

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2024.04.016

虚拟现实技术在听力与言语康复中的应用研究进展

Progress in the Application of Virtual Reality Technology to Hearing and Speech Rehabilitation

钱汀睿 肖永涛

QIAN Ting-rui, XIAO Yong-tao

【摘要】 虚拟现实技术作为一种新兴的人机交互技术,在康复领域被广泛运用,但在听力与言语康复中的应用研究较少。本文通过检索国内外相关文献,对虚拟现实技术在听力与言语康复中的研究进展进行总结归纳,旨在为相关临床实践和研究提供思路。

【关键词】 虚拟现实技术;听力与言语康复;研究进展

【中图分类号】 R49

【文献标识码】 A

【文章编号】 1672-4933(2024)04-0402-04

【Abstract】 As a new human-computer interaction technology, the virtual reality technology is widely used in the field of rehabilitation, but there are few studies on the application of hearing and speech rehabilitation. This paper collects relevant data by searching domestic and foreign literature, summarizes the research progress of virtual reality technology in hearing and speech rehabilitation, and aims to provide ideas for related clinical practice and research.

【Key words】 Virtual reality technology; Hearing and speech rehabilitation; Research progress

我国听力和言语障碍人数庞大,而从事相关康复的专业人员数量无法与之相匹配。虚拟现实技术最大的优势是节约人力资源^[1],可实现远程诊疗和个性化多场景干预^[2],让有限的康复治疗专业人士服务更多患者,为患者提供更加便捷的评估、治疗和康复。

1 虚拟现实技术的概述

虚拟现实(virtual reality, VR)技术是指通过计算机技术形成一种逼真的虚拟环境,使用户通过专门的设备参与到虚拟环境中形成交互,在视觉、听觉和触觉上获得与真实世界相同的感受^[3],具有沉浸性、交互性和想象性3大特性^[4]。

根据患者参与形式及沉浸程度,可将虚拟现实技术分为桌面式、沉浸式、增强式、分布式4类^[5]。虚拟现实技术起源于20世纪五六十年代,1994年被应用于医学领域。目前,常见的家庭康复虚拟现实技术产品有意大利VRRS、美国微软Kinect和日本任天堂Wii系统。VRRS被认为是最全面和先进的临床和家庭虚拟现实系统之一;Kinect是适用于患有大脑疾病的老年人的一种深度传感设备;基于Tele Wii实验室的日本任天堂Wii系统包括用于控制运动输入的Wii控制台、Wii Fit游戏系统和平衡板^[6]。

2 虚拟现实技术在听力与言语康复中的应用

2.1 在听力损失评估诊断及听障康复中的应用

虚拟现实技术有助于进行听力评估、听觉定位测试与训练、助听器评估和手语识别等,目前已成为听损患者听觉能力评估和康复的工具。

2.1.1 听力评估 在慢性感音神经性听力损失患者评估和康复应用中,萨马拉国立医科大学制订了一个使用虚拟现实技术评估听力的计划^[7],将患者沉浸在虚拟环境中,并创建接近真实条件的视听场景,使听力评估结果更贴近患者现实生活中的表现。Daikhes等^[8]对68名患者进行了基于虚拟现实的空间和言语听觉诊断,为后续使用虚拟现实技术进行听觉训练奠定了基础。在评估儿童对音高的辨别能力方面,Kepp等^[9]利用虚拟现实音高排名任务装置,分别对10名双侧人工耳蜗使用者、5名双侧助听器使用者和11名健听儿童的辨别音高能力进行评估。结果表明无论听力状况如何,虚拟现实技术在评估儿童辨别音高方面均有作用。此外,Lau等^[10]运用专业实验室中的虚拟现实技术形成一个受控制且安全的模拟环境,以便受试者行走时聆听,获得行走时的单词识别结果。Seol等^[11]探究了虚拟空间对语音表现的影响及其作为语音测试工具的可行性,分别进行了有或无视觉信息

