

虚拟现实技术在康复训练中的应用进展*

李雅楠^{1,2} 左国坤^{1,3} 崔志琴² 徐佳琳¹

近年来,电子游戏技术的迅速发展改变了传统用户与计算机之间的交互方式。其中的一些技术,比如虚拟现实(virtual reality, VR)技术和运动追踪技术改变了用户在传统游戏中的体验与应用范围^[1]。随着计算机硬件技术与软件系统的发展和改进,虚拟现实技术正被广泛应用于军事、医疗、管理、设计、教育、娱乐等各个领域。特别在康复医学领域,虚拟现实技术的引入不仅可以节约成本,降低风险,还能够提高患者的参与兴趣,适时控制运动量,带来良好的医疗康复效果。

20世纪早期,运动追踪器开始出现在游戏产业,一些衍生产品(如能改变游戏位置的联动玩具)也开始出现在整个行业。之后的十年中,交互式游戏得到迅速增长。用户需要更专注于与控制台之间的相互协同而不是单纯操作控制器。用户可以通过移动自己的身体达成游戏运动的目的。现在最常用的追踪用户移动动作的游戏设备有任天堂 Wiimote、Wii MotionPlus、微软 Kinect 和索尼 PlayStation Move、PlayStation Eye。这些设备通过摄像机、深度传感器、加速度计、陀螺仪、压力传感器等使用不同技术来实现相同类似的目标。人们常把涉及运动跟踪的游戏称为运动性游戏^[2-8]。在初期这些游戏被当做健身的一种方式,而到目前为止的研究表明,部分运动游戏已被应用到康复训练中。

1 虚拟现实技术

1.1 虚拟现实技术的定义

虚拟现实技术实际上是一个旧的概念,20世纪60年代的虚拟现实技术就已经存在了。虚拟现实技术具有3个特性——3I,即 Immersion(沉浸性)、Interaction(交互性)和 Imagination(构想性)^[9],它为处在该环境下的用户提供包括视觉、听觉、触觉等多种直观而又自然的实时感知交互。当用户能够产生身临其境的感觉时,则利用该技术建立的虚拟现实系统就是有效的^[10-11]。

随着现代技术的发展,虚拟现实技术达到了新的令人满意的程度并开始成为主流。近几年,虚拟现实技术在学术界也有越来越广泛的应用。

虚拟现实技术是集先进的信息融合技术、计算机应用技术、电子技术、虚拟仿真技术于一体,由计算机产生的给人以沉浸感的环境感知^[12]。

1.2 虚拟现实系统

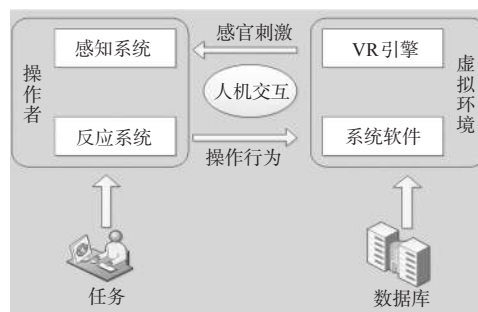
利用虚拟现实技术构建的虚拟现实系统则是一种多源信息融合的,交互式三维动态实景与实体行为的仿真系统。其可借助传感头盔、数据手套等专业设备,让用户进入虚拟空间,实时感知和操作虚拟世界中的各种对象,从而通过视觉和听觉等获得身临其境的真实感受^[13]。

1.3 虚拟现实技术原理

虚拟现实技术原理示意图见图1^[14]。

其中多感知交互模型将来自传感器的原始数据经过传感器处理成为融合信息,经设备产生的行为数据,输入虚拟环境并与用户进行交互,再将来自虚拟环境的配置和应用状态再反馈给传感器^[15]。

