

· 综述 ·

Kinect 体感技术在脑卒中康复训练中的应用现状和进展

徐洋凡 陈卓铭 刘传顺 童美勤子 杨伟 车程谋

脑卒中具有高发病率、高致残率的特点,中国在每年新发脑卒中患者约 200 万人,其中 70% ~ 80% 的患者病后因残疾不能独立生活^[1]。目前,我国现存的脑血管病患者约 700 余万人^[2],专业康复医护人员与患者数量不相匹配的状况较为严重^[3]。现代康复理论和实践证明,有效的康复训练可减轻患者功能上的残疾,提高患者的满意度,加速脑卒中的康复进程,降低潜在的医护费用,节约社会资源^[4]。近年来,Kinect 体感技术在脑卒中康复训练中的应用逐渐增多,Kinect 是由微软公司开发的一款姿态传感输入设备,作为 Xbox360 外接的 3D 体感摄影机,利用即时动态捕捉、影像辨识、麦克风输入、语音辨识、社群互动等功能可使用户摆脱传统输入设备的束缚,通过自己的肢体控制终端^[5]。因 Kinect 体感技术实现了身体即可直接控制游戏,在提高了游戏的沉浸感和生动性的同时,也让患者更易于参加基于游戏的康复锻炼。本文综述近年来 Kinect 体感技术在脑卒中康复的应用现状,并归纳目前应用中的局限性,旨在为 Kinect 体感技术在脑卒中康复中的发展研究提供参考。

Kinect 体感技术空间准确性的评估

一直以来,以姿势控制为主的虚拟现实技术多集中于上肢的康复^[6],其缺点在于训练过程中通常需要运用一些复杂且不实用的手势^[7]。随着计算机硬件的不断发展,虚拟现实技术的研究方向已迅速转移到与人类交流更紧密和更直接的方式,如手势和姿势模式;然而,在确定 Kinect 传感器运用在脑卒中康复是否有效之前,由 Kinect 传感器组成的康复系统的空间准确性仍有待考察。

Loconsole 等^[8]运用真实物体进行测试,所有的测试结果误差均 < 2 cm,可以满足康复训练。Chang 等^[9]比较了低成本的 Kinect 和高成本、高保真 OptiTrack 光学系统在收集 6 个上肢运动任务数据时的运动追踪表现,结果发现,低成本 Kinect 的运动追踪表现与 OptiTrack 相当,并能够在临床和家庭环境中推广。该研究还发现,腕关节和肘关节轨迹误差在可接受范围之内,但两者肩关节运动轨迹结果却不一致,研究者认为,这可能是由于 OptiTrack 系统和 Kinect 体感技术传感器的运动捕捉及关节评估方法不同。Nixon 等^[10]采用维康动作捕捉系统对 19 例受试者的 3D 空间随意上肢运动进行了设计和临床角度分类,尤其是肩关节屈伸角度、内收外展角度及 3 个维度的肩关节角度,结果发现,Kinect 体感技术传感器对于上肢运动中的角度测量方面的平均错误率不超过 10.0%。该研究认为,将基于 Kinect 体

感技术的康复训练系统运用于家庭和临床中,不仅可以减轻治疗师的负担,还可使患者更为积极地参与康复,提高其生命质量。目前,大量的临床研究认为,以姿势控制和评估为目的 Kinect 体感技术传感器,其精准度完全可以满足躯体运动评估的需要^[11-13]。为了简化验证 Kinect 体感技术传感器精准度的方法,并避免由人体生物力学而导致的各种错误,Pedro 等^[14]采用“兴趣点”方法代替了全身力学分析方法,在“兴趣点”方法的引导下,Kinect 读数在 x 轴和 y 轴上具有很好的重复性,但在 z 轴上随着距离的增加其重复性却随之变差。该项研究还表明,随着距离的增加,空间误差标准偏差的平均水平也随之增加。

基于 Kinect 体感技术的康复训练方法

验证 Kinect 体感技术传感器精准度的最终目标是为了更加准确地对患者各项运动功能进行康复评估(量化患者运动功能提升水平)和发展新型脑卒中临床及家庭康复模式。李红玲^[15]提出,以虚拟现实为基础的康复治疗方法可显著改善患者的运动功能、日常生活活动能力、认知功能等,尤其是对脑卒中患者。

Brokaw 等^[16]结合 Kinect 传感器设计了一个注重上肢运动指导和修正的家庭虚拟现实康复训练系统,该系统的训练方式以监控和纠正无治疗师下的不恰当的姿势代偿为主,并且提高训练的依从性。Galeano 等^[17]将 Kinect 传感器与任天堂 Wii 平衡板相结合,设计了脑卒中患者平衡能力训练系统;窦娜等^[18]设计了注重娱乐性的基于 Kinect 传感器的训练系统,患者可通过该系统操纵屏幕上的人来进行滑雪的动作,提高了训练的娱乐性及患者的积极性;Pastor 等^[19]设计的虚拟现实康复训练系统可通过直接的数据调整和游戏中患者表现出来的需求为其提供可适应的难度级别;Frisoli 等^[20]设计了基于 Kinect 体感技术的多模式架构的人脑控制界面驱动机器人上肢外骨骼系统,该系统可为在任务过程中脑卒中康复患者提供积极的协助,该研究结果表明,通过人机交互操作,外骨骼运动辅助下的操作正确率为 $(89.4 \pm 5.0)\%$,且患者组与正常受试者组比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。因此 Frisoli 等^[20]认为,基于 Kinect 体感技术的人脑控制界面驱动机器人上肢外骨骼系统在对脑卒中运动损伤患者的早期神经康复方面具有巨大的发展潜力。

