

· 综述 ·

虚拟现实对脑卒中后上肢功能康复的研究进展

陶英霞¹ 屈云^{1,2}

脑卒中是导致人类死亡、残疾的主要原因之一。随着社会老龄化,脑卒中发病率也在逐年升高。卒中可导致人体多种功能受损,如运动、感觉和认知等^[1]。其中,超过50%患者在脑卒中后长期遗留不同程度的上肢功能障碍,严重患者从此只能以健侧肢体活动或借助其他辅助器具进行代偿。上肢是我们在日常生活中进行各种复杂和精细动作最为重要的功能区,上肢功能障碍直接影响患者的生存质量^[2]。因此,促进患肢功能恢复,提高患者独立生活能力是运动康复的主要目标。甚至有学者认为,上肢功能恢复是预示康复治疗成功与否的关键因素。

在国内,曾以传统手法训练为主实施的康复治疗现已不能满足患者的需求。研究表明,运动功能障碍的恢复依赖于早期干预,并具备高强度、针对性、重复性和能够及时提供反馈信息的治疗模式^[3]。然而徒手康复训练不能达到这些要求,顺应现代科技的蓬勃发展,具有以上特点的新康复技术开始出现并被应用于神经康复领域,虚拟现实技术与机器人、脑机接口、远程康复等成为神经康复新的治疗手段^[4]。

1 现代神经康复技术

1.1 机器人治疗技术

美国机器人协会将机器人定义为“针对不同任务要求操作,可设计多种特定形式运动的可编程、多功能控制器”^[5]。Stefano等^[6]指出卒中后早期接受普通康复治疗训练并结合机器人治疗能够获得更好的康复疗效,主要体现在减轻患侧肢体的运动受限和增强其运动功能,而最近一项研究提示急性期和症状较轻的患者单纯接受常规治疗及联合常规治疗与机器人训练比较疗效无显著性差异,而对亚急性期功能受损较重的脑卒中患者效果显著^[7]。而且长期机器人治疗会使患者产生疲劳、无趣、厌倦等情绪,导致患者依从性下降,对正常治疗造成一定影响。

1.2 脑机接口技术

脑机接口旨在测量大脑活动并通过计算机输出可读取的信息,对患者的治疗状况进行实时反馈^[8]。目前在国际上该技术也越来越普遍地应用于治疗性研究,常与机器人联合应用。但其治疗价值仍未明确,以及患者自身对治疗措施选

择倾向或依从性不能满足脑机接口治疗技术的要求等因素影响,目前尚未应用于临床。

1.3 虚拟现实技术

近几年,众多有关神经康复的研究中,虚拟现实技术(virtual reality, VR)的概念没有得到规范的解释和应用。仅仅以计算机为基础在显示屏上提供视觉反馈的技术往往被误认为是VR。确切地说,VR可定义为一种特殊的电脑辅助的人机交互技术,有机地结合了传感控制技术和计算机图形技术,用户可以通过多种传感器与计算机生成的虚拟场景或虚拟对象进行交互操作^[9]。有别于其他视觉成像技术共有的“想象”特点,沉浸和交互是虚拟现实技术的两大特征。用户能够投入到VR生成的虚拟环境,并能沉浸于活动中,自发产生身临其境的感觉。当用户在虚拟场景中与各种对象相互作用即交互,用户可在此过程中得到相应的视觉、听觉和触觉等反馈信息。对于患者而言,学习并能获得新的知识和技能是其康复的愿望,VR的最终目的在于提高患者原已失去或减弱的运动功能以及受损的活动能力,在虚拟环境中,患者可以结合现实生活场景进行想象,有目的地训练^[10]。

相对于传统疗法,VR有其三点优势:①它可以为神经康复患者提供特定任务的重复训练^[11];②在治疗活动中,VR设定的环境能训练患者解决问题和执行任务的能力^[12];③VR可塑造模拟用户需求的真实情景活动。此外,患者在现实情境中进行其他训练时会存在安全性问题(如在马路上过街走人行道),虚拟现实技术可以避免这些担忧,设定安全可靠的治疗环境^[13]。

2 虚拟现实技术的作用机制

研究指出,对于卒中后患肢的处理方式,不干预或者用健侧肢体进行代偿都将引起患侧肢体利用不充分,长期废用的结果会导致该侧肢体大脑皮质区域受到抑制并进而影响未来患肢的控制^[14]。虽然神经康复技术可以改善脑卒中患者的运动功能,但是其机制的研究较少。Sung H等^[15]通过虚拟现实技术对患者进行训练,同时设置实验组和对照组,利用fMRI成像技术研究神经可塑性与运动功能恢复的关联,影像学资料变化提示受损的大脑皮质运动区在VR训练后被

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.期数.文章编号(如:001)

1 四川大学华西医院康复医学科,四川大学华西临床医学院康复医学系,康复医学四川省重点实验室,成都,610041; 2 通讯作者
作者简介:陶英霞,女,硕士研究生; 收稿日期:2013-03-08

