

虚拟现实技术联合下肢康复机器人训练 对缺血性脑卒中患者下肢功能及平衡能力影响的研究

胡靖然, 陈小飞

【摘要】 目的:探讨虚拟现实技术联合下肢康复机器人训练对缺血性脑卒中患者下肢功能及平衡能力的影响。**方法:**收集 60 例缺血性脑卒中下肢功能障碍患者,随机分为对照组和观察组各 30 例,对照组进行常规康复训练和 Lokomat 下肢机器人训练,观察组在此基础上再联合虚拟现实技术,治疗前和治疗 4 周后分别对 2 组患者进行 Berg 平衡量表(BBS)、Fugl-Meyer 下肢运动功能量表(FMA-LE)、功能性步行量表(FAC)评定。**结果:**治疗 4 周后,2 组患者 BBS 和 FMA-LE 评分较治疗前均明显提高(均 $P<0.01$),且观察组以上评分均高于对照组(均 $P<0.05$);2 组患者 FAC 分级较治疗前均明显改善(均 $P<0.01$),且观察组分级较对照组改善更显著($P<0.05$)。**结论:**虚拟现实技术联合下肢康复机器人训练能改善缺血性脑卒中患者的下肢功能及平衡能力。

【关键词】 虚拟现实;下肢康复机器人;缺血性脑卒中;康复

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2020.12.004

Influence of virtual reality combined with lower limb rehabilitation robot training on lower limb function and balance ability in patients with ischemic stroke Hu Jingran, Chen Xiaofei. Department of Neurology, Shanxi Cardiovascular Hospital, Taiyuan 030024, China

【Abstract】 Objective: To explore the effect of virtual reality combined with lower limb rehabilitation robot training on lower limb function and balance ability in patients with ischemic stroke. **Methods:** Sixty patients with lower extremity dysfunction of ischemic stroke were collected and divided into a control group and a treatment group ($n=30$ each). The control group received conventional rehabilitation training and Lokomat lower limb robot training, and the treatment group were given conventional rehabilitation training and Lokomat lower limb robot training combined with virtual reality as well. Berg Balance Scale (BBS) score, Fugl-Meyer Assessment Lower Extremity (FMA-LE) score, and Functional Ambulation Category (FAC) level were recorded before and after 4 weeks of treatment. **Results:** After 4 weeks of treatment, BBS and FMA-LE scores of patients in both groups were significantly higher than those before treatment (all $P<0.01$), and those in the treatment group were significantly higher than those in the control group (all $P<0.05$). The FAC grades of patients in both groups were significantly improved as compared with those before treatment (all $P<0.01$), and the grades in the treatment group were more significantly improved than those in the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** Virtual reality combined with lower limb rehabilitation robot training can improve the lower limb function and balance ability of the patients with ischemic stroke.

【Key words】 virtual reality; limb rehabilitation robot; ischemic stroke; rehabilitation

脑卒中又称中风、脑血管意外(cerebral vascular accident,CVA),是一种急性脑血管疾病,包括缺血性和出血性卒中,其中缺血性卒中占脑卒中总数的60%~70%。据统计,在过去三十年中,中国的脑卒中发病率上升明显快于其他国家^[1-2]。脑卒中是致残率最高的疾病之一,约80%的患者遗留不同程度的功能障碍,严重影响患者的生存质量^[3-4]。下肢康复机器人可以帮助下肢功能障碍患者以正确步态进行功能训练,将训练方案参数化,较传统手法康复更加科学、有

效^[5-6]。随着科学技术的不断发展,虚拟现实技术(virtual reality,VR)与康复机器人的融合,为脑卒中患者的康复治疗提供了新的思路^[6-7]。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院2018年12月~2020年2月进行康复治疗的缺血性脑卒中下肢功能障碍患者60例,所有患者均签署知情同意书。纳入标准:符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》中缺血性脑卒中的诊断标准^[8],经颅脑CT或MRI检查确诊;病程≤3个月,首次发病或虽有脑卒中病史但未遗留任何功能障碍,生命体征平稳,沟通无障碍;单纯一侧运动功能障碍;肌张力经改良Ashworth评定,下肢<3级。排除

