

· 综述 ·

远程虚拟康复训练在骨科的应用

叶哲伟 杨述华 彭玉兰

远程医疗是 21 世纪的一场新兴的信息产业革命,它将给人类社会带来极大的社会效益和经济效益。虚拟现实(virtual reality, VR)作为一种高科技手段,已经在一些生物医学领域得到成功应用^[1],在医学教学、疾病诊断、手术模拟、康复医疗等方面逐渐显现出其重要性。随着计算机技术的飞速发展,在骨科的康复训练中将远程医疗和虚拟现实结合起来,进行远程虚拟康复(telerehabilitated virtual reality)已成为可能。

一、康复工程技术的发展

第二次世界大战后,工程技术界开始关注“伤残”的处理问题。美国于 1945 年开始了人工假体研究计划,由美国国家科学院下属的假肢研究开发委员会承担实施。该委员会于 1971 年提出了“康复工程”(rehabilitation engineering)这一名称。到 90 年代初,研究开发的残疾人辅助器的应用已经覆盖了残疾人衣、食、住、行等生存的各方面和听、说、写、读等学习领域,甚至深入到工作、社会交往、休闲娱乐、艺术创作等特殊领域。目前已初步形成了残疾人生存与发展全方位、多层次的康复工程技术的框架体系。

如果说是康复医学界自身把工程技术引入到康复领域,那么把当今先进的计算机技术用于患者全面康复的又一历史使命将由康复工程学界同医学界联合起来承担。远程医疗、虚拟现实技术已经日渐成为先进的计算机工程技术同患者全面康复“链接”起来的桥梁、纽带,是信息时代康复医学全面、深入发展的体现。

二、远程虚拟康复的应用背景

美国早在 90 年代初,就把远程医疗作为国家信息高速公路的一个重要应用项目,这个项目的应用解决了克林顿政府医疗保健改革中的问题。首先,远程医疗将医疗保健的范围延伸到乡村,为所有公民提供所需的医疗保健服务;其次,远程医疗推动了医疗保健改革的进行,达到了控制医疗费用的目的。美国远程医疗设备大多采用电视会议系统(videoconferencing),利用综合服务数字网(Integrated Services Digital Network, ISDN)和卫星通讯手段,也利用自动绕带装置(Automatic Tape Winder, ATW)网络。

在我国,正在建设的广域信息网工程为我们医疗事业远程诊疗带来了良好的发展契机。近年来我国医院信息系统经历了单机单用户级、多机多项部门级、网络一体化全院级应用到较为完整的一体化医院管理信息系统的发展过程。至目前为止,全国医学科技信息网初具规模,并逐步实施,使这一网络能为广大群众提供信息咨询服务,开展远程会诊、医学教育和学术交流。同时,医学信息专业人员信息技术水平的提高和医学信息专业人员的培养和充实,为远程医疗奠定了坚实的基础。近年来在我国一些地区,如北京、上海、山东等地的远程诊疗系统已做了大量有益的尝试,并取得了良好的效果。

1989 年,美国国立医学图书馆(NLM)发起了一个数字化人体的工程计划(Visible Human Project, VHP),利用信息融合技术建立真实三维人体的 CT、MRI 和解剖切面的数字化图像库。目前,虚拟人体数据集已成为构造电子医学图像库和虚拟解剖环境的理想基础,促进了世界范围内虚拟人体研究的交流和合作,从而推动了人体组织仿真研究的迅速发展^[2]。除美国外,其他国家也正在积极开展符合本国国种特征的数字人工程计划,中国的数字人工程计划已获准立项。此外,虚拟器官^[3]、虚拟教育和培训^[4,5]、虚拟康复训练^[6,7]、虚拟手术(virtual surgery)^[8]、虚拟内窥镜^[9-11]、远程手术或远程出席^[12,13]的研究也已逐步开展。

三、远程虚拟康复训练在骨科康复治疗中的应用

由于客观条件的限制,目前骨科手术后患者的康复训练多为出院后在家里完成,即使借助现有的传统康复器械,也不能将功能评测、运动治疗(或作业治疗)及心理治疗这三方面有机地贯穿在一起,尤其无法将心理治疗贯穿于康复治疗的始终。而且训练过程单调无趣,患者总是处于被动状态。训练程度不容易被物理治疗师或医生及时了解,还不能做到将功能评测、运动疗法和心理疗法有机地结合在一起。而对于进行康复训练的患者来说,运动量是否合适,运动是否平稳,运动方式是否符合一般的生活习惯,是决定其康复训练能否成功的关键。