目前,大部分基于 Kinect 体感技术的系统尚处于概念验证阶段,其研究文献仍缺少报告功能和验证数据。其局限性包括:①虽然初步研究表明,Kinect 传感器与专业的动作捕捉系统功能具有一定的相关性,但 Kinect 传感器对于非优势动作的捕捉能力还有待进一步研究的验证^[11-12];②Kinect 体感技术传感器还无法准确地评估肩关节内部的联合旋转,因此采用 Kinect 传感器进行肩关节功能训练还有待临床证明^[9];③包括精细运动功能在内的康复目标不能仅仅通过 Kinect 传感器的捕捉系统实现,有研究表明,Kinect 体感技术和惯性传感器相结合的系统是一个可行的选择^[21];④对于虚拟现实康复系统的研究基本上都

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.08.024

作者单位:510630 广州,暨南大学附属第一医院语言障碍中心(徐洋凡、陈卓铭、杨伟);广东省工伤康复医院(刘传顺);暨南大学附属第一医院东圃分院(童美勤子);广州三好计算机科技有限公司(车程谋)

通信作者:陈卓铭,Email:tchzm@21cn.com

是小样本短期研究,缺乏大样本长期、跟踪、随访研究。

总结和展望

综上所述,有关 Kinect 体感技术传感器的空间准确性研究以及康复训练方法的研究均呈现出积极的结果。有研究认为,基于 Kinect 体感技术构建的家庭式康复训练将会成为更多患者家庭康复的首选,相关的系统也将逐渐被广大患者所接受^[5]。目前,Kinect 体感技术的运用很大程度上取决于其在现实应用及用户接受中的表现,如何克服上述种种局限,使其能被广泛地应用,还有待进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 吴兆苏,姚崇华,赵冬. 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] 王瑞利,刘更谦,于庆增. 虚拟现实在踝关节康复系统中的应用[J]. 医疗保健器具, 2006, 11: 24-26.
- [3] 杨艺,许源,张俊杰,等. 基于 Kinect 与虚拟现实的社区家庭康复系统的研制[J]. 微型电脑应用, 2014, 30(3): 32-34.
- [4] Thorsén AM, Holmqvist LW, de Pedro-Cuesta J, et al. A randomized controlled trial of early supported discharge and continued rehabilitation at home after stroke; five-year follow-up of patient outcome [J]. Stroke, 2005, 36(2): 297-303.
- [5] 李斌,吴国斌. Kinect 领人机交互变革 [J]. 程序员, 2011, 9: 100-103.
- [6] Crosbie JH, Lennon S, Basford JR, et al. Virtual reality in stroke rehabilitation; still more virtual than real[J]. Disabil Rehabil, 2007, 29(14): 1139-1146.
- [7] Merians AS, Jack D, Boian R, et al. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke[J]. Phys Ther, 2002, 82(9): 898-915.
- [8] Loconsole C, Banno F, Frisoli A, et al. A new Kinect-based guidance mode for upper limb robot-aided neurorehabilitation[C]. In Intelligent Robots and Systems (IROS), Vilamoura-Algarve, Portugal 2012: IEEE, 2012: 1037-1042.
- [9] Chang CY, Lange B, Zhang M, et al. Towards pervasive physical rehabilitation using Microsoft Kinect[C]. In Pervasive Computing Technologies for Healthcare (Pervasive Health), San Diego, CA, USA 2012: IEEE, 2012: 159-162.
- [10] Nixon ME, Howard AM, Chen YP. Quantitative evaluation of the Microsoft Kinect TM for use in an upper extremity virtual rehabilitation environment[C]. Virtual Rehabilitation (ICVR), Philadelphia, PA, USA 2013: IEEE, 2013: 222-228.
- [11] Clark RA, Pua YH, Fortin K, et al. Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control[J]. Gait Posture, 2012, 36(3): 372-377.
- [12] Obdrzalek S, Kurillo G, Ofli F, et al. Accuracy and robustness of Kinect pose estimation in the context of coaching of elderly population [C]. In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), San Diego, CA, USA 2012: IEEE, 2012: 1188-1193.
- [13] Fernandez-Baena A, Susin A, Lligadas X. Biomechanical validation of upper-body and lower-body joint movements of kinect motion capture data for rehabilitation treatments[C]. In Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS), Bucharest, Romania 2012: IEEE. 2012: 656-661.
- [14] Pedro LM, de Paula Caurin GA. Kinect evaluation for human body movement analysis[C]. In Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob), Rome, Italy 2012: IEEE, 2012: 1856-1861.
- [15] 李红玲. 虚拟现实技术及其在康复医学中的应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志 2013, 35(5): 414-416.
- [16] Brokaw EB, Eckel E, Brewer BR. Usability evaluation of a kinematics focused Kinect therapy program for individuals with stroke[J]. Technol Health Care, 2015, 23(2): 143-151.
- [17] Galeano D, Brunetti F, Torricelli D, et al. A tool for balance control training using muscle synergies and multimodal interfaces[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 565370.
- [18] 窦娜,李丹,马素慧,等. 体感交互技术对脑卒中平衡功能和步行功能训练的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2014, 20(1): 66-69.
- [19] Pastor I, Hayes HA, Bamberg SJ. A feasibility study of an upper limb rehabilitation system using kinect and computer games[C]. In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), San Diego, CA, USA 2012: IEEE, 2012: 1286-1289.
- [20] Frisoli A, Loconsole C, Leonardis D, et al. A new gaze-BCI-driven control of an upper limb exoskeleton for rehabilitation in real-world tasks[J]. IEEE Trans Haptics, 2012, 42(6): 1169-1179.
- [21] Lohse KR, Hilderman CGE, Cheung KL, et al. Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy[J]. PLoS One, 2014, 9(3): e93318.

(修回日期: 2015-07-11)

(本文编辑: 阮仕衡)