

基于云端服务的缺血性脑卒中虚拟体感康复训练平台设计

史森中 张和华 段傲文 黄靖 周超 兰丽

(中国人民解放军陆军特色医学中心医学工程科 重庆 400042)

(中国人民解放军陆军特色医学中心消化科内镜中心 重庆 400042)

〔摘要〕 以虚拟智能设备为基础,结合远程网络、智能传感和云技术,建设基于云端服务的缺血性脑卒中虚拟现实体感康复训练平台,阐述该平台主要架构、功能模块设计,并分析其应用情况。

〔关键词〕 虚拟现实;卒中;康复训练;系统设计

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2023.05.012

Design of Virtual Somatosensory Rehabilitation Training Platform for Ischemic Stroke Based on Cloud Services SHI Senzhong, ZHANG Hehua, DUAN Aowen, HUANG Jing, ZHOU Chao, Department of Medical Engineering, Army Medical Center of PLA, Chongqing 400042, China; LAN Li, Endoscopy Center of Gastroenterology Department, Army Medical Center of PLA, Chongqing 400042, China

〔Abstract〕 Based on virtual intelligent devices, combined with remote network, intelligent sensing and cloud technology, a virtual reality (VR) somatosensory rehabilitation training platform system for ischemic stroke based on cloud services is constructed. The main architecture and functional module design of the platform system are expounded, and its application is analyzed.

〔Keywords〕 virtual reality (VR); apoplexy; rehabilitation training; system design

1 引言

缺血性脑卒中也称“中风”,是脑血管骤然发生病变所导致的一种局部性脑体功能障碍^[1]。受快节奏和不规律生活等方面影响,缺血性脑卒中已成为威胁人体健康和生命安全的主要病症之一,易致残甚至死亡。相关研究证实,缺血性脑卒中患者尽早开展针对性康复训练能够相对减少神经

功能丧失,降低并发症发病率,同时还能促进运动功能再生,从而改善患者日常生活自理能力^[2]。然而,传统康复训练疗法需由专业康复医师一对一指导和陪练,耗费大量医疗资源,造成医师乃至医院负担较重。此外,脑卒中患者来院训练需家属陪护,时间成本高昂,训练过程难以延续;而居家锻炼器械单调枯燥且缺乏专业医师指导监督,患者常随意中断练习,无法达到既定训练效果。为此,本研究设计基于云端服务的缺血性脑卒中虚拟现实(virtual reality, VR)体感康复训练平台系统(以下简称平台),以解决上述问题,满足患者居家训练需求。

〔修回日期〕 2022-10-20

〔作者简介〕 史森中,高级工程师,发表论文 30 余篇;通信作者:兰丽。

2 平台设计

2.1 关键技术

VR 技术是本研究的关键，其通过软硬件结合构建虚拟环境，并提供集合三维视觉场景、触觉、嗅觉等多类体感的虚拟世界体验^[3]。近年来有科研机构将该技术应用于教学领域，并取得较好效果^[4]，为本平台设计提供了研究基础和参考依据。虚拟康复训练平台硬件主要包括头戴显示器、手持操控装置和头、手、整体位置定位系统。该类设备在市面上较普及且价格逐步降低，普通家庭可负担^[5]。患者在训练过程中，借助头戴式虚拟场景显示器进行环境（场景）显示，通过控制手柄实现与虚拟场景互动交互，得到真实的沉浸式体感。手势追踪设备能在 VR 虚拟场景中更加精确地跟踪与定位患者手势。其中虚拟场景设计采用 Unity3D 作为开发引擎。