收稿日期:2020-04-08

作者单位:山西省心血管病医院神经内科,太原 030024

作者简介:胡靖然(1989-),男,技师,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:陈小飞,349019908@qq.com

标准:合并严重心、肺、肝、肾等重要脏器功能不全;合并严重的并发症(如高血压危象、心肌梗死、心绞痛、癫痫持续发作、下肢深静脉血栓等);有精神症状、听力障碍、认知障碍者,即经简易精神状态量表(Mini-mental state examination, MMSE)评定,评分 ≤ 22 分;合并严重骨骼肌肉等疾病;不能配合者。将60例患者随机分为对照组和观察组各30例,2组患者一般资料比较差异无统计学意义,见表1。

表1 2组患者一般资料比较

组别	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	性别 (男/女, 例)	患侧 (左/右, 例)
对照组 ($n=30$)	64.27 $\pm$ 9.54	41.80 $\pm$ 21.00	18/12	16/14
观察组 ($n=30$)	63.07 $\pm$ 10.88	43.23 $\pm$ 18.38	13/17	15/15
t/χ^2	-0.454	-0.281	0.196	0.796
P	0.651	0.779	0.301	1.000

1.2 方法 对照组进行常规康复训练和 Lokomat 下肢机器人训练,观察组在此基础上再联合虚拟现实技术。常规康复训练包括良肢位摆放、关节活动度训练、肌力训练、翻身及转移训练、平衡功能训练、步行训练、日常生活活动能力训练等。由治疗师根据患者肢体功能进行训练,每次训练30 min,每天2次,每周6次,持续4周。Lokomat 下肢康复机器人(瑞士 Hocoma 公司 Lokomat pro)训练:康复治疗师根据患者实际情况调整训练参数,起始减重为自身重量的50%,引导力为100%,步速为1.5 km/h,根据患者情况增加训练难度,并根据患者下肢主动运动能力进行被动-助动的调整,逐渐降低引导力,增强患者步行的主动性,但不得低于30%,逐步提高步行速度,但不高于2 km/h,训练时关闭虚拟现实技术系统。每次训练20 min,每天1次,每周6次,持续4周。观察组在常规康复治疗的基础上进行20 min的 Lokomat 下肢康复机器人联合虚拟现实技术治疗,每天1次,每周6次,持续4周。在 Lokomat 下肢康复机器人训练的同时,打开在跑台前放置的虚拟现实技术系统,通过传感器的反馈让患者在屏幕上能看到自己的虚拟化身。康复治疗师根据患者下肢功能的实际情况,选择对髋关节、膝关节及步态周期等方面进行针对性及难易不同的训练,例如在训练场景中,患者需要操纵虚拟化身在充满金币和障碍物的路面上行走,控制人物的转向和行进速度,收集金币、躲避障碍物(如树木、岩石等),直到最终完成训练目标。患者训练时在视觉系统、听觉系统和主动意识驱动下,传感器接收到一侧下肢活动(如摆动相中期的主动屈髋或者摆动相末期的主动伸膝)的反馈超过预设阈值时则虚拟人可向对侧转向,双侧下肢的反

馈同时超过预设阈值越多,虚拟人行进速度越快。在具体治疗指标设定中,设置个性化训练任务,训练难度不宜太大,这样更容易充分调动和维持患者的训练动机和主动参与性。训练过程中随时通过软件调整设备对患者活动检测的敏感性,检测敏感性越高,训练任务更容易完成,反之则需要付出更多努力,为患者增加更多的挑战。

