

虚拟现实技术改善脑卒中患者上肢功能障碍的研究现状

丁千^a,高宏宇^a,宋梅思^a,卞瑞豪^a,陈娜^b,李乐^b

【关键词】 脑卒中;上肢康复;虚拟现实技术

【中图分类号】 R49;R743.3 【DOI】 10.3870/zgkf.2013.03.017

脑卒中是一种突然起病的脑部血液循环障碍性疾病。我国的脑卒中年发病率约为200/10万,且呈上升趋势^[1]。本病导致大脑对低级中枢的调节失去控制,原始反射被释放,正常运动的传导受到干扰而产生异常运动模式^[2]。其中上肢功能障碍是脑卒中偏瘫患者最常见的临床表现之一;上肢精细动作的恢复往往需要较长时间,康复效果常不尽人意^[3]。在脑卒中发病初期,69%~80%的患者有上肢功能障碍,发病3个月后,仍有37%的患者存在上肢精细动作控制方面的问题^[4]。这些功能障碍不仅影响患者日常生活活动能力(activity of daily life, ADL),还会影响身体其他部位功能的正常发挥^[5]。近年来虚拟现实技术(virtual reality, VR)越来越多地被应用于脑卒中偏瘫患者上肢功能训练,本文将对VR改善脑卒中患者上肢功能障碍的疗效及其可能机制进行综述。

1 VR 概述

VR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^[6]。它可以提供有意义的任务性训练与精确的感觉回馈,确保受试者拥有真实而安全的训练环境,并包含重复练习、成绩反馈和动机维持等关键要素^[7]。根据患者的心理状态和病情需要,医生可以选择相应的康复训练场景和任务取向式康复作业,以多种反馈形式激发和维持患者重复练习的主动性,达到传统训练中无法实现的康复效果^[8]。患者在VR训练中需要主动参与并与计算机进行互动,从而获得

运动技能。例如,患者可以沉浸在这种模拟环境之中对虚拟的物体进行移动、抓、放等操作;同时可以实时接收自己在操作过程中的反馈信息并进行自我调整,增强上肢运动的灵活性,促进分离运动的产生^[9]。

VR系统根据其沉浸程度和系统组成可分为3种形式。①桌面式:以计算机显示器等台式显示器的屏幕作为虚拟环境的显示装置,其特点是虚拟环境视野小,用户沉浸感差,但成本较低,易于普及。②大屏幕式:包括弧形宽屏幕、环形屏幕等,虚拟环境视野较大,能够很好地把使用者与现实环境隔离开来,实现人和环境的完全融合。但是,其实现技术复杂,开发和运行费用昂贵,难以普及^[10]。③头盔式:结合了上述2种虚拟系统的优点,不仅保证较强的沉浸感,而且成本较低,易于普及。它将呈现虚拟景物的屏幕安置在头盔中,拉近到使用者眼前,扩展了使用者的视角^[11],而头盔又把使用者与周围环境隔离开,增强其身临其境的感觉^[12]。

2 VR 改善脑卒中患者上肢功能的临床研究

VR训练通常要求患者主动参与、病情稳定、意识清醒、无言语和视力障碍、无精神病史、无大量饮酒或滥用药物^[2]。出血性脑卒中患者,需度过急性期后才能进行VR训练(一般至少3d以后),以防脑卒中再发^[3]。脑卒中患者发病初期上肢肌张力低,肌力弱,上肢运动功能严重受损。此时如果患者的病情没有稳定,则不适宜进行VR训练。随后患者的上肢呈现肌张力增高的屈肌痉挛模式,表现为肱骨内收、内旋,肘屈曲,前臂旋前或旋后,腕指屈曲,同时上肢的肌力较弱。增高的肌张力和减弱的肌力将导致脑卒中患者的主动、被动关节活动度(range of motion, ROM)受限,而较差的肌肉控制会使患者上肢运动准确性较差,并进一步引起上肢功能性活动障碍。

2.1 VR训练对于改善上肢关节活动度的研究 脑卒中患者由于上肢屈肌痉挛,上肢ROM受限的发生

基金项目:国家自然科学基金(No. 31100669);广东省大学生创新训练计划项目(No. 1055812298)