2.2 框架结构及功能模块

平台采用自下而上的 3 层架构体系进行设计，主要包括康复控制组件、云端服务、患者应用端、康复医师应用端等主要功能模块，见图 1。

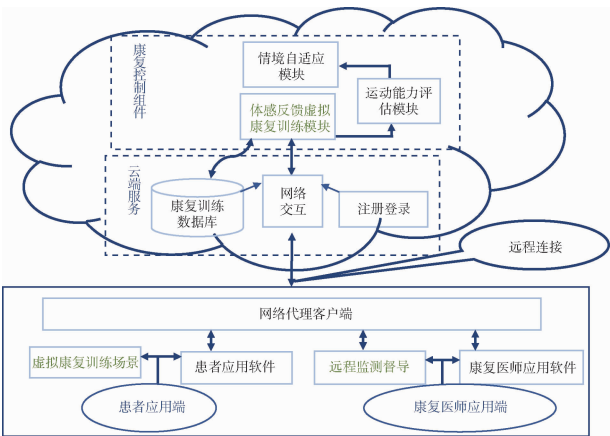


图 1 基于云端服务的缺血性脑卒中虚拟体感康复训练平台系统框架

2.2.1 康复控制组件（单元） 主要由 3 类功能模块构成。（1）体感反馈虚拟康复训练模块。主要为患者提供多类型虚拟训练（游戏）场景支

持，并有针对性地提供康复训练任务。该模块硬件部分内嵌微型智能传感器^[6]，能够将各类康复训练活动任务所产生的数据信息输出并上传至云服务端。医师对患者实际身体状态进行评估诊断，有针对性地选择适合的训练计划，并在训练中进行适时调整。（2）情境自适应模块。主要用于控制虚拟训练（游戏）的难易程度、训练强度、训练任务、场景选择、虚拟环境亮度、对比度、背景音乐、预警音效等多媒体元素，形成多模态综合体感体验^[7]，从而使康复治疗过程更富娱乐性和趣味性。医师可实时监控患者虚拟训练过程的动态行为，掌握当前真实训练情况及数据，自定义调整虚拟康复训练（游戏）的难易水平，并根据这些动态指针及时为患者调整虚拟训练策略（虚拟游戏策略），有利于达到最佳虚拟训练效果，确保训练与患者的情绪、心理能力、肢体能力相匹配，避免训练过量。（3）运动能力评估模块。主要捕捉患者虚拟康复训练中产生的运动数据，并经算法分析后上传至云端服务器存储。该模块所集成的健康人体基本运动能力指标，主要基于美国国立卫生研究院卒中量表（National Institute of Health Stroke scale, NIHHS）^[8]，并将其嵌入平台。NIHHS 是评估脑卒中常用的量化评估工具。3 分及以下提示患者为轻度卒中（3 级），3 ~ 10 分属于中度卒中（2 级），超过 10 分则属于重度卒中（1 级）。平台根据每次进入测试的游戏完成情况进行评分，最后汇总。该量表适用于评估患者的恢复情况，预测患者可以恢复到的状态，具有一定临床意义。

2.2.2 云端服务 （1）注册登录。通过注册登录功能保护患者隐私安全，实现患者身份管理与识别。（2）网络交互。主要基于传输控制协议及互联网网络协议（transmission control protocol/internet protocol, TCP/IP），为医师应用端和患者应用端提供虚拟康复训练数据上传、下载以及医患交互通路。（3）康复训练数据库。实现训练数据的真实动态展示、可视化分析、数据云存储。

2.2.3 患者应用端 主要由硬件设备和软件构成。硬件设备包含不同功能的微型传感器，能够追踪患者练习过程中的动态数据和运动轨迹，并实时

上传至云服务器。软件方面包括两部分：一是虚拟康复训练场景，提供各种康复训练场景，使患者可选择适宜的训练任务，并依据训练计划逐步实施；二是患者应用软件，包括患者健康问卷调查，可快速提供初步虚拟训练计划，也可由医师远程提供策略；还包括虚拟康复训练结果平台自评，平台根据既定评分标准，在患者完成一项训练任务后，予以基础数字评分，供患者参考。另外，患者应用端的硬件设备采用触感反馈技术，能使患者训练时更直观地感受到效果，提高康复训练体验。

2.2.4 康复医师应用端 主要由软件平台和硬件终端（个人电脑、智能手机等）构成。软件功能方面，一是远程监测督导，实现对患者虚拟康复训练过程的实时跟踪监测、指导管理。二是康复医师应用软件，包括创建理想的虚拟训练效果指标，根据健康人体客观运动评价指标为患者预设适合其身体、心理承受范围的运动能力达标阈值范围和达标等级。此外，康复医师应用软件还提供成绩分析量表，康复医师可以结合实际情况自定义更为详细的患者分析量表矩阵，为下一步治疗方案的制定奠定基础。