图1 虚拟现实技术原理示意图



2 康复训练

针对疾病和损伤所致功能障碍,使其尽可能恢复正常或接近正常的自理能力的医学与技术称为康复医学。康复训练是康复医学的一种重要手段。其中康复运动是必不可少的一环。康复运动是指采用适量的、定向或者有针对性的机体运动来帮助身体恢复到正常状态的方法。康复运动中需强调自身的训练功能,注重整体的康复训练。

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.09.028

*基金项目:宁波市自然科学基金项目(2014A61085)

1 中国科学院宁波材料技术与工程研究所,宁波,210094; 2 中北大学; 3 通讯作者

作者简介:李雅楠,女,硕士研究生; 收稿日期:2016-06-07

常见的功能障碍包括:运动功能障碍、认知功能障碍、感知功能障碍、交流功能障碍、精神障碍。对于各种类型的功能障碍,康复训练是必不可少的,例如因脑损伤而下降或异常的运动控制必需经康复训练得以改善^[16]。康复训练的根本目的在于最大限度恢复患者的受损功能,提高患者独立生存的质量,日常生活行为是运动康复必不可少的训练项目。当康复训练的环境和内容与真实生活密切相关时,患者才能将训练习得的技能迁移运用到实际生活中。而虚拟现实技术在模拟真实生活场景,提供日常生活技能训练方面具有不可比拟的优越性^[17]。

患者进行康复训练时需要特定的医疗专家及其制定的运动功能恢复治疗方案。然而许多患者在康复训练过程中往往由于不正确的动作或姿势,会降低训练的有效性,甚至会对日常的康复训练起到负面影响。结合虚拟现实技术开发本体康复训练游戏,能够更加明确康复训练轨迹,增强用户本体感受,从而达到提高疗效的目的。

决定康复训练效果的关键因素包括康复训练的运动负荷是否适度,运动范围是否全面,运动方式是否符合日常的生活习惯等。虚拟现实技术可以提供精确的测评、辅助、监控、训练等技术,从而充分保证康复训练的有效性。

针对疾病和损伤所致功能障碍,使其尽可能恢复正常或接近正常的自理能力的医学与技术称为康复医学。康复训练是康复医学的一种重要手段。其中康复运动是必不可少的一环。康复运动是指采用适量的、定向或者有针对性的机体运动来帮助身体恢复到正常状态的方法。康复运动中需强调自身的训练功能,注重整体的康复训练。

本体感觉指肌、腱、关节等运动器官本身在不同状态(运动或静止)时产生的感觉。在虚拟现实游戏中,当患者戴上虚拟现实眼镜时,视线往往被遮挡住,无法看到自己上肢的运动,这使得协调运动、身体自动反应和自我定位意识等任务更加困难。所以,为了缩短治疗周期提高治疗的有效性,有时需借助相应的力学等传感器^[18-19]。

3 虚拟现实技术在康复医学领域的应用

除了游戏,虚拟现实技术还可以应用在许多其他领域,如在教育方面虚拟现实有广泛多样的用途,许多人也把虚拟现实技术应用在军事领域。然而,虚拟现实最重要、最有前途的应用则是在康复医学领域。

虚拟现实技术在康复治疗领域中的应用已有许多年。十年前,虚拟现实技术的应用有显著的增长。SWTO的讨论表明,未来几年虚拟现实技术在康复领域的应用是一个很有前景的发展方向^[20]。一些近期的研究表明,虚拟现实技术在物理康复治疗方面的应用能明显减少儿童患者在烧伤后的疼痛感^[21];过去几年里,大量的研究也表明,虚拟现实技术在

脑卒中患者的康复训练中也有其有效性和适用性^[22-27]。

3.1 虚拟现实技术在康复训练中应用的优点

传统康复治疗存在许多缺陷,比如由于传统治疗过程单调,患者容易丧失兴趣进而影响其主动积极性;再者由于治疗场地的特殊性患者需要在指定的地点进行训练,不容易满足大量患者的康复需求。虚拟现实技术的出现与应用很好地解决了传统康复治疗中的诸多问题,其用于辅助康复治疗具有显著的优势。Meldrum^[28-29]对比了传统的康复训练与虚拟现实康复训练之间的有效性,证明了患者在虚拟现实技术下进行康复训练的康复效果更加显著。