1.3 评定标准 治疗前和治疗4周后由同一名不参与治疗且对患者分组情况不知情的康复治疗师分别对2组患者进行评定:① Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS),共14个项目,每个项目均采用0~4分五级评分法,总分56分,得分越高,平衡功能越好。② Fugl-Meyer 下肢运动功能量表(Fugl-Meyer assessment lower extremity, FMA-LE),总分34分,每个项目0~2分,评分越高,肢体运动功能越好。③功能性步行量表(functional ambulation category, FAC):0级为患者不能行走或在2人帮助下行走;1级为患者需在1人连续扶持下减重并维持平衡;2级为患者在1人持续或者间断扶持下行走;3级为患者无需他人直接的身体扶持,而在监督下行走;4级为患者能在平坦地面上独立行走,上下坡或不平路需要帮助;5级为患者能独立行走。分级越高,步行能力越强。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内均数比较采用配对样本 t 检验,组间均数比较采用两独立样本 t 检验;计数资料用率表示,采用 χ^2 检验,等级资料采用 Mann-Whitney 及 Wilcoxon 秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者治疗前后 BBS、FMA-LE 评分比较 治疗前2组患者 BBS 和 FMA-LE 评分差异均无统计学意义。治疗4周后,2组患者 BBS 和 FMA-LE 评分较治疗前均明显提高(均 $P < 0.01$),且观察组以上评分均高于对照组(均 $P < 0.05$),见表2。

表2 2组患者治疗前后 BBS 和 FMA-LE 评分比较

组别	时间	BBS	FMA-LE
对照组 ($n=30$)	治疗前	21.20 $\pm$ 11.98	15.47 $\pm$ 6.74
	治疗后	28.83 $\pm$ 12.04 ^a	20.50 $\pm$ 7.09 ^a
观察组 ($n=30$)	治疗前	21.40 $\pm$ 11.55	16.10 $\pm$ 6.67
	治疗后	35.20 $\pm$ 11.07 ^{ab}	23.93 $\pm$ 5.84 ^{ab}

与治疗前比较,^a $P < 0.01$;与对照组比较,^b $P < 0.05$

2.2 2组患者治疗前后 FAC 分级比较 治疗前2组患者 FAC 分级差异无统计学意义。治疗4周后,2组患者 FAC 分级较治疗前均明显改善(均 $P < 0.01$),且

观察组分级较对照组改善更显著($P<0.05$),见表 3。

表 3 2 组患者治疗前后 FACS 分级比较

组别	治疗前						治疗后						Z	P
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5		
对照组 (n=30)	14	10	1	4	1	0	5	9	8	4	3	1	-4.400	0.000
观察组 (n=30)	16	6	4	4	0	0	1	7	8	5	7	2	-4.808	0.000
Z	-0.288						-2.037							
P	0.773						0.042							

3 讨论

心脑血管疾病是全球最为高发的一类疾病,据统计中国在 2017 年死于脑卒中的人数占总死亡人数的 20.19%,居各类疾病之首^[1-2]。另外,脑卒中也是致残率最高的一类疾病,缺血性脑卒中患者由于脑组织内的神经元及神经细胞长期处于缺血缺氧状态发生坏死,导致其支配的相关区域功能丧失,而出现一系列功能障碍,如偏瘫、口眼歪斜、吞咽及言语障碍等,严重影响患者的生存质量^[3]。步行障碍是脑卒中患者最为常见的功能障碍之一,表现为患侧下肢无力、痉挛、协调性差、姿势控制异常及平衡能力障碍等,是临床康复的重点。

目前,常规的康复治疗技术包括肌力训练、平衡功能训练、步行训练、作业治疗等,能辅助患者进行早期功能恢复,另外 Bobath 技术、Brunnstrom 技术及反复促通疗法等手法治疗技术的应用,在改善并整合下肢支撑能力,恢复患者稳定的立体平衡及步行能力等方面也取得了一定的临床疗效^[9-11]。本研究对照组与观察组均采用了常规康复治疗作为患者的基础性治疗。Lokomat 是世界上第一台将下肢机械外骨骼与医用跑台结合起来的康复治疗机器人,具有动态减重和步态矫正系统,可为患者提供模拟正常生理步态的康复训练。同时,康复治疗师可根据患者的实际情况实时调整下肢负重、关节屈伸角度、机械腿引导力、步行速度等参数及患者的治疗时间,为患者制定个性化的训练方案,更好地解决平衡、迈步及负重等问题^[12-14]。本研究对照组采用常规康复治疗结合下肢机器人训练,治疗后患者的 BBS、FMA-LE 评分及 FACS 等级均提高,说明在治疗后患者的下肢功能及平衡能力较治疗前均有改善。与本研究结果相似,国内外诸多研究显示,下肢康复机器人对患者平衡能力、运动功能及步行能力的改善均有明显意义,可作为常规康复治疗的辅助治疗手段^[4,13-16]。Bruni 等^[14]认为,使用机器人技术可以对脑卒中患者的步态康复结果产生积极影响。温金亚^[16]认为,脑卒中偏瘫患者实施下肢康复机器人结合常规康复训练能够有效提升下肢肌