作者单位:浙江中医药大学医学技术与信息工程学院听力与言语康复学 杭州 310053

作者简介:钱汀睿 本科在读;研究方向:听力与言语康复学

通讯作者:肖永涛, E-mail: xiaoyongtao9@hotmail.com

的噪音下听力测试,证明了虚拟现实听力测试在临床实践中的可行性。

2.1.2 听觉定位测试与训练 听觉定位测试对中枢听觉神经系统受累敏感,是筛查听觉中枢处理障碍的重要测试之一。Ramirez等^[12]对20位健听成年人进行了关于在虚拟现实测试听觉定位的可行性,发现基于扬声器的传统测试结果与文献报道类似,虚拟现实听觉定位测试的结果与传统测试结果相比存在更多的定位模糊。他们认为随着虚拟现实技术的发展,虚拟现实听觉定位测试能够促进疑似听觉中枢处理障碍患者的筛查和诊断,在简化听觉中枢处理障碍筛查中存在巨大潜力。在双侧人工耳蜗植入儿童的听觉定位能力的研究中,Coudert等^[13]使用沉浸式虚拟现实设备分别对18名双侧人工耳蜗植入儿童和18名健听儿童进行三维空间听觉能力的评估,发现两组儿童均能够提取足够的听觉线索来进行听觉定位。

Valzolgher等^[14]在对20名单侧人工耳蜗植入患者进行虚拟现实听觉定位训练后,发现单侧人工耳蜗用户的声音定位能力在一种基于声音、视听反馈和聆听过程中自由头部运动的新型虚拟现实训练后得到改善。若受训者对声源方向判断错误,VR控制器会显示视觉反馈,直到反应正确。该训练无需康复治疗师的纠正与引导,为治疗师减少了工作内容,节约了人力。Shim等^[15]对16名单侧聋患者和38名健听受试者进行基于虚拟现实技术的听觉定位训练,发现接受基于虚拟现实声音定位训练的单侧耳聋患者组的空间听力得到提高且改善效果持续了3周,同样认为基于虚拟现实的声音定位训练方式代表了治疗听觉定位受损的新方法。由此可见,虚拟现实技术的易用性和有效性可以使其成为更广泛的临床工具。Coudert等^[16]将12名双侧人工耳蜗植入成年人分为多感官反馈组(视听空间提示)和单感官反馈组(视觉空间提示)进行强化训练。受试者通过VR设备中显示的箭头粗细来明确声源定位的误差大小,并进行自我纠正,训练结束后发现被试的声音定位有显著改善。虚拟现实技术的使用优化了人力资源,在康复治疗师不足的当下,为听障患者的康复增加了有效的训练内容。

2.1.3 助听器评估 沉浸式助听器是一种新的助听器概念,原理是通过使用生物传感器的数据估计用户的注意力焦点,并增强该信号。由于沉浸式助听器关闭了助听器佩戴者和声学环境之间的循环,导致其无法在静态实验室环境中进行测试。因此,借助虚拟现实技术建立交互式虚拟现实环境,让眼睛、头部运动和大脑活动在实验室环境下即可满足评估要求^[17]。交互式虚拟现实环境节约了研究人员为搭建现实测试环境所需要的人力和物

力。Hendrikse等^[18]在视听虚拟环境中测量了22名健听青年人和19名健听老年人的运动行为和脑电图信号,以这些数据为标准进行视觉引导助听器等新型助听器的性能评估。美国高立德大学是一所主要面向聋哑和听障学生的学校,该校也一直在探索如何利用虚拟现实技术进行助听器评估,实现高效验配助听器^[19]。