康复训练中对虚拟现实技术的引入,不仅为患者带来视觉和思维的真实体验感,更重要的是将患者作为一个完整的生物个人融入到虚拟环境中^[30]。此外,虚拟现实技术的一个重要优点是,它可以用来提高本体感觉的发展。近几年有许多虚拟现实技术应用在医疗领域的研究工作,其涉及减少幻肢痛感^[31-32],改善糖尿病患者的外周运动以及提高脑卒中患者的康复疗效^[33-34]。

3.2 虚拟现实技术在康复训练中的应用范例

Lünenburger L和Colombo G等^[35]在Lokomat平台上开发了一套基于机器人技术的步态功能训练装置。通过计算机显示患者的下肢关节运动信息和力矩信息,帮助患者和医护人员纠正步态。视觉显示允许患者在其康复运动后得到直接的反馈,并允许治疗师更好地指导患者。生物反馈可以正确地反映患者的康复状况,使患者受益于交互环境并且提供各自的意见。

Sanchez RJ和Liu J等^[36]研制了一套用于上肢运动康复的外骨骼式训练系统T-WREX,该系统集成了上肢减重装置和虚拟现实游戏功能。瑞士的Hocoma公司^[37]以T-WREX系统为原形,研制出了Armeo上肢康复运动训练器,并实现了商品化。

Alexander Koenig等^[38]利用康复机器人为4例患者设计了四个虚拟康复场景用于他们的下肢运动功能康复训练。该四个虚拟康复场景包括十字路口场景、足球场场景、跨越障碍物场景以及雪中漫步场景。经试验表明,患者对虚拟场景带来的训练表现出了浓厚的兴趣,并且该训练取得了良好的治疗效果。患者希望可以继续进行虚拟现实训练,并参与更多不同的训练场景。

Lloréns R等^[39]开发的BioTrak VR系统涵盖一系列的平衡训练活动,包括端坐时头部和躯干姿势控制和站立时的动态平衡训练等多个康复训练项目,同时允许用户通过选择不同的训练和规划自己的持续时间、休息时间以及重复次数完成个性化训练。

Burdea等^[40]开发了脚踝关节运动控制的康复训练程序。在虚拟飞行任务中,患者在虚拟环境中飞行进而训练下

肢运动,通过踝关节的运动操控虚拟环境中的飞机。患者将脚放在与设备(6个自由度活动与反馈)相连的踏板上,利用脚驾驶虚拟飞机的运动,训练控制能力。当飞机前进时,屏幕上出现一系列方形通道,要求患者操纵飞机穿过这些通道且不能碰壁,这需要患者在飞行过程中不断变换脚踝用力的方向和大小。训练程序可以通过调节通道的个数和位置、飞机速度和触觉接口数量来设置不同难度水平。Burdea等的几项研究都发现,利用虚拟现实技术能提高患者的力量和持久性。患者在行走和爬楼梯过程中,在准确性和协调性方面也有实质性的改善。患者脚踝运动功能的康复速度也得到明显的提高。

4 小结

虚拟现实技术是基于软件、硬件以及计算机所呈现的,虽然虚拟环境不能显示现实环境,但是虚拟环境可以按照用户的需求进行设计和交互。具有标准化、可重复利用、可控性强等优势,可根据不同患者的需要创造不同的虚拟环境,也可为同一患者提供不同难度的治疗方式,并且可以提供治疗效果的评估和验证,目前在康复医疗领域已经呈现出广泛的应用前景。