收稿日期:2013-03-06

作者单位:中山大学 a. 中山医学院康复治疗学系, b. 附属第一医院康复医学科, 广州 510080

作者简介:丁千(1992-),女,本科在读,主要从事脑卒中上肢运动功能康复方面的研究。

通讯作者:李乐。

率较高。ROM受限对于患者活动的灵活性,以及患者上肢功能性活动的的能力均有消极的影响。因此,提高患者ROM是脑卒中患者康复的关键任务之一。Godfrey等^[13]使用手外骨骼康复机器人(HEXORR Robotic)结合VR训练对患者手功能康复的研究,发现通过2种游戏对手指屈伸动作的练习,掌指、指间关节的ROM均有所增加,这种手指ROM的增加对于患者手部精细功能的恢复有较好的作用。另外,传统训练过于强调分解动作练习,无法提供有实践意义的任务需求,难以训练现实生活中的整合动作^[14],因此,传统训练很难使ROM的提高与日常生活能力的增强直接相关。但VR训练不仅可以较好提高ROM,而且可以将患侧上肢提高的ROM转换成日常生活能力的提升。实验证明,发病3个月以上的脑卒中患者接受Wii-based VR训练2周后,所有受试者的上肢功能都有明显提升,上肢主、被动关节活动度均有增加,并且这些改变都可以转换成日常生活能力的提升^[15]。由此可见VR训练在改善脑卒中患者上肢ROM方面相对于传统训练的优势。

2.2 VR训练对于提高上肢运动准确性的研究 VR训练具有沉浸性和交互性的特点,为训练患者的运动准确性提供了较好的条件,目前一些研究致力于探讨VR训练对于提高脑卒中患者上肢运动准确性的效果。脑卒中患者上肢运动准确性可以表现在患者准确捕获虚拟小球的能力上。Siekierka等^[16]和Eng等^[17]在临床量表评估的基础上,用脑卒中患者抓捕虚拟小球的表现来评估其上肢运动准确性的改善;在评估过程中,通过提高小球的速度、缩短小球出现的间隔增加捕获小球的难度。结果显示,患者在进行结合传统训练的VR训练后,较对照组可以更稳定地捕获难度更高的小球,这说明VR训练后患者上肢准确性和运动速度的提高。脑卒中患者上肢运动准确性的提高也表现为患者上肢运动轨迹的改善。Szturm等^[18]的研究中发现患者在接受手指功能VR训练后,通过量化运动轨迹相似性发现:患者完成动作数量增加,动作幅度更大并更稳定。另外,患者上肢的运动速度也可相应增加。Broeren等^[19]将运动速度、手部路径当作患者VR训练成效的反映,3周及12周后发现,所有患者的平均运动速度和手部路径比(HPR)都有提高,完成时间缩短,提示VR干预治疗对上肢运动准确性的改善可维持较持久的作用。在Rojo等^[20]的音乐导向VR训练中,患者使用8键迷你VR钢琴练习精细运动,用8音节VR鼓练习粗大运动。4周练习后,运动分析显示手部的敲击运动速度增加,频率明显提高,手指的敲击运动也更顺畅,运动轨迹趋于正常。这些手部运动

准确性的提升均可转化为手部精细功能的改善。

2.3 VR训练对于改善上肢功能性活动的研究 上肢功能性活动能力一般由患者的上肢Wolf运动功能测试(Wolf motor function test task, WMFT)、Box and Blocks试验(在1min内将木块从盒子的一边移到另一边,用于评估手的灵活性)等功能性量表的完成情况来评估。有文献发现VR训练比传统训练更能改善患者的上肢功能性活动^[21-22]。如Yong等^[21]对急性期和亚急性期脑卒中患者进行VR配合传统训练后,结果发现与训练前比较,患者完成WMFT的完成时间明显缩短,完成Box and Blocks试验的情况有较大的进步,而且Fugl-Meyer肢体运动功能量表、肌力指数(motricity index, MI)得分提高,视觉模拟评分疼痛量表(visual analogue scale, VAS)显示上肢疼痛减轻;与传统训练组相比,VR配合传统训练组完成以上量表的情况均比传统训练组相似或者更好;同时问卷显示患者进行VR训练比传统训练更加愉快舒适。这提示VR训练可促使脑卒中患者上肢功能性活动的提高,而且能促进正常运动模式的形成,并且减轻疼痛,易被患者接受。也有文献指出VR训练的疗效与传统训练效果没有显著差别^[23],出现此差异可能的原因包括受试对象人数少、实验设计不完善、评估标准不一致等。还有研究着重于同时训练手在日常生活中的不同动作,以期更好恢复手部各种功能。在Merians等^[24]的研究中,通过擦玻璃、交通灯、弹钢琴、力量手套这4种VR游戏分别来锻炼掌指关节和指间关节ROM、运动速度、单手指分离运动及手指肌力,在每次试验后都用计算机测量运动幅度、速度、分离和力量的变化;结果表明,训练后所有患者的上述运动参数和功能测试参数都有进步,这些进步可以转化为手部精细功能的提升,提示通过一定强度的练习以及不断获取反馈信息,VR可以创造出交互的、有激励性的环境来提高上肢功能。