2.1.4 手语识别 听障患者常使用手语,但许多医生并未学习过手语,因此在交流时会存在障碍,导致在询问病史和传授相关听力学测试指导语等方面存在困难,使听力测试时间延长。Wen等^[20]提出了一个由感知手套、深度学习模块和虚拟现实接口组成的人工智能手语识别和通信系统。在虚拟现实平台上,听力和言语障碍者可使用手语与普通人互动,普通人则通过打字直接参与交流。该平台减少了听力和言语障碍者与普通人之间的交流障碍。Zhu等^[21]依托不同的深度学习技术和识别策略,提出为手势识别和虚拟现实应用而开发的双手软光纤手套系统,具有广泛的手语范围和高识别准确率,可识别美国手语的静态和动态手势,并通过手势序列推断句义。然而,目前这些设备受技术和价格等因素制约,并未广泛应用于医生的日常接诊。

2.2 在言语康复中的应用

对于患者来说,言语康复是一项长期的康复治疗。目前,我国需要进行言语康复的患者数量众多,但临床康复人员缺乏,导致患者的康复需求难以得到满足,大部分患者难以坚持接受长期的言语康复训练,因此,远程言语康复训练将可能成为患者的首要选择^[22]。

对于言语康复治疗师来说,虚拟现实技术的发展为医生对患者的远程评估、监测及治疗提供了技术支持^[23]。利用虚拟现实技术能够缓解人力资源紧张的问题,实现多个对象同时训练及个性化多场景干预,为患者提供长期且有效的康复。在治疗过程中,成本、交通、训练有素的人员和设备是康复治疗的限制因素,虚拟现实技术有助于克服限制因素。

2.2.1 分级评估 言语语言病理学领域采用虚拟现实技术的研究处于起步阶段,评估沟通技能发展的研究较少^[24]。Brundage等^[25]用虚拟现实环境检查口吃患者的生理反应和痛苦的主观评级,发现可在虚拟现实环境中操纵口吃患者的痛苦主观评级,未来可借助合适的虚拟现实环境对口吃患者进行个性化治疗。言语功能评估时,应注意虚拟环境的多样性与真实性,全面评估受试者在虚拟环境中的言语、语言功能^[26]。

2.2.2 虚拟现实疗法 在治疗方面,Tamplin等^[27]对呼吸肌功能丧失的脊髓损伤患者进行虚拟现实音乐治疗,不仅改善了其呼吸功能和说话响度,还改善了其情绪和

社会联系。Sulter等^[28]虚拟现实暴露疗法是一种可以减少儿童和成人公开演讲焦虑的工具。Lindner等^[29]让50名参与者进行虚拟现实暴露疗法,结果提示被试的公开演讲焦虑症程度显著降低,并能够在6个月和12个月的随访中维持或改善。

在使用镜像神经元康复虚拟现实技术疗法对失语症患者进行言语康复的应用中,员玲玲等^[30]以60例脑卒中后运动性失语症患者为研究对象,治疗组增加镜像神经元康复虚拟现实技术疗法干预后,汉语标准失语症检查表中9个亚项的正答率均显著高于对照组。汉语标准失语症检查表评级结果显示,治疗组干预后总疗效较对照组好。许多研究结果^[31~33]也同样表明镜像神经元康复虚拟现实技术疗法能够改善失语症患者的言语及语言能力,提高康复训练的效率。需要注意的是,在虚拟现实疗法的使用过程中,治疗师应监控患者的训练表现,及时调整训练内容和训练难度。

2.2.3 基于虚拟现实技术的言语康复APP 由智能手机、虚拟现实技术和软件算法等组成的数字疗法是一种新兴的循证干预措施。言语康复中,数字疗法可促进高强度项目并支持患者出院。例如,Sentactics治疗方法使用虚拟临床医生帮助患者重复、阅读句子和大声描述屏幕上呈现的图片接受训练^[34]。这有利于节省人力资源,让有限的康复治疗师团队发挥更大的价值,帮助更多患者。