将虚拟现实技术引入到康复治疗中,可以实现三个结合:一是游戏和治疗相结合,也就是由屏幕提供一种人工景物,患者如同置身于游戏或旅游的环境中,使治疗过程充满乐趣,提高患者的乐观情绪。二是心理引导和生理治疗相结合,利用屏幕技术,可以用语言和文字对患者进行种种心理提示和诱导,充分调动患者的精神作用,反过来强化生理治疗的作用。三是可以使康复器械产生被动牵引和主动训练相结合的治疗作用。因为器械本身已经是一种和电脑屏幕结合成一体的智能系统,可以很方便地实现主动和被动互相转换的效果。

远程医疗应用于骨科康复训练有以下优点:一是促进了最新康复医学信息的交流;二是有助于提高康复质量和工作效率;三是方便患者、节省费用,对促进卫生体制改革有积极的意义。

在骨科术后康复中引入远程虚拟康复训练系统,在患者训练前、训练中和训练后,对患者受损部位的功能有一个实时的正确评定,以帮助患者确定训练的步骤和强度,如关节活动度、训练方法、时间长短、强度大小等。这样可以实时地调整训练计划和训练强度。而且,利用计算机虚拟现实技术的优势,还可以同时对患者进行心理治疗,不断地给患者以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。同时,目前专业康复人员的数量也较少,这一系统将缓解供需矛盾,使更多的患者受益;而对于战争等所造成的群体伤残的康复,上述问题更为突出,而远程虚拟康复训练系统正好能解决康复医学中存在的上述问题。

已有学者将远程虚拟康复成功应用于脑损伤的康复训练、

作者单位:430022 武汉,华中科技大学同济医学院附属协和医院骨科(叶哲伟、杨述华),手术室(彭玉兰)

认知康复训练^[14,15]。Russell 等^[16]的研究验证了通过网络测定膝关节活动度的可行性及正确性,他们发现基于 Internet 网络的角度计可以精确测量膝关节的屈伸角度,通过 Internet 网络可以有效评价物理疗法对膝关节活动度的影响。

新型的供家庭使用的踝关节远程虚拟康复训练系统已得到成功应用,通过临床专家在远方监测,患者可以在一个交互作用的虚拟现实环境中完成一系列的踝关节功能锻炼。由主机上运行的软件工具包生成这种类似游戏的虚拟环境,并通过 RS323 连接控制虚拟设备的移动及力量的大小。患者在与虚拟环境的交互作用过程中提高肌力、柔韧性、动作协调性及平衡能力。这一系统同时具备诊断能力,能够测量踝关节的活动度、力量、动作协调能力。主机详细地记录患者的训练进程,临床专家可以在远方利用已有的远程康复系统对训练效果作出评估^[17]。Rutgers 和斯坦福大学提供的远程虚拟康复系统运用虚拟现实环境、触觉界面和两台网络计算机,设计用于手、肘、膝、踝关节损伤的康复训练,其初步应用结果令人鼓舞^[18]。

Lemaire 等^[19]通过互联网进行远程的物理治疗康复训练继续教育,参与者有注册护士、物理治疗师和残疾患者,其中 30% 的参与者仅有很少或根本没有通过互联网学习的经验,但大都认为这种继续教育方式的效果是令人满意的。无需设备、软件、培训方面大的投资,无需出版时间,这种多媒体教育软件制作并不困难,而且便于网上广泛传播,代表了一种全新的、省时、省力的物理治疗康复训练的继续教育模式。

基于个人电脑的骨科远程虚拟康复系统目前已开发成功,医学专家可以在诊所进行远程监视。家庭康复站使用带图形加速器、追踪器、多用途触觉控制界面的奔腾 II 个人电脑。目前可以进行三种物理治疗方法和两种功能康复训练。诊所的主机通过互联网和电视会议系统连接获取患者资料,监测训练过程,调整训练的强度和难度^[20]。Mathewson 等^[21]运用可视电话经电话线传送声音和图像,使护理人员通过远程康复系统对脊髓损伤患者的压迫性溃疡进行评估,提供咨询,推荐康复治疗方