3 VR改善脑卒中患者功能障碍的脑功能重构机制

目前,多数关于脑卒中患者的脑功能重构机制的研究采用功能性磁共振(functional magnetic resonance imaging, fMRI)作为研究手段。有实验证明,患者经过一段时间的正规康复训练后,随着运动功能的恢复,患手运动时激活区域出现正常化趋势,出现更多的运动皮质(M1区)的激活,与健手的激活模式更接近并且呈现对侧激活为主的趋势^[25]。这说明了fMRI可以直观观察脑部组织的激活情况,从而反映患者的脑功能重构情况。

Bermudez等^[26]的研究发现,使用VR系统对脑

卒中患者进行运动活动和运动想象训练(motor activity and motor imagery training),可以使患者的患侧大脑半球募集任务相关神经元,促使其脑功能重构,提高患者运动控制能力。VR训练促进脑功能重构具体表现在其可以激活初级感觉运动皮质,使VR训练组初级感觉运动皮质的偏侧性指数比传统训练组显著提高,同时患侧的运动功能也比训练前显著提高。这说明VR训练引起的脑功能重构对脑卒中患者运动功能的恢复起着重要作用^[27]。VR训练不仅可以激活初级感觉运动皮质,还可以激活在传统训练中不能得到有效激活的次级运动皮质^[28],包括背侧运动前区和辅助运动区,以及扣带回运动区前部、前顶内皮层、颞上回等。同时,VR训练还可以使运动前区、辅助运动区等处的异常激动消失,从而促进患者运动功能的恢复^[29]。Saleh等^[30]的研究显示,VR训练后,脑卒中患者的患侧大脑运动区与双侧感觉运动区在手指运动时的功能连接增强;患者健侧大脑的过度优势降低,患侧大脑的放电活动增强。这提示VR训练可以促进大脑的功能连接以及两侧大脑半球间的平衡重构。但有研究发现,VR训练后的患者在完成抓握动作时,fMRI显示出脑部激活区域增加,但激活的神经元数量并无变化,因为没有任务相关的信号变化。提示患者运动能力的提高可能并不是依靠脑部受损区域皮质的功能恢复,而更多是依靠损伤部周围正常皮质的募集^[31]。但此研究的受试者仅有13例,由于样本量不足而缺乏说服力。

4 小结

VR训练可以使脑卒中患者沉浸在虚拟环境中,积极主动地参与训练,从而促进患侧上肢ROM、肌力、运动控制等功能康复,大量临床研究证明VR训练是传统康复训练的良好补充,且易被患者接受。现代功能医学影像技术也证实VR训练可以促进脑功能重构。而临床中如何更好的针对患者具体情况制定VR训练运动量和训练开始时间,以及VR训练对脑功能重建的具体机制,仍需要进一步研究。

【参考文献】

- [1] 吴兆苏,姚崇华,赵冬,等.我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究[J].中华流行病学杂志,2003,24(3):236-239.
- [2] 赵翠莲,胡世东,李成梁,等.面向虚拟训练的脑卒中患者康复策略[J].中国康复医学杂志,2012,27(5):452-457.
- [3] 王茂斌.康复医学[M].北京:人民卫生出版社,2009,393-394.
- [4] 杨红艳,胡谨侠.脑中风与脑瘫的康复护理[M].北京:中国协和大学出版社,2003,12-12.
- [5] Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement[M]. 3rd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2005, 325-325.
- [6] Burdea GC. Virtual rehabilitation—benefits and challenges [J]. Methods Inf Med, 2003, 42(5): 519-523.
- [7] Lange BS, Requejo P, Flynn SM, et al. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability [J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2010, 21(2): 339-356.
- [8] Kenyon RV, Leigh J, Keshner EA. Considerations for the future development of virtual technology as a rehabilitation tool [J]. J Neuroeng Rehabil, 2004, 1(1): 13-13.
- [9] Boian R, Sharma A, Han C, et al. Virtual reality-based post-stroke hand rehabilitation [J]. Stud Health Technol Inform, 2002, 85(1): 64-70.
- [10] 许志生,李建华.康复医学中的虚拟现实技术应用进展 [C].中国康复医学会第十四次脑血管病康复学术会议暨中华中医药学会第九次养生康复学术会议,2011,175-181.
- [11] Witmer BG, Singer MJ. Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire [J]. Presence, 1998, 7(3): 225-240.
- [12] Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review [J]. Cyber psychol Behav, 2005, 8(3): 187-211.
- [13] Godfrey SB, Schabowsky CN, Holley RJ, et al. Hand function recovery in chronic stroke with HEXORR robotic training: A case series [C]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2010, 4485-4488.
- [14] Lange BS, Requejo P, Flynn SM, et al. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability [J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2010, 21(2): 339-356.
- [15] Mouawad MR, Doust CG, Max MD, et al. Wii-based movement therapy to promote improved upper extremity function post-stroke: a pilot study [J]. J Rehabil Med, 2011, 43(6): 527-533.
- [16] Siekierka EM, Eng K, Bassetti C, et al. New technologies and concepts for rehabilitation in the acute phase of stroke: a collaborative matrix [J]. Neurodegener Dis, 2007, 4(1): 57-69.
- [17] Eng K, Siekierka E, Pyk P, et al. Interactive visuo-motor therapy system for stroke rehabilitation [J]. Med Biol Eng Comput, 2007, 45(9): 901-907.
- [18] Szturm T, Peters JF, Otto C, et al. Task-specific rehabilitation of finger-hand function using interactive computer gaming [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2008, 89(11): 2213-2217.
- [19] Broeren J, Rydmark M, Bjorkdahl A, et al. Assessment and training in a 3-dimensional virtual environment with hap-

