

· 综述 ·

虚拟现实技术在脑卒中患者手功能康复中的应用

徐丽丽 吴毅

虚拟现实(virtual reality, VR)技术产生于 20 世纪 60 年代, 是一项跨计算机图形学、人机交互技术、多媒体技术、传感技术、人工智能等多个方面的技术, 其在医学上主要应用于虚拟内窥镜、计算机辅助手术治疗、手术的仿真与训练^[1]、医学教学^[2]等。近年来, 随着人们对脑损伤后运动再学习、神经可塑性及功能恢复认识的逐步深入以及电脑多媒体技术的迅速发展, VR 技术开始应用于脑卒中患者的康复治疗 and 评估中, 并取得了一定的成果。本文主要就 VR 技术在脑卒中患者手功能康复领域的应用和前景作一综述。

VR 技术

VR 技术是利用计算机生成一种模拟真实事物的虚拟环境(如行走、跑步、取物、绘图等), 并通过多种传感设备使用户“投入”到该环境中, 实现用户与该虚拟环境直接进行自然交互的技术。VR 系统具有 Immersion(沉浸)、Interaction(交互)和 Imagination(想象)三大特征。(1)沉浸: 这是 VR 系统的核心, 表示用户能够投入到由计算机生成的虚拟场景中, 即用户在虚拟场景中有身临其境之感。(2)交互: 表示用户与虚拟场景中各种对象相互作用, 是人机和谐的关键性因素。交互性包含对象的可操作程度、用户从环境中得到反馈的自然程度, 以及虚拟场景中对象依据物理学规律运动的程度等。(3)想象: VR 不仅是一个用户与终端的接口, 而且可使用户沉浸于此环境中获取新的知识, 提高其感性和理性认识, 从而产生新的想象。在计算机模拟的虚拟环境中, 用户会有身临其境之感, 通过传感设备接受来自该环境的信号。与此同时, 计算机可以精确地记录用户的信息, 并据此对虚拟环境进行调整, 实现人机的交互作用。

VR 系统根据患者置身于虚拟环境的沉浸程度和系统组成可分为桌面式、大屏幕式和头盔式。目前应用较多的是头盔式, 为桌面式和大屏幕式的折中, 可在保证沉浸感的同时降低设备成本。头盔式 VR 系统通过安装在头盔上的多媒体图象显示器将观察景物的屏幕拉近到观察者眼前, 大大扩展了观察者的视角^[3]; 而头盔又可将观察者与周围现实环境隔离开, 从而增强观察者身临其境的效果。另外, 在头盔上安装立体声和一些控制装置, 更能增强观察者的沉浸感^[4]。

VR 技术在康复领域应用的重要性

现阶段, 在国内的康复治疗中, 针对患者功能训练的治疗仍旧以治疗师的手法操作为主, 或辅助一些简单的训练器械, 即通过被动运动、辅助运动、主动运动和抗阻运动等来达到恢复肌肉运动功能的目的。这样, 每个治疗师在同一时间仅能对 1 名患者进行治疗, 而且训练过程单调无趣, 患者常常处于被动状态, 治疗师不容易及时了解其训练程度和效果, 不能做到将功能评

测、运动疗法和心理疗法有机地结合。例如, 在作业治疗中, 若想使脑卒中后的家庭主妇生活自理, 并能进行家务劳动, 最好的康复治疗环境就是患者家中。但是要使作业治疗师到每个患者的家中指导其进行训练是不现实的。而在康复治疗中引入 VR 技术模拟患者家中的环境就能够很好地解决这些矛盾。通过 VR 模拟现实生活中的环境, 可在患者训练前、训练中和训练后对其受损部位功能进行客观的评定, 并能够实时地调整训练计划和强度。另外, 还可以利用计算机的优势, 让患者在家中康复训练, 治疗师进行远程指导^[5]; 还可同时对患者进行一定的心理治疗, 不断地给予正确的心理暗示和鼓励, 并配以优美的音乐和图像, 增加训练的乐趣, 起到事半功倍的效果。