3 平台主要功能

3.1 腕部旋转康复训练

包括“水杯与碟子”、模拟“擦桌子”等日常生活活动训练（activities of daily living, ADL），通过训练游戏模拟居家生活必需的日常活动。“水杯与碟子”游戏场景中，患者首先需要握住虚拟环境中摔倒的水杯，通过腕部旋转动作将水杯从水平摔倒状态扶正为 90°垂直桌面状态，同时将水杯以最优线路和方向靠近碟子，最终能够以正确状态（杯口向上）平放于碟中。训练任务顺利通过后，平台会启动新一轮训练，同时依据完成情况逐步增加难度。此类训练旨在锻炼肩关节、肘关节、腕部、抓握力等，增强肌肉力量、耐力、肢体协调能力等，以此达到康复训练目的。

3.2 肢体协调康复训练

在“果篮接水果”虚拟训练游戏场景中，水果

将从不同方位的果树上随机掉落，患者需要控制手中的果篮接住水果，若水果掉落地上则任务失败，平台弹出失败提示窗口，并重新开始该训练。平台根据完成康复训练任务的时间以及成功率阶段性地提高训练游戏难度，如缩短通关时间、加快水果落地速度、减小果篮口径等。在该训练过程中，患者不仅需要手、腕协调，更需要四肢与躯体进行整体配合与协调，因此能充分锻炼肌体协调能力和运动反应速度。

3.3 认知能力康复训练

认知能力是患者对事物概念、定义、类型的理解和认识能力，可反映其记忆力、专注程度、定向力等方面情况，通过持续训练提升患者的认知能力非常必要。为此平台软件设计集成“虚拟购物”“水果配对”等 VR 康复训练游戏。“虚拟购物”模拟街边果蔬购物场景，平台界面首先提示需要选购的果蔬名称，要求患者选取果蔬并拖动至购物车中，每正确一次增加两分，随之弹出加分情况以及“不错”等字幕与语音提示。不断激励患者以提升其持续训练的信心和趣味性。

3.4 远程康复监测与督导

本平台除了能够直观地为患者提供虚拟康复训练之外，还设计康复医师应用终端软件。康复医师通过个人电脑或智能手机等终端登录到“远程督导界面”，对患者的康复训练状态、训练成绩、训练计划完成情况等方面进行实时远程监测及指导。患者在训练过程中的身体状态以及训练持续时长均可通过远程预设相应参数阈值进行控制，如超过预设康复训练持续时间，平台会以预警和终止的形式确保康复训练的有效性及其安全性。另外提供运动数据统计及图表分析功能，以便康复医师在患者康复训练结束后进行回溯与分析。

3.5 初步应用效果

3.5.1 总体效果 本平台基于云端服务将信息技术应用于卒中康复训练领域，形成跨学科融合与应用。在缺血性脑卒中患者肢体训练过程中，兼顾心

理康复训练、跨越时间与空间限制,满足患者居家康复训练需求,取得较好预期效果,实现了一定社会价值。

3.5.2 跨越时间空间限制、降低卒中康复评估难度 传统康复训练单调乏味,在耗费大量时间成本以及人力资源成本的同时,其训练强度和效果却无法得到科学有效评估,易错失训练良机。在结合云端技术的 VR 康复训练平台下进行居家康复训练,较好地解决此类问题,对完全丧失运动能力的患者也具有一定效果^[9]。

3.5.3 提高卒中患者康复训练兴趣,激发其训练积极性 通过输入设备(操作手柄、动作捕捉仪)将训练活动传送至计算机,并由输出反馈设备使患者得到视觉、听觉和触觉等多种感官反馈,最终完成各类训练活动,以最大限度恢复患者相应机体功能。不但节省人力、物力,还有效增加治疗趣味性,激发患者参与康复治疗的积极性,将被动转为主动治疗,提高治疗效率和效果。