- tics: a report on 5 cases of motor rehabilitation in the chronic stage after stroke [J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2007, 21(2):180-189.
- [20] Rojo N, Amengual J, Juncadella M, et al. Music-supported therapy induces plasticity in the sensorimotor cortex in chronic stroke: a single-case study using multimodal imaging (fMRI-TMS)[J]. *Brain Inj*, 2011, 25(7-8):787-793.
- [21] Yong JL, Soon YT, Xu D, et al. A feasibility study using interactive commercial off-the-shelf computer gaming in upper limb rehabilitation in patients after stroke[J]. *J Rehabil Med*, 2010, 42(5):437-441.
- [22] Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle[J]. *Stroke*, 2010, 41(7):1477-1484.
- [23] Crosbie JH, Lennon S, McGoldrick MC, et al. Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: a randomized controlled pilot study[J]. *Clin Rehabil*, 2012, 26(9):798-806.
- [24] Merians AS, Jack D, Boian R, et al. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke[J]. *Phys Ther*, 2002, 82(9):898-915.
- [25] Ward NS, Brown MM, Thompson AJ, et al. Neural correlates of outcome after stroke: a cross-sectional fMRI study [J]. *Brain*, 2003, 126(Pt 6):1430-1448.
- [26] Bermudez IBS, Garcia MA, Samaha H, et al. Using a Hybrid Brain Computer Interface and Virtual Reality System to Monitor and Promote Cortical Reorganization through Motor Activity and Motor Imagery Training[J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2013, 21(2):174-181.
- [27] You SH, Jang SH, Kim YH, et al. Virtual reality-induced cortical reorganization and associated locomotor recovery in chronic stroke: an experimenter-blind randomized study [J]. *Stroke*, 2005, 36(6):1166-1171.
- [28] August K, Lewis JA, Chandar G, et al. fMRI analysis of neural mechanisms underlying rehabilitation in virtual reality: activating secondary motor areas [C]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2006, 3692-3695.
- [29] Jang SH, You SH, Hallett M, et al. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005, 86(11):2218-2223.
- [30] Saleh S, Bagce H, Qiu Q, et al. Mechanisms of neural reorganization in chronic stroke subjects after virtual reality training [C]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2011, 8118-8121.
- [31] Takahashi CD, Der-Yeghiaian L, Le V, et al. Robot-based hand motor therapy after stroke[J]. *Brain*, 2008, 131(Pt 2):425-437.

消息

中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 “常见病种(手术)康复医疗双向转诊标准(试行)”和 “早期康复诊疗原则”的发布

据 2013 年 4 月中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会卫办医政函〔2013〕259 号文精神,为指导各地区落实分级医疗、双向转诊,引导各级康复医疗机构按各自功能定位发挥作用,中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会组织专家编写了《脑卒中等 8 个常见病种(手术)康复医疗双向转诊标准(试行)》,鼓励非试点地区的康复医疗机构参照本标准推动双向转诊工作。详见网站:<http://www.moh.gov.cn/mohyzs/s3573/201304/5c574b241c954ee48aa27490156fe4ae.shtm>。

同时,该委员会组织发布了关于印发四肢骨折等 9 个常见病种(手术)早期康复诊疗原则的通知,详见网站 <http://www.moh.gov.cn/mohyzs/s3573/201304/9a568754be9949a881a4d50cfaa796a.shtml>。

《中国康复》编辑部