VR 技术在脑卒中患者手功能康复方面的应用

近年来, 脑卒中患者的康复治疗已取得了很大的进展, 但是由于手多进行精细运动, 神经支配复杂, 手功能的恢复效果一直不太理想。运用 VR 技术, 可以针对脑卒中患者手的损伤和功能进行训练, 包括改善关节活动度、增强肌力、增加速度和促进分离运动的产生等。

一、VR 的基本构成和主要工作原理

手功能康复中应用的 VR 操作系统主要包括计算机、头盔、数据手套^[6]和罗格斯控制手套^[7]等组件。VR 系统应用时, 首先由计算机软件生成一种极具真实感的三维仿真环境, 该环境包括视觉、听觉、触觉甚至嗅觉和味觉等多种刺激信息^[8]。头盔可将多媒体图像显示装置和扬声器整合其中, 并安装有位置感受器, 以输出虚拟环境所需的视觉、听觉等信息, 使患者能完全沉浸其中。手持控制器和数据手套上装有位置感受器和力量感受器, 一方面可以输出计算机的刺激信息, 同时也可以采集患者在虚拟环境中的位置、运动速度等反馈信息, 并依据这些数据对输出刺激进行调整^[3]。该系统还可以根据患者的表现和运动的结果来确定反馈的特异性和频率。通过在这种强化环境中的训练, 脑卒中患者可以逐渐学会运动的技巧, 改善上肢和手的精细运动功能^[9]。例如, 当使用者伸出手向虚拟环境中的物体运动时, 感受器会将手指的运动信息和手的位置信息传入该系统的控制中心, 使该系统能及时了解使用者的手何时碰到虚拟物体, 然后调整显示, 模拟对该物体的推、提和旋转等操作^[10]。

这一虚拟环境根据康复原则建立, 通过制定合适的运动训练计划和反馈模式, 为使用者提供关于运动形式和运动目的的反馈信息, 指导患者的运动训练。同时, 通过 VR 技术的应用, 临床医师可以通过力量和位置感受器精确地监测患者的运动表现和运动可塑性的行为参数, 及时了解患者的功能情况, 为下一阶段训练计划的调整提供依据。

二、VR 技术在手功能康复中的临床应用

Jack 等^[11]的研究首次将 VR 操作系统应用于脑卒中后手功能的康复治疗中, 来探讨为期 2 周的 VR 系统训练在改善脑卒中偏瘫患者手运动功能方面的作用。该系统由一副 Cyber 手

作者单位: 200040 上海, 复旦大学附属华山医院康复医学科

通讯作者: 徐丽丽, Email: hebl@163.com

套、一副罗格斯控制手套和一台计算机组成。为了训练手指的活动范围、分离运动、伸缩速度和肌力,该系统设计了 4 种针对性的训练模型:第 1 个模型通过让患者擦拭窗户来训练其拇指活动范围,第 2 个模型通过抓球游戏针对手指的运动速度进行训练,第 3 个模型通过弹奏虚拟钢琴来训练患者手指的分离运动,第 4 个模型则用罗格斯控制手套来进行手指的力量训练。

参加试验的 2 例患者均于 3~6 年前发生脑卒中,病变部位为左大脑半球,右利手,患侧腕关节主动背伸至少达到 20°,掌指关节主动牵伸达到 10°。试验中采用 Jebsen 手功能测试^[12]在训练前、后对每位患者的手功能进行测试,并在训练前、训练中期和训练后用测力计测量患者的抓握力量。

开始训练之前,先测定每位患者手指的角方位、收缩速度、分离运动和肌力,并据此分别为其制定初始训练的难度水平。第 1 周,每位患者在 VR 环境中训练 5 d,休息 2 d 后再训练 4 d,并在 VR 系统训练中穿插一定的真实环境训练,例如画图、堆卡片等,每天累计训练时间约 5 h。每次训练结束后,将患者的实际表现和预先设定目标进行比较,得到的数据用来制定下一个训练目标,以巩固已经取得的效果。这种模型的软件提供了包括运动结果和患者运动表现的信息,通过多种模型反馈(包括针对每次运动表现的反馈和每次训练结束后的累计反馈),利用患者的运动表现参数进行数字绘图,来显示目标水平和患者的实际表现,这样就可以精确地了解患者的实际运动表现与预先设定目标之间的差距。在 VR 环境中进行训练时,所有关于手指的活动范围、分离运动、伸缩速度和肌力的运动学和动力学参数都可以进行在线计算,并利用 Oracle 数据库存储所有的运动参数,以便进一步检索和分析。