3.5.4 对卒中患者心理康复方面具有积极作用 相关文献^[10]显示,在治疗过程中,部分卒中患者将出现抑郁、烦躁等心理障碍。针对此类问题,在康复训练过程配备自定义背景音乐模式,结合传感器力反馈技术,患者能够在视觉、触觉和听觉方面得到多模态、全方位虚拟康复训练体感反馈,改变传统枯燥单调的机械式训练模式,对促进心理康复具有积极作用。相关研究证实,无论是机器人训练(含虚拟训练)还是常规康复,都能明显改善患者整体认知功能、情绪、执行功能以及日常生活活动能力。然而,只有通过 VR 康复训练组^[11],患者才能在认知灵活性和转移技能、选择性注意/视觉以及生活质量、精神和身体状态的感知方面均有明显改善。

3.6 患者数据安全保护

医、患应用端均需通过登录云服务端进行注册与认证,相应的云端服务为医、患提供较好的平台权限及隐私保护机制。另外,本研究所涉及的云端服务将云服务器进行本地化部署,所有患者数据将传输保存至医院本地化云服务器中,避免公有云托

管模式下可能存在的患者数据、隐私信息泄露隐患。在后续研究中将不断查找和发现隐患,及时遏制安全风险,并且引入更多安全策略与机制。

4 结语

随着 VR 技术、传感器技术、远程网络等智能信息技术快速发展,智能居家康复治疗逐步成为一种全新医学治疗方式和应用^[12],其能够作为临床工作的延续及扩展实现辅助诊疗、康复治疗等目标。本研究设计一种基于云端服务的缺血性脑卒中虚拟体感康复训练平台,为患者在居家环境下提供虚拟康复训练环境,从而实现更直观的视听体验,并通过智能硬件传感器使患者体验到真实的体感反馈。在整个虚拟康复训练过程中,医师远程指导患者制定虚拟康复训练策略,同时也可由患者自主决策,充分调动患者主观能动性。平台操作较简便,并以虚拟世界电子游戏形式激发患者对康复训练的兴趣。另一方面,在本平台中,康复医师能够通过“云服务”监测或调取患者康复阶段的训练状态、康复进展等数据信息,并基于这些信息制定下一步康复计划,为康复决策提供依据。居家虚拟康复训练同时也使患者在亲人的关爱下获得归属感。灵活高效的虚拟康复训练平台或将成为未来卒中局部性脑体功能障碍患者康复治疗与研究的重要发展方向。

参考文献

- 1 王佳,罗丽蓉,赵翠霞,等.VR 沉浸式教学模式在急救中的实践研究[J].智慧健康,2022,8(10):176-178.
- 2 李唯嘉,周泉.“我觉得像是玩游戏”:用户对 VR 新闻的使用体验研究[J].国际新闻界,2022,44(4):78-95.
- 3 张帆,鹿楠,孙璟川,等.VR 技术在外科手术基本操作教学中的效果分析[J].中国继续医学教育,2022,14(6):120-123.
- 4 严璐璐.基于 VR 的实习工厂虚拟教学平台对高职院校实习生职业价值观的塑造研究[J].中国教育技术装备,2022(6):77-89.

(下转第 96 页)

程, 培养科研思维以及处理未知问题的科研能力。

5 结语

通过对我国医学信息相关专业研究生学位论文进行学科分布及研究内容分析, 探索医学信息专业的跨学科特征, 研究结果对医学信息高层次复合型人才培养方案的完善及更新具有指导价值。对 258 位研究生的学位论文进行分析发现: 首先, 医学信息专业的研究以医药卫生、工业技术及生物医学的跨学科交叉为主; 其次, 与当前国际医学信息学研究热点及研究前沿相比, 新技术及应用的相关研究较为薄弱, 应增加获取前沿研究信息的渠道及训练。最后, 各专业应根据研究内容侧重, 提供符合学科特色的核心课程, 并以科学研究为基础进行科研思维、逻辑和能力的培养及训练。当前我国医学信息相关专业在专业名称、培养目标、骨干课程和学科隶属关系等方面存在问题, 建议加强规范化管理和标准化建设, 各院校形成合力, 推动医学信息专业和学科的高质量发展和可持续发展。

参考文献

- 1 代涛. 医学信息学的发展与思考 [J]. 医学信息学杂志, 2011, 32 (6): 2-16.
- 2 王伟. 医学信息学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- 3 汤学军, 董方杰, 张黎黎, 等. 我国医疗健康信息标准体系建设实践与思考 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2016, 13 (1): 31-36.
- 4 何四维, 兰小筠, 李忠民. 医学信息学毕业生就业问题分

析及对策研究 [J]. 图书馆学研究, 2012 (12): 27-30.