激活^[15]。

3 虚拟现实技术在上肢功能训练中的应用

从20世纪90年代开始,关于VR的实验室和临床研究较多,在Pubmed中检索“(virtual reality) AND rehabilitation”可以搜索到612篇关于康复的文献。经过查阅发现,虚拟现实技术最常见的还是应用于脑卒中后患侧上肢功能障碍的治疗。几种专用于上肢康复的VR系统已经完成开发并在全世界通过各种治疗方法和要求的检测^[16]。包括触觉训练系统、手和手指训练系统、手臂训练系统以及混合训练系统等^[17-19]。

3.1 手和手指训练系统

在Sergei V的研究^[20]中提出了已被证明安全可行的VR模拟钢琴训练系统(简称虚拟钢琴师),根据实际钢琴的特点,虚拟钢琴师对用户可提供视觉、听觉及触觉的综合反馈。旨在训练手指的精细运动,用户可预先对歌曲或键盘进行设置而选择单手或双手两种不同训练方式。该系统采用了Cyber Gloves,检测手套以进行手跟踪,并结合Cyber Grasp来增强触觉效果,服务器连接手套和三维空间跟踪定位器(flock of birds, FOB),在显示屏上显示钢琴按键和模拟的手形。4例处于恢复期的脑卒中患者参与此项研究,训练过程中每位患者可连续操作1.5h而无任何影响,所有患者在现实生活中难以做到的弹钢琴这项任务却在模拟的虚拟钢琴师系统中能协同手臂和手共同完成活动。最终治疗结果显示其中3人在训练后可分别运动每个手指,2人在Jebsen手功能测试和Wolf运动功能测试中提高显著。

3.2 手臂训练系统

在脑卒中患者手臂运动功能康复的干预措施方面,Sandeep K等^[21]从他们的随机对照研究中得出:功能受损较轻的患者经过VR训练后其功能改善较中到重度患者更为显著。其研究重在探讨普通物理环境治疗(PE)与3D虚拟环境治疗(3D VE)对脑卒中患者的疗效差别。32例脑卒中患者被随机分为试验组和对照组,分别接受3D VE和PE治疗,要求患者将患肢分别指向恰好一手臂距离前方的6个不同目标物体,同时控制手指不能碰到前方物体,两种治疗在训练类型、强度和反馈等方面相近。主要区别在于VE可向参与者提供特定有意义的视觉、听觉和触觉反馈信息,即额外的视觉效果(当目标物体逐渐变大示意成功完成一项任务),支持在功能性环境中的运动训练(如购物环境),以及包括一项可以积分的游戏活动。训练3个月后再评估国际健康功能与身心障碍分类(international classification of functioning, disability and health, ICF),结论是3D VE组的患者在肩关节外展和肘关节屈伸活动较对照组明显改善。另外,研究还进行了动机问卷调查,其中3D VE组患者在训练中感到的心理压力小于PE组。

3.3 混合训练系统

根据人体运动学原理,对于上肢功能的康复,传统的康复思维应先对近端关节(肩关节)进行控制和训练,逐步再向远端关节放射,最后得到治疗的是手部^[22]。这是多年普遍采用的康复模式。但越来越多的临床和实验研究表明^[23-24],运动训练增加了大脑皮质运动区的范围和密度,新的运动模式出现是基于高强度的运动训练。有学者利用VR技术对偏瘫患者的手臂与手单独训练和同步训练进行了对照研究^[25],引入手和胳膊一起(hand and arm together, HAT)和手和胳膊分开(hand and arm separately, HAS)两种不同治疗模式,其中HAT模式是指手和手臂联合治疗;HAS即将手与手臂单独进行训练。两组各4例患者,所有患者训练时间相同。评估结果提示HAT组患者在Wolf运动功能测试和Jebsen手功能测试中分别提高了23%和29%,而HAS组仅为14%和8%。HAS组患者手的协调能力改善低于HAT组,提示手和手臂作为一个单元进行VR训练要比两者隔离治疗更有效。

4 小结

VR的特点在于生成的环境可以随时切换和调整,根据治疗目标可设定个性化治疗方案,提供与患者功能相适应,具有丰富刺激并能创造出激励的环境使患者积极主动参与治疗活动,同时记录的数据可监测该患者的康复进展。但是在国内专门为患者设计虚拟现实治疗方案进行治疗的康复机构仍然不多,一方面原因可能是虚拟现实技术本身还未发展完善,设备昂贵,不能普及;另一方面,国内大部分人们还是习惯于接受传统的治疗模式,对新的治疗技术不熟悉,包括缺乏该方向的专业技术人员。手功能的康复非常重要,但是充满挑战。VR是一门新兴并十分具备发展潜力的治疗技术,随着技术不断完善和改进,相信能为脑卒中患者带来更多的希望。