训练结束后,每位患者拇指的运动范围和肌力、手指的分离运动和运动速度都有了显著的改善^[13]。总体上,拇指活动范围平均改善了 30%,手指的活动范围平均改善了 9%,拇指运动速度平均改善了 38%,手指运动速度平均改善了 39%,而拇指的机械功平均改善了 20%。其中,所能观察到的最明显改善就是手指出现了分离运动,改善程度为 10%~103%,平均为 64%。这说明在进行 VR 系统训练之后,脑卒中偏瘫患者的手功能有了明显改善,证明了这一训练系统在改善脑卒中患者手功能方面的有效性和可行性。但该试验并不能证明取得的疗效是应用 VR 技术的结果还是在真实环境中训练的结果。

随后,Boian 等^[14]对 4 例脑卒中患者进行了为期 3 周的 VR 系统训练。训练结束后,4 例患者患侧手指的关节活动范围增加了 20%,运动速度提高了 10%~18%,最为明显的改善是手指分离运动的产生,改善程度为 40%~118%。这次试验证明,对慢性期脑卒中患者单独进行以 VR 系统为基础的训练可以促进偏瘫手功能的恢复。

三、VR 技术在康复治疗中的发展

随着 VR 技术的不断发展,软、硬件的不断完善^[15],越来越多的康复工作者将这一技术引入脑卒中患者的康复治疗中。You 等^[16]应用功能性磁共振成像和标准化的运动测试来评估脑卒中患者采用 VR 系统训练前、后,兴趣区偏重指数的变化和运动恢复的程度,结果表明采用 VR 系统对脑卒中患者进行功能训练,可引起患侧和健侧的感觉运动皮质重组,这在脑卒中患者的运动功能恢复过程中起着重要的作用。Broeren 等^[17]对 1 例脑卒中患者给予 4 周的 VR 系统训练,训练后该患者的手灵

巧度和运动控制能力都有了明显的改善。Sergei 等^[8]设计了专门针对手功能训练的 VR 系统。该系统包括 VR 界面、用来客观评价手指运动功能的工具手套、远程监测系统(可根据患者的具体情况对训练任务进行在线调整)以及在线数据库(可存储并检索数据)等。该系统通过局域网将个人计算机连接到另一台计算机,能作为治疗师的远程监测站同时监测多个患者的训练过程,同时通过摄影机和麦克风为治疗师提供附加的图像和声频信息,对患者的治疗训练进行指导。经过为期 3 周的 VR 系统训练,参加试验的 8 例脑卒中患者手指运动范围和分离运动均有了明显的改善。远程监测系统的完善,使家庭康复成为可能,也减轻了往返于康复中心给患者带来的负担。

VR 技术在康复领域中的应用前景

脑卒中患者手功能的恢复程度直接影响着患者的日常生活活动能力。在脑卒中患者的康复治疗 and 评估中引入 VR 技术,是康复医学治疗方法发展的一个新阶段,为脑卒中患者提供了一个与现实生活相关的环境。在这种环境中,患者能够进行有意义、有目的的训练,这种训练不是被动的,而是患者主动参与并与计算机进行互动,从而获得运动技能的过程。例如,患者可以对虚拟的物体进行移动、抓、放等操作,并沉浸在这种模拟环境之中;同时,患者可以实时接受到自己在操作过程中的视觉、听觉、触觉和嗅觉的反馈信息,根据这些信息进行自我调整,增强手指运动的灵活性,促进分离运动的产生。VR 技术不仅可以改善脑卒中患者的手功能,还可以改善其步态、平衡功能、认知功能和空间忽略障碍等^[18,19]。康复医师和治疗师还可以根据患者的不同情况,制定个体化的训练任务,选择适合的难度,使运动、认知和心理损伤患者重新树立起康复的信心。更重要的一点是,VR 技术使对患者进行心理治疗成为可能,且患者能在轻松愉快的环境中进行训练,这在很大程度上增加了患者对治疗的兴趣,对改善训练效果起到了良好的促进作用。