对于失语症患者,Bu等^[35]开发了一款基于虚拟现实的包括口语表达、听觉理解、认知和综合应用4个言语康复模块的言语康复APP。Grechuta等^[36]基于语音感知和发音的神经回路是紧密耦合的行动感知理论,发现视动线索促进了词汇提取和言语执行,有利于慢性布罗卡氏失语症患者的词汇再学习。对于运动性失语症患者语言功能的治疗,虚拟现实技术结合语言功能训练比单纯语言功能训练更能改善患者的语言能力^[37]。Fridriksson等^[38]研究证明了模仿视听语言刺激,实时产生流利语音的“言语夹带”效应可使患者产生流利的言语。这些研究为言语康复APP的应用提供了理论支撑,也证明了虚拟现实技术用于言语康复领域的可行性。

对于口吃患者,严磊^[39]将三维虚拟可视化口吃矫正软件系统与移动端平台相结合,形成了便捷的医疗教育口吃矫正系统APP。在产品应用效果测试中,采用常规矫正训练与口吃矫正辅助软件相结合的观察组比对照组整体矫正效率提升了25%,说明运用口吃矫正辅助软件在实际矫正应用中具有辅助提高作用。

2.3 家庭远程康复

Maresca等^[40]使用虚拟现实康复系统的平板电脑版

对30例缺血性或出血性卒中引起的失语症患者进行6个月治疗,结果表明被试除写作外,其他领域均有所改善,证明基于虚拟现实康复系统的失语症家庭远程康复计划的有效性和可行性。Torrise等^[41]将40例脑卒中患者随机分为采用家庭虚拟现实康复系统进行治疗的试验组和接受传统训练的对照组,6个月后音素流利度等测试结果表明试验组病人言语能力显著提高。家庭的机器人治疗和以虚拟现实为基础的治疗比面对面治疗成本更低,且与临床康复具有相同的效果^[42]。虚拟现实技术的远程康复已成为降低成本、改善可及性和保持患者独立性的一种方式。因此,在言语康复中应用虚拟现实技术能够缓解患者难以负担长期住院费用的问题,为患者长期的言语康复提供更多的便利与可能。

3 展望

如今,虚拟现实技术不断发展,将其运用于听力与言语康复领域能够节约人力资源,为患者提供高质量的治疗。但是,虚拟现实技术在听力与言语康复中的应用面临许多挑战,如设备价格昂贵、需要定期校准和维修、部分技术手段不成熟、无法确定最佳的虚拟现实治疗方法和治疗持续时间等。因此,未来可使用高质量随机对照试验进行探索及验证,以期实现虚拟现实技术在听力与言语康复中的应用和普及。

参考文献

- [1] 危昔均,韦亦茜,秦萍,等.虚拟现实技术在国内临床康复治疗中的应用情况调查[J].中国康复医学杂志,2021,36(7):832-837.
- [2] 翟天好,闫文洁,杜亚松.虚拟/增强现实技术在孤独谱系障碍诊疗中的研究进展[J].中国儿童保健杂志,2023,31(9):996-999.
- [3] 田继红,蒋岱.从虚拟现实(VR)发展看未来医学教育的变革[J].中国管理信息化,2017,20(6):209-210.
- [4] 居馨星,冯竞,葛玲,等.虚拟漫游在患者术前健康教育中应用的范围综述[J].中华护理杂志,2023,58(14):1766-1772.
- [5] 栾琳琳,丁敏,卢振玲,等.虚拟现实技术在ICU危重症患者中的应用进展[J].中华护理杂志,2021,56(8):1255-1260.
- [6] 白莎,赵顺杰,王恬,等.虚拟现实技术在家庭康复中的应用研究进展[J].护理研究,2023,37(11):1955-1960.
- [7] Vladimirova TY, Kurenkov AV, Aizenshtadt LV. Speech and spatial characteristics of hearing in older age groups using virtual reality technologies [J]. Vestnik otorinolaringologii, 2021, 86(1): 20-24.
- [8] Daikhes NA, Vladimirova TY, Sapozhnikov YM, et al. The effectiveness of auditory training using virtual reality technologies in persons with chronic sensorineural hearing loss [J]. Vestnik otorinolaringologii, 2021, 86(6): 17-21.
- [9] Kepp NE, Arrieta I, Schioth C, et al. Virtual Reality pitch ranking in children with cochlear implants, hearing aids or normal hearing [J]. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 2022, 161.
- [10] Lau ST, Pichora-Fullee MK, Li KZH, et al. Effects of Hearing Loss on