力,利于恢复平衡功能与下肢运动功能。

虚拟现实技术是集先进的计算机技术、传感与测量技术、仿真技术和微电子技术于一体的新兴技术,其与康复设备相结合,有助于康复训练过程中的重复练习、效果反馈和动机维持,是现代先进康复技术的新选择。虚拟现实技术的三个基本特征为沉浸、交互和想象,它可以使患者融入到虚拟环境中,与其中的虚拟对象进行交流及相互作用,安全、趣味性强,反馈形式多样、重复性好,使患者在康复过程中变被动为主动,它与下肢机器人训练相结合对患者下肢功能的改善起到了积极作用^[4,6-7,17-20]。Lee 等^[21]对虚拟现实技术对慢性脑卒中患者功能的影响做了系统性评价和 Meta 分析,结果显示虚拟现实技术对脑卒中患者下肢肌肉张力、肌肉力量、关节活动范围、步态、平衡及运动的改善均有明显效果。Park 等^[22]进行了一项虚拟现实和听觉刺激的机器人辅助步态训练对脑卒中患者平衡和步态能力影响的随机对照实验,评价内容包括 BBS、FMA-LE、起立步行测试(Time Up & Go Test, TUGT)及 10 米步行能力测试(10 meters walking test, 10 MWT)等,治疗后虚拟现实机器人组较听觉刺激机器人组 FMA-LE 评分提高更为明显,较常规康复治疗组 BBS、TUGT、10MWT 和 FMA-LE 评分提高均更为明显,说明虚拟现实机器人辅助步态训练更有助于患者平衡及步行能力的改善。Bergmann 等^[23]的研究结果显示,虚拟现实技术能够增强亚急性脑卒中步行障碍患者的机器人辅助训练效果,能够增强动力,延长训练时间,是脑卒中患者步态康复训练中一种有前景的治疗方法。路芳等^[4]将脑卒中患者分为常规治疗组、康复机器人组和虚拟现实机器人组 3 组,分别进行常规康复训练、常规康复训练联合机器人训练、常规康复训练和机器人训练联合虚拟现实技术,结果显示,下肢康复机器人联合虚拟现实技术能有效改善脑卒中患者的平衡能力、下肢运动功能、卒中后运动功能和步行能力。本研究结果显示,在常规康复训练及下肢机器人训练基础上联合虚拟现实技术能有效提高脑卒中患者的下肢功能及平衡能力,且效果较对照组更显著,这与国内外学者的研究结果一致^[4,21-23]。

综上所述,虚拟现实技术能为缺血性脑卒中患者在康复治疗过程中提供身临其境的环境体验,提高患者的积极性与主动性,对下肢功能及平衡能力的改善有促进作用,值得推广。本研究样本量小,治疗时间短,存在一定局限性,仍需加大样本量、延长治疗时间、进行长期随访等进一步深入研究。