在以后的康复实践中,我们可以逐步尝试将手、腕、肘及肩关节的功能训练进行整合,增强硬件的通用性,简化操作系统,以较低的成本为用户制定安全、个性化的训练环境,为脑卒中患者提供训练的机会,并将功能评估标准化。相信随着 VR 系统的进一步完善,脑卒中患者的功能康复将取得更好的效果。

参 考 文 献

- [1] Rovetta A, Bejczy AK, Sala R. Telerobotic surgery: applications on human patients and training with virtual reality. *Stud Health Technol Inform*, 1997, 39:508-517.
- [2] St Aubin H. Implementing a virtual reality paradigm in human anatomy/physiology college curricula. *Stud Health Technol Inform*, 2001, 81:475-478.
- [3] Witmer BG, Singer MJ. Measuring presence in virtual environments: a presence questionnaire. *Presence*, 1998, 7:225-240.
- [4] Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyber psychol Behav*, 2005, 8:187-211.
- [5] Popescu VG, Burdea GC, Bouzit M, et al. A virtual-reality-based telerehabilitation system with force feedback. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 2000, 4:45-51.
- [6] Ku J, Mraz R, Baker N, et al. A data glove with tactile feedback for FMRI of virtual reality experiments. *Cyberpsychol Behav*, 2003, 6:497-508.

- [7] Popescu GV, Burdea G, Boian R. Shared virtual environments for tele-rehabilitation. *Stud Health Technol Inform*, 2002, 85:362-8.
- [8] Sergei V, Alma S, Boian R, et al. A virtual reality-based exercise system for hand rehabilitation post-stroke. *Presence*, 2005, 14:161-174.
- [9] Winstein CJ, Merians AS, Sullivan KJ. Motor learning after unilateral brain damage. *Neuropsychologia*, 1999, 37:975-987.
- [10] Weiss PL, Naveh Y, Katz N. Design and testing of a virtual environment to train stroke patients with unilateral spatial neglect to cross a street safely. *Occup Ther Int*, 2003, 10:39-55.
- [11] Jack D, Boian R, Merians AS, et al. Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2001, 9:308-318.
- [12] Jebson RH, Taylor N, Trieschmann RB, et al. An objective and standardized test of hand function. *Arch Phys Med Rehabil*, 1969, 50:311-319.
- [13] Merians AS, Jack D, Boian R, et al. Virtual reality augmented rehabilitation for patients post stroke; three case studies. *Phys Ther*, 2002, 82:898-915.
- [14] Boian R, Sharma A, Han C, et al. Virtual reality-based post-stroke hand rehabilitation. *Stud Health Technol Inform*, 2002, 85:64-70.
- [15] Sik Lanyi C, Laky V, Tilinger A, et al. Developing multimedia software and virtual reality worlds and their use in rehabilitation and psychology. *Stud Health Technol Inform*, 2004, 105:273-284.
- [16] 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. *Stroke*, 2005, 36:1166-1171.
- [17] Broeren J, Rydmark M, Sunnerhagen KS. Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke; a single-case study. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85:1247-1250.
- [18] Castiello U, Lusher D, Burton C, et al. Improving left hemispatial neglect using virtual reality. *Neurology*, 2004, 62:1958-1962.
- [19] 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. *Disabil Rehabil*, 2005, 27:1235-1243.

(修回日期:2006-08-12)

(本文编辑:吴倩)

· 临床研究 ·

高压氧对窒息新生儿血液流变学的影响及其临床意义探讨

杨勇 葛卓黎 王瑜

新生儿窒息是儿科常见病症之一,窒息可引起缺氧、缺血,导致多系统器官损伤,是围产儿死亡及致残的主要原因之一。临床证明高压氧(hyperbaric oxygenation, HBO)对该类患儿具有良好的治疗效果^[1]。血液流变学作为一门新兴学科,已为某些疾病病因、病理机制探索及疾病诊断、治疗提供了新的方法。机体缺氧可导致血液流变学特征发生改变,其在新生儿窒息中的作用机制受到学者们广泛关注^[2,3]。为进一步探讨窒息新生儿血液流变学变化及其与患儿病情和器官损伤间的关系,以及观察 HBO 对窒息新生儿血液流变学指标的影响,我们对 52 例窒息新生儿的血液流变学指标进行了检测,同时在给予窒息新生儿常规治疗的基础上辅以 HBO 治疗,观察 HBO 治疗前、后患儿血液流变学的变化情况。现报道如下。

