢复的长期影响;④虚拟情景互动训练促进脑卒中下肢功能障碍恢复最合适的频率、强度和类型尚不清楚。因此,未来我们需要更长期的随访、更大的样本量和更具有前瞻性设计的研究来进一步证实本研究中发现的结果。

4 小结

虚拟情景互动训练简单经济、动机明确、导向性强,可提供和整合视觉、听觉、触觉多种感官刺激,能显著改善脑卒中患者的下肢肌力、关节活动度、运动功能、平衡能力和日常生活活动能力,值得临床推广应用。

参考文献:

- [1] GBD 2015 Neurological Disorders Collaborator Group.Global, regional, and national burden of neurological disorders during 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015[J].The Lancet Neurol, 2017, 16(11):877–897.
- [2] MOZAFFARIAN D, BENJAMIN E J, GO A S, et al.Executive Summary: Heart Disease and Stroke Statistics—2016 Update: A Report From the American Heart Association[J].Circulation, 2016, 133(4): 447–454.
- [3] LANGHORNE P, COUPAR F, POLLOCK A.Motor recovery after stroke: a systematic review[J].Lancet Neurol, 2009, 8(8):741–754.
- [4] 刘翠华, 张盘德, 容小川, 等.功能性电刺激同步虚拟现实技术对脑卒中患者下肢运动功能障碍的影响[J].中国康复医学杂志, 2014, 29(8):736–739.
- [5] MAIER M, BALLESTER B R, DUFF A, et al.Effect of Specific Over

(下转第 129 页)

- [7] 尹志华,邓三英,汪晓赞,等.美国 NCATE 不同级别新体育教师专业标准的比较研究[J].北京体育大学学报,2010(07):95-98.
- [8] 尹志华,毛丽红,汪晓赞,等.NBPTS 体育教师专业标准研究及其启示[J].北京体育大学学报,2012(03):80-84.
- [9] DOUNE M. Professional Standards for Physical Education Teachers' Professional Development: Technologies for Performance? [J]. Physical Education & Sport Pedagogy, 2006(11):231.
- [10] 晏 骏.近 20 年我国体育教师培养研究领域的现状探析——基于知识图谱的可视化分析[J].湖北体育科技,2021,40(11):1020-1025.
- [11] Shulman L S. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform [J]. Harvard Educational Review, 1987, 57(1):1-21.
- [12] 董国永,刘 特,卓贞梅.《体育法》实施背景下我国体育教师队伍高质量建设的机遇与挑战[J].武汉体育学院学报,2022,56(11):88-94.

(上接第116页)

- Nonspecific VR-Based Rehabilitation on Poststroke Motor Recovery: A Systematic Meta-analysis [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2019, 33(2):112-129.
- [6] GARAY-SANCHEZ A, SUAREZ-SERRANO C, FERRANDO-MARGELI M, et al. Effects of Immersive and Non-Immersive Virtual Reality on the Static and Dynamic Balance of Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. J Clin Med, 2021, 10(19):4473-4476.
- [7] MAYO N E, WOOD-DAUPHINEE S, Ahmed S, et al. Disablement following stroke [J]. Disabil Rehabil, 1999, 21(5-6):258-268.
- [8] CHARALABOUS C C, BOWDEN M G, ADKINS D L. Motor Cortex and Motor Cortical Interhemispheric Communication in Walking After Stroke: The Roles of Transcranial Magnetic Stimulation and Animal Models in Our Current and Future Understanding [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2016, 30(1):94-102.
- [9] 梁 明, 窦祖林, 王清辉, 等. 虚拟现实技术对不同类型脑卒中患者偏瘫上肢功能的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(8):592-595.
- [10] ROZANSKI G M, HUNTLEY A H, CROSBY L D, et al. Lower limb muscle activity underlying temporal gait asymmetry post-stroke [J]. Clin Neurophysiol, 2020, 131(8):1848-1858.
- [11] LEE H S, PARK Y J, PARK S W. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. Biomed Res Int, 2019. DOI:10.1155/2019/7595639.
- [12] BERGMANN J, KREWER C, BAUER P, et al. Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke: a pilot randomized controlled trial [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2018, 54(3):397-407.
- [13] KIM A, SCHEIGHOFER N, FINLEY J M. Locomotor skill acquisition in virtual reality shows sustained transfer to the real world [J]. J Neuroeng Rehabil, 2019, 16(1):113.
- [14] DAREKAR A, MCFADYEN B J, LAMONTAFNE A, et al. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review [J]. J Neuroeng Rehabil, 2015, 12(46):1-14.
- [15] 林 玲, 江 利, 肖 湘, 等. 虚拟现实结合减重平板训练对脑卒中患者步行功能恢复的作用和机制: 纵向功能磁共振研究 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20(4):313-317.
- [16] ORIHUELA-ESPINA F, del CASTILLO I F, PALAFOX L, et al. Neural reorganization accompanying upper limb motor rehabilitation from stroke with virtual reality-based gesture therapy [J]. Top Stroke Rehabil, 2013, 20(3):197-209.
- [17] 肖 湘, 毛玉蓉, 赵江莉, 等. 虚拟现实同步减重训练对脑梗死患者步态对称性及神经网络的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2013, 28(12):1104-1108.
- [18] XIAO X, LIN Q, LO W L, et al. Cerebral Reorganization in Subacute Stroke Survivors after Virtual Reality-Based Training: A Preliminary Study [J]. Behav Neurol, 2017. DOI:10.1155/2017/6261479.
- [19] 白雪桦, 杨贤罡. 股四头肌常用康复训练动作的表面肌电分析 [J]. 湖北体育科技, 2021, 40(5):442-445.
- [20] 何龙龙, 黄国志, 曾 庆, 等. 脑卒中偏瘫患者手功能的表面肌电图评价 [J]. 中国康复理论与实践, 2018, 24(12):1388-1392.
- [21] 廖志平, 马利娜, 李建华, 等. 基于表面肌电图检查技术的脑卒中患者下肢肌肉痉挛的定量分析 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2017, 39(5):347-350.
- [22] KIM W S, CHO S, KU J, et al. Clinical Application of Virtual Reality for Upper Limb Motor Rehabilitation in Stroke: Review of Technologies and Clinical Evidence [J]. J Clin Med, 2020, 9(10):3369.