参考文献

- [1] Alejandro Baldomins,YagoSaez Cristina Garcia,et al. Anap-
proach to physical rehabilitation using state-of-the-art virtual
reality and motion tracking technology[J]. Computer Sci-
ence, 2015,64:10—16
- [2] Klein M, Simmers C. Exergaming: virtual inspiration, real
perspiration[J].Young Consumers. 2008,10(1):35—45.
- [3] Daley AJ. Can exergaming contribute to improving physical
activity levels and health outcomes in children?[J]. Pediat-
rics, 2009, 124(2):763—771.
- [4] Maddison R, Foley L, Ni Mhurchu C, et al. Effects of ac-
tive video games on body composition: a randomized con-
trolled trial[J]. Am J Clinical Nutrition, 2011, 94(1):156—
163.
- [5] O'Loughlin EK, Dugas EN, Sabiston CM, et al. Prevalence
and correlates of exergaming in youth[J]. Pediatrics, 2012,
130(5):806—814.
- [6] Peng W, Crouse JC, Lin JH. Using active video games for
physical activity promotion: a systematic review of the cur-
rent state of research[J]. Health Educ Behav, 2013, 40(2):
171—192.
- [7] Bochner RE, Sorensen KM, Belamarich PF. The impact of
active video gaming on weight in youth: a meta-analysis[J].
Clin Pediatr (Phila), 2015, 54(7):620—628.
- [8] Tate DF, Lyons EJ, Valle CG. High-tech tools for exercise
motivation: use and role of technologies such as the inter-
net, mobile applications, social media, and video games[J].
Diabetes Spectr, 2015, 28(1):45—54.
- [9] Burdea G,Coiffet P. Virtual reality technology [M]. New Jer-
sey:John Wiley & Sons Inc.,2003:3—4.
- [10] Sanchez-Vives MV, Slater M. From presence to conscious-
ness through virtual reality[J]. Nat Rev Neurosci, 2005, 6
(4):332—339.
- [11] Slater M, Khanna P, Mortensen J, et al. Visual realism en-
hances realistic response in an immersive virtual environ-
ment[J]. IEEE Comput Graph Appl, 2009, 29(3):76—84.
- [12] 赵蔚,段红.虚拟现实软件研究[J].计算机技术与发展,2012,22
(2):229—233.
- [13] 邹湘军,孙健,何汉武,等.虚拟现实技术的演变发展与展望[J].
系统仿真学报,2004,16(9):1905—1909.
- [14] 王亨,王然,卓子寒,等.虚拟现实技术概述及其用于辅助康复治疗
的研究进展[J].生命科学仪器,2013,11(8):3—4.
- [15] Blach R. Virtual reality technology-an overview [M].Nether-
lands: Springer, 2008.
- [16] Asuman DO, Meryem DO, Kaya AZ. The rehabilitation re-
sults of hemiplegic patients[J]. Turkish Journal of Medical
Sciences, 2004, 34(6):385—389.
- [17] Standen PJ, Brown DJ. Virtual reality in the rehabilitation
of people with intellectual disabilities: review[J]. Cyberpsy-
chol Behav, 2005, 8(3):272—282.
- [18] Missaoui B, Thoumie P. How far do patients with sensory
ataxia benefit from so-called "proprioceptive rehabilitation"?
[J]. Neurophysiol Clin, 2009, 39(4—5):229—233.
- [19] Rizzo A, Kim G. A SWOT analysis of the field of virtual
reality rehabilitation and therapy [J]. Presence, 2005, 14(2):
119—146.
- [20] Hoffman HG, Meyer WJ 3rd, Ramirez M, et al. Feasibili-
ty of articulated arm mounted Oculus Rift Virtual Reality
goggles for adjunctive pain control during occupational ther-
apy in pediatric burn patients[J]. Cyberpsychol Behav Soc
Netw, 2014, 17(6):397—401.
- [21] Tarr MJ, Warren WH. Virtual reality in behavioral neurosci-
ence and beyond[J]. Nat Neurosci, 2002, 5(Suppl):1089—
1092.
- [22] Mundy L, Hiller JE. Rehabilitation of stroke patients using
virtual reality games[M]. Adelaide: Adelaide Health Technol-
ogy Assessment (AHTA),2010.2—5.
- [23] Merians AS, Jack D, Boian R, et al. Virtual reality-aug-
mented rehabilitation for patients following stroke[J]. Phys
Ther, 2002, 82(9):898—915.
- [24] Adamovich SV, Merians AS, Boian R, et al. A virtual real-
ity based exercise system for hand rehabilitation post-