资料与方法

一、临床资料

本研究共选取我科 2004 年 3 月至 2006 年 2 月间收治的窒息住院新生儿 52 例,全部病例均符合以下入选标准:①符合相关标准规定的新生儿窒息及多器官损伤临床诊断、分度标准^[4];②出生后 48 h 内入院;③胎龄 37 ~ 42 周,出生体重 2.5 ~ 4.0 kg。共有男婴 27 例,女婴 25 例;窒息原因包括妊娠高血压综合征 6 例,脐带绕颈 10 例,胎盘早剥 3 例,前置胎盘 3 例,羊膜早破 2 例,产力异常 4 例,宫内窘迫 11 例,原因不明 13 例。将 52 例窒息新生儿按入院先后顺序分为常规组及 HBO 组,常规组患儿入院后仅给予常规综合治疗,而 HBO 组患儿则在常规治疗基础上加用高压氧干预。选取上述患儿中治疗后存活、

住院天数大于 2 周且治疗前、后血液流变学检验指标齐全的患儿共计 44 例(其中 HBO 组 26 例,常规组 18 例)。HBO 组男 14 例,女 12 例,轻度窒息 5 例,重度窒息 21 例;胎龄(39.92 ± 1.74)周;出生体重(3.364 ± 0.602)kg;住院天数(17.27 ± 2.93)d;合并脑损伤 13 例,肺损伤 8 例,肾损伤 9 例,心脏损伤 7 例,胃出血 1 例。常规组男 10 例,女 8 例;轻度窒息 3 例,重度窒息 15 例;胎龄(40.07 ± 1.56)周;出生体重(3.421 ± 0.514)kg;住院天数(17.00 ± 3.05)d;合并脑损伤 9 例,肺损伤 4 例,肾损伤 6 例,心脏损伤 5 例,腹胀 1 例。2 组患儿性别、胎龄、出生体重、窒息程度、并发症及住院天数等方面差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。同时本研究选取在我院妇产科出生的 20 例健康足月顺产新生儿归为对照组,其中男 12 例,女 8 例;胎龄(39.87 ± 1.76)周,出生体重(3.371 ± 0.621)kg,孕母无妊娠并发症,体检无异常。对照组胎龄、出生体重及性别构成等经统计学分析,与窒息新生儿间差异无统计学意义($P > 0.05$)。

二、治疗方法

所有窒息新生儿均给予常规综合治疗,包括吸氧、保温、纠酸及对症支持治疗。HBO 组患儿在此治疗基础上,加用宁波产 NGT-50Aa 型透明婴儿高压氧舱进行 HBO 治疗,采用医用纯氧持续性洗舱加压法,治疗压力为 0.13 ~ 0.15 Mpa,高压氧舱稳压时氧浓度 > 85%,稳压时间 30 min,加、减压时间均为 15 min,每日治疗 1 次,5 次为 1 个疗程,中途休息 2 d 后继续下一疗程治疗,一般给予 1 ~ 2 个疗程治疗。严格掌握 HBO 治疗禁忌证,一般在患儿入院后病情基本稳定、头颅 CT 复查无活动性颅内出血、无 II 度以上心脏传导阻滞、心动过缓及惊厥等 HBO 治疗禁忌证的情况下尽早开始治疗,如遇患儿发烧可暂停治疗,待病情稳定后继续。HBO 组 26 例患儿中,最早有 7 例于入院第 2 天即开始 HBO 治疗,最迟有 3 例于入院第 8 天开始治疗,

作者单位:718000 榆林,陕西省榆林市第一医院儿科

通讯作者:杨勇, Email: majunmei928@126.com