【参考文献】

[1] Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden

- of Disease Study 2017 (GBD 2017) Results[EB/OL]. Seattle: University of Washington, 2018 [2020-04-08]. <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool>.
- [2] Li ZX, Jiang Y, Li H, et al. China's response to the rising stroke burden[J]. BMJ, 2019, 364: 1879-1879.
- [3] Randolph SA. Ischemic Stroke[J]. Workplace Health Saf, 2016, 64(9): 444-444.
- [4] 路芳, 朱琳, 宋为群. 下肢康复机器人联合虚拟现实技术对脑卒中患者下肢功能的影响[J]. 中国康复医学, 2018, 33(11): 1301-1306.
- [5] Molteni F, Gasperini G, Cannaviello G, et al. Exoskeleton and End-Effector Robots for Upper and Lower Limbs Rehabilitation: Narrative Review[J]. PM R, 2018, 10: S174-S188.
- [6] 陈源, 张继荣. 脑卒中患者步行功能障碍的康复现状[J]. 中国康复, 2017, 32(1): 70-73.
- [7] Palma GC, Freitas TB, Bonuzzi GM, et al. Effects of Virtual Reality for Stroke Individuals Based on the International Classification of Functioning and Health: A Systematic Review. [J] Top Stroke Rehabil, 2017, 24(4): 269-278.
- [8] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [9] Gray C, Ford C. Bobath Therapy for Patients With Neurological Conditions: A Review of Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness, and Guidelines [Internet][M]. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2018: 1-10.
- [10] Afsar SI, Mirzayev I, Yemisci OU, et al. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2018, 27(12): 3473-3478.
- [11] Tomioka K, Matsumoto S, Ikeda K, et al. Short-term Effects of Physiotherapy Combining Repetitive Facilitation Exercises and Orthotic Treatment in Chronic Post-Stroke Patients[J]. J Phys Ther Sci, 2017, 29(2): 212-215.
- [12] Jezernik S, Colombo G, Keller T, et al. Robotic Orthosis Lokomat: A Rehabilitation and Research Tool[J]. Neuromodulation, 2003, 6(2): 108-115.
- [13] Cherni Y, Girardin-Vignola G, Ballaz L, et al. Reliability of Maximum Isometric Hip and Knee Torque Measurements in Children With Cerebral Palsy Using a Paediatric Exoskeleton-Lokomat[J]. Neurophysiol Clin, 2019, 49(4): 335-342.
- [14] Bruni MF, Melegari C, Cola MC, et al. What Does Best Evidence Tell Us About Robotic Gait Rehabilitation in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. J Clin Neurosci, 2018, 48: 11-17.
- [15] 王辉. 下肢机器人应用对脑卒中偏瘫患者步行功能和 ADL 的影响[J]. 中国康复, 2018, 33(2): 138-139.
- [16] 温金亚. 下肢康复机器人结合康复训练对脑卒中偏瘫患者下肢肌力及平衡功能的影响[J]. 中国疗养医学, 2019, 28(11): 1163-1165.
- [17] Tieri G, Morone G, Paolucci S, et al. Virtual Reality in Cognitive and Motor Rehabilitation: Facts, Fiction and Fallacies[J]. Expert Rev Med Devices, 2018, 15(2): 107-117.
- [18] 张丽华, 米立新, 马全胜, 等. 虚拟现实平衡训练对脑卒中患者的临床疗效[J]. 中国康复, 2019, 34(12): 635-638.
- [19] Laver K, Lange B, George S, et al. Virtual Reality for Stroke Rehabilitation[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 11(11): CD008349.
- [20] Subramanian SK. Virtual Reality in Rehabilitation-Using Technology to Enhance Function[J]. PM R, 2018, 10(11): 1221-1222.
- [21] Lee HS, Park YJ, Park SW. The Effects of Virtual Reality Training on Function in Chronic Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Biomed Res Int, 2019, 2019: 7595639.
- [22] Park J, Chung Y. The Effects of Robot-Assisted Gait Training Using Virtual Reality and Auditory Stimulation on Balance and Gait Abilities in Persons With Stroke[J]. NeuroRehabilitation, 2018, 43(2): 227-235.
- [23] 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.

作者 · 读者 · 编者

《中国康复》杂志实行网站投稿

《中国康复》杂志已经实行网上投稿系统投稿, 网址 <http://www.zgkfzz.com>, 欢迎广大作者投稿, 并可来电咨询, 本刊电话: 027-69378389, E-mail: zgkf1986@163.com; kfk@tjh.tjmu.edu.cn.