参考文献

- [1] Ovbiagele B, Nguyen-Huynh MN. Stroke epidemiology: advancing our understanding of disease mechanism and therapy [J]. Neurotherapeutics, 2011, 8(3):319-329.
- [2] Duncan PW, Wallace D, Lai SM, et al. The stroke impact scale version 2.0. Evaluation of reliability, validity, and sensitivity to change[J]. Stroke, 1999, 30(10):2131-2140.
- [3] Brochard S, Robertson J, Médée B, et al. What's new in new technologies for upper extremity rehabilitation?[J]. Curr Opin Neurol, 2010, 23(6):683-687.
- [4] Iosa M, Morone G, Fusco A, et al. Seven capital devices for the future of stroke rehabilitation[J]. Stroke Res Treat, 2012, (2012):187965.
- [5] Xie M. Fundamental of robotics: linking perception to action [M]. Singapore:World Scientific, 2003:33.
- [6] Masiero S, Celia A, Rosati G, et al. Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke[J]. Arch Phys Med

- Rehabil, 2007, 88(2):142—149.
- [7] Morone G, Bragoni M, Iosa M, et al. Who may benefit from robotic-assisted gait training? A randomized clinical trial in patients with subacute stroke[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2011, 25(7):636—644.
- [8] Bernhard G, Brendan A, Gert P. Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction[M]. Springer Berlin Heidelberg, 2010.1:1—27.
- [9] Burdea GC. Virtual rehabilitation--benefits and challenges[J]. Methods Inf Med, 2003, 42(5):519—523.
- [10] Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality[J]. J Neuroeng Rehabil, 2004, 1(1):10.
- [11] French B, Thomas LH, Leathley MJ, et al. Repetitive task training for improving functional ability after stroke[J]. Stroke, 2009, (40):e98—e99.
- [12] Rizzo A., Kim G. A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy[J]. Presence, 2005,14(2): 119—146.
- [13] Katz N, Ring H, Naveh Y, et al. Interactive virtual environment training for safe street crossing of right hemisphere stroke patients with unilateral spatial neglect[J]. Disabil Rehabil, 2005, 27(20):1235—1243.
- [14] Liepert J, Miltner WH, Bauder H, et al. Motor cortex plasticity during constraint-induced movement therapy in stroke patients[J]. Neurosci Lett, 1998, 250(1):5—8.
- [15] 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.
- [16] Holden MK, Dyar T. Virtual environment training: a new tool for neurorehabilitation[J]. Neurology Report, 2002, 26(2): 62—71.
- [17] Merians AS, Poizner H, Boian R, et al. Sensorimotor training in a virtual reality environment: does it improve functional recovery poststroke?[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2006, 20(2):252—267.
- [18] Jack D, Boian R, Merians AS, et al. Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2001, 9(3):308—318.
- [19] Gaggioli A, Morganti F, Walker R, et al. Training with computer-supported motor imagery in post-stroke rehabilitation [J]. Cyberpsychol Behav, 2004, 7(3):327—332.
- [20] Adamovich SV, Fluet GG, Mathai A, et al. Design of a complex virtual reality simulation to train finger motion for persons with hemiparesis: a proof of concept study[J]. J Neuroeng Rehabil, 2009, (6):28.
- [21] Subramanian SK, Lourenço CB, Chilingaryan G, et al. Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: randomized control trial[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2013, 27(1):13—23.
- [22] Lennon S, Baxter D, Ashburn A. Physiotherapy based on the Bobath concept in stroke rehabilitation: a survey within the UK[J]. Disabil Rehabil, 2001, 23(6):254—262.
- [23] Nudo RJ, Wise BM, SiFuentes F, et al. Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct[J]. Science, 1996, 272(5269):1791—1794.
- [24] Hlustik P, Solodkin A, Noll DC, et al. Cortical plasticity during three-week motor skill learning[J]. J Clin Neurophysiol, 2004, 21(3):180—191.
- [25] Adamovich S, Fluet GG, Merians AS, et al. Recovery of hand function in virtual reality: Training hemiparetic hand and arm together or separately[J]. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2008, (2008):3475—3478.

• 综述 •

血液中脑源性神经生长因子与疾病和运动的关系*

王 尊¹ 王 磊¹ 王 彤^{2,3}

脑源性神经生长因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)是体内含量最高的生长因子之一,在人体中枢神经系统和血液中都有一定表达。人体神经系统和血液 BDNF 水平与许多神经系统疾病包括抑郁、阿尔茨海默病、精神分裂症及脑损伤和脊髓损伤功能恢复有关^[1],BDNF 还可以影响物质代谢和能量消耗,与糖尿病发生发展相关。运动可以影

响神经系统和血液中BDNF的含量,从而在上述疾病的康复治疗中产生作用。BDNF联系了运动、神经功能和能量物质代谢,因此具有重要意义。本文主要总结血液中BDNF水平与运动和疾病的关系,以便更深入的探讨运动在这些疾病康复中的分子机制。

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.期数.文章编号(如:001)

*基金项目:江苏省333高级人才培养工程(20090109);南京中医药大学青年自然科学基金(11NZY04)

1 南京中医药大学第二临床医学院康复治疗教研室,南京,210023; 2 南京医科大学附属江苏省人民医院康复医学科,南京,210029;

3 通讯作者

作者简介:王尊,男,讲师; 收稿日期:2013-03-19