案。Vassallo 等^[22]还尝试了低成本的远程康复系统用于发展中国家骨科患者的康复,他们于 1999 年 7 月建立第一个低成本的远程医疗系统用以帮助孟加拉国 Saver 麻痹症康复中心的骨科医生,通过一年的使用,证明这一系统有效且成本低廉。在这一成功基础上,该系统又被推广至尼泊尔、所罗门群岛、孟加拉国的多家医院。

四、远程虚拟康复训练系统应用于骨科康复治疗的前景

远程虚拟康复训练系统在骨科患者康复训练中的应用已经取得了长足的进步,能使训练更为有的放矢,更具有科学性和趣味性,使得训练时间缩短,训练效果更为显著,对战争、重大伤残事故和自然灾害所造成的群体伤残的康复更具有优越性。随着计算机和网络通讯技术的飞速发展,可以预料,远程虚拟康复训练将会给传统的康复医学带来革命性的变化。

参 考 文 献

- Galimberti C, Belloni G. Three-dimensional virtual environments for cybertherapy: a psychosocial approach to effective usability. *Cyberpsychol Behav*, 2003,6:229-236.
- Ackerman MJ. The Visible Human Project: a resource for anatomical visualization. *Medinfo*, 1998, 9:1030-1032.
- Bruining N, Roelandt JR, Grunst G, et al. Three-dimensional echocardiography: the gateway to virtual reality! *Echocardiography*, 1999, 16: 417-423.
- Friedl R, Preisack MB, Klas W, et al. Virtual reality and 3D visualizations in heart surgery education. *Heart Surg Forum*, 2002, 5:17-21.
- Riener R, Burgkart R. A survey study for the development of virtual reality technologies in orthopedics. *Stud Health Technol Inform*, 2001, 81: 407-409.
- Sveistrup H, McComas J, Thornton M, et al. Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation. *Cyberpsychol Behav*, 2003, 6:245-249.
- Zhang L, Abreu BC, Seale GS, et al. A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: Reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003, 84:1118-1124.
- Tsai MD, Hsieh MS, Jou SB. Virtual reality orthopedic surgery simulator. *Comput Biol Med*, 2001, 31:333-351.
- Jichlinski P. New diagnostic strategies in the detection and staging of bladder cancer. *Curr Opin Urol*, 2003, 13:351-355.
- Deschamps T, Cohen LD. Fast extraction of minimal paths in 3D images and applications to virtual endoscopy. *Med Image Anal*, 2001, 5:281-299.
- Pedowitz RA, Esch J, Snyder S. Evaluation of a virtual reality simulator for arthroscopy skills development. *Arthroscopy*, 2002, 18:29.
- Mabrey JD, Gillogly SD, Kasser JR, et al. Virtual reality simulation of arthroscopy of the knee. *Arthroscopy*, 2002, 18:28.
- Marescaux J, Leroy J, Rubino F, et al. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications. *Ann Surg*, 2002, 235:487-492.
- McEligott JM, Greenwald BD, Watanabe TK. Congenital and acquired brain injury. 4. New frontiers: neuroimaging, neuroprotective agents, cognitive-enhancing agents, new technology, and complementary medicine. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003, 84(Suppl 1):18-22.
- Gourlay D, Lun KC, Liya G. Telemedicinal virtual reality for cognitive rehabilitation. *Stud Health Technol Inform*, 2000, 77:1181-1186.
- Russell TG, Jull GA, Wootton R. Can the internet be used as a medium to evaluate knee angle? *Man Ther*, 2003, 8:242-246.
- Girone M, Burdea G, Bouzit M, et al. Orthopedic rehabilitation using the "Rutgers ankle" interface. *Stud Health Technol Inform*, 2000, 70:89-95.
- Burdea G, Popescu V, Hentz V, et al. Virtual reality-based orthopedic telerehabilitation. *IEEE Trans Rehabil Eng*, 2000, 8:430-432.
- Lemaire ED, Greene G. Continuing education in physical rehabilitation using Internet-based modules. *J Telemed Telecare*, 2002, 8:19-24.
- 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.
- Mathewson C, Adkins VK, Jones ML. Initial experiences with telerehabilitation and contingency management programs for the prevention and management of pressure ulceration in patients with spinal cord injuries. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 2000, 27:269-271.
- Vassallo DJ, Swinfen P, Swinfen R, et al. Experience with a low-cost telemedicine system in three developing countries. *J Telemed Telecare*, 2001, 7(Suppl 1):56-58.

(修回日期:2004-01-29)
(本文编辑:熊芝兰)