- 5 张雪, 张志强, 陈秀娟. 中美医学信息学本硕教育现状对比分析与启示 [J]. 图书情报工作, 2019, 63 (12): 12-21.
- 6 王晓东, 王伟, 王呼生, 等. 医学信息学实验教学三维体系构建 [J]. 现代情报, 2016, 36 (6): 124-127.
- 7 张琳, 孙蓓蓓, 黄颖. 交叉科学研究: 内涵、测度与影响 [J]. 科研管理, 2020, 41 (7): 279-288.
- 8 代涛. 医学信息学教育与人才培养 [M]. 北京: 中华医学电子音像出版社, 2020.
- 9 《中国图书馆分类法》编委会. 《中国图书馆分类法》第五版使用手册 [M]. 北京: 国家图书馆出版社, 2012.
- 10 亢川博, 王伟, 张世玉, 等. 国内外医学信息学研究现状的可视化分析 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2016, 25 (8): 24-30.
- 11 王菲菲, 刘明. Altmetrics 视角下的交叉学科研究前沿探测——以医学信息学领域为例 [J]. 情报学报, 2020, 39 (10): 1011-1020.
- 12 FORNAZIN M, PENTEADO B E, CASTRO L, et al. From medical informatics to digital health: a bibliometric analysis of the research field [C]. Atlanta: Assoc Information Systems, 2021.
- 13 HUSSEIN R. Medical informatics in the digital personalized health and medicine era: a SWOT analysis and actionable strategies [J]. Studies in health technology and informatics, 2020 (6): 869-873.
- 14 张雪, 陈秀娟, 张志强. 近十年国际医学信息学发展趋势与热点研究——基于 10 种高影响力外文期刊的文献计量分析 [J]. 现代情报, 2018, 38 (12): 151-163.
- 15 GÜLKESEN K H, HAUX R. Research subjects and research trends in medical informatics [J]. Methods of information in medicine, 2019, 58 (S1): e1-e13.

(上接第 70 页)

- 5 刘国庆, 韩婧怡, 宋文静, 等. 虚拟现实在护理领域应用研究关键词的可视化分析 [J]. 护理学报, 2022, 29 (3): 29-34.
- 6 杨耿, 萧裕红, 黄惠怡, 等. VR 在体育教学与活动中的应用分析 [J]. 电子技术与软件工程, 2021 (23): 21-23.
- 7 高昊辰, 韩煦, 朱强, 等. VR 联合 AR 融入式教学系统在临床医学专业口腔通识医学教育的应用研究 [J]. 中华医学教育探索杂志, 2021, 20 (11): 1279-1282.
- 8 李建, 张杰. 基于 VR 的虚拟仿真实验教学项目设计与探索——以“景观视觉空间分析虚拟仿真实验教学项目”为例 [J]. 中国教育信息化, 2021 (22): 42-48.
- 9 朱高红, 尹竹萍, 陈礼林, 等. 虚拟现实 (VR) 模式

立体医学影像解剖教学实践的初步研究 [J]. 中国高等医学教育, 2021 (10): 59-60.

- 10 李嘉祺, 罗光丽, 陈星宇, 等. 信息技术对抑郁症心理调适的模式开发创新研究——基于 VR 沉浸技术的应用 [J]. 电子质量, 2022 (1): 62-66.
- 11 毛润坤, 张莹, 董雪婷, 等. 基于心理声学的 VR 音频舒适度的主观评测和客观量化 [J]. 电声技术, 2019, 43 (3): 74-77.
- 12 PHAN H L, KIM J P, KIM K, et al. Wrist rehabilitation system using augmented reality for hemiplegic stroke patient rehabilitation: a feasibility study [J]. Applied sciences, 2019, 9 (14): 2892.