- Dual-Task Performance in an Audiovisual Virtual Reality Simulation of Listening While Walking [J]. *Journal of the American Academy of Audiology*, 2016, 27(7): 567-587.
- [11] Seol HY, Kang S, Lim J, et al. Feasibility of Virtual Reality Audiological Testing: Prospective Study [J]. *Jmir Serious Games*, 2021, 9(3): 226976.
- [12] Ramirez M, Arend JM, von Gablenz P, et al. Toward Sound Localization Testing in Virtual Reality to Aid in the Screening of Auditory Processing Disorders [J]. *Trends in Hearing*, 2024, 28: 1-17.
- [13] Coudert A, Gaveau V, Gatel J, et al. Spatial Hearing Difficulties in Reaching Space in Bilateral Cochlear Implant Children Improve With Head Movements [J]. *Ear and Hearing*, 2022, 43(1): 192-205.
- [14] Valzoghger C, Bouzaid S, Grenouillet S, et al. Training spatial hearing in unilateral cochlear implant users through reaching to sounds in virtual reality[J]. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2023, 280(8): 3661-3672.
- [15] Shim L, Lee J, Han J-H, et al. Feasibility of Virtual Reality-Based Auditory Localization Training With Binaurally Recorded Auditory Stimuli for Patients With Single-Sided Deafness[J]. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, Korean Society of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, 2023, 16(3): 217-224.
- [16] Coudert A, Verdet G, Reilly KT, et al. Intensive Training of Spatial Hearing Promotes Auditory Abilities of Bilateral Cochlear Implant Adults: A Pilot Study [J]. *Ear and Hearing*, 2023, 44(1): 61-76.
- [17] Hohmann V. The future of hearing aid technology[J]. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 2023, 56(4): 283-289.
- [18] Hendrikse MME, Llorach G, Hohmann V, et al. Movement and Gaze Behavior in Virtual Audiovisual Listening Environments Resembling Everyday Life [J]. *Trends in Hearing*, 2019, 23: 1-29.
- [19] 陈新亚,李艳.《2020地平线报告:教与学版》的解读及思考——疫情之下高等教育面临的挑战与变革[J]. *远程教育杂志*, 2020,38(2):3-16.
- [20] Wen F, Zhang Z, He T, et al. AI enabled sign language recognition and VR space bidirectional communication using triboelectric smart glove [J]. *Nature Communications*, Nature Publishing Group, 2021, 12(1): 1-13.
- [21] Zhu R, Fan D, Lin J, et al. Machine-Learning-Assisted Soft Fiber Optic Glove System for Sign Language Recognition [J]. *Ieee Robotics and Automation Letters*, 2024, 9(2): 1540-1547.
- [22] 王莹娜,何小俊.言语康复训练工具在脑卒中失语症中的应用研究进展[J]. *现代临床护理*, 2019,18(3):58-63.
- [23] 渠晨欢,武宝爱.虚拟现实技术在脑瘫儿童运动康复中的应用[J]. *体育科研*, 2018,39(6):92-96.
- [24] Bryant L, Brunner M, Hemsley B. A review of virtual reality technologies in the field of communication disability: implications for practice and research[J]. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2020, 15(4): 365-372.
- [25] Brundage SB, Brinton JM, Hancock AB. Utility of virtual reality environments to examine physiological reactivity and subjective distress in adults who stutter [J]. *Journal of Fluency Disorders*, 2016, 50: 85-95.
- [26] 徐建光,单春雷,敖丽娟,等.虚拟现实技术应