- stroke[C]. In: International workshop on virtual rehabilitation. Piscataway: Cambridge University Press; 2003.
- [25] Kuttuva M, Boian R, Merians A, et al. The Rutgers arm, a rehabilitation system in virtual reality: a pilot study[J]. *Cyberpsychol Behav*, 2006, 9(2):148—151.
- [26] Boian R, Lee CS, Deutsch JE, et al. Virtual-reality-based system for ankle rehabilitation post stroke[C]. In: 1st international workshop on virtual reality rehabilitation. 2002.
- [27] Boian R, Kourtev H, Erickson K, et al. Dual Stewart platform gait rehabilitation system for individuals post-stroke [C]. In: International workshop on virtual rehabilitation. 2003.
- [28] Meldrum D, Herdman S, Moloney R, et al. Effectiveness of conventional versus virtual reality based vestibular rehabilitation in the treatment of dizziness, gait and balance impairment in adults with unilateral peripheral vestibular loss: a randomised controlled trial[J]. *BMC Ear Nose Throat Disord*, 2012, (12):3.
- [29] Meldrum D, Herdman S, Vance R, et al. Effectiveness of conventional versus virtual reality-based balance exercises in vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular loss: results of a randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2015, 96(7):1319—1328.
- [30] 王亨,王然,卓子寒,等.虚拟现实及其用于辅助康复治疗的研究进展[J].*生命科学仪器*,2013,11(8):3—7.
- [31] Snow PW, Loureiro RCV, Comley R. Design of a robotic sensorimotor system for Phantom Limb Pain rehabilitation [C]. 5th IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics. 2014, 2155—1774: 120—125
- [32] Monge Pereira E, Molina Rueda F, Alguacil Diego IM, et al. Use of virtual reality systems as proprioception method in cerebral palsy: clinical practice guideline[J]. *Neurologia*, 2014, 29(9):550—559.
- [33] Cho S, Ku J, Cho YK, et al. Development of virtual reality proprioceptive rehabilitation system for stroke patients[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2014, 113(1):258—265.
- [34] Bohil CJ, Alicea B, Biocca FA. Virtual reality in neuroscience research and therapy[J]. *Nat Rev Neurosci*, 2011, 12(12):752—762.
- [35] Lünenburger L, Colombo G, Riener R, et al. Biofeedback in gait training with the robotic orthosis Lokomat[J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2004, (7):4888—4891.
- [36] Sanchez RJ, Liu J, Rao S, et al. Automating arm movement training following severe stroke: functional exercises with quantitative feedback in a gravity-reduced environment [J]. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2006, 14(3): 378—389.
- [37] Zariffa J, Kapadia N, Kramer JL, et al. Feasibility and efficacy of upper limb robotic rehabilitation in a subacute cervical spinal cord injury population[J]. *Spinal Cord*,2012,50(3):220—224.
- [38] Koenig A, Brusch K, Zimmerli L, et al. Virtual environments increase participation of children with cerebral palsy in robot-aided treadmill training[J]. *IEEE*, 2008, 121—126.
- [39] Lloréns R, Colomer-Font C, Alcañiz M, et al. BioTrak virtual reality system: effectiveness and satisfaction analysis for balance rehabilitation in patients with brain injury[J]. *Neurologia*, 2013, 28(5):268—275.
- [40] Deutsch JE, Latonio J, Burdea GC, et al. Post-stroke rehabilitation with the Rutgers ankle system: a case study[J]. *Presence* 2001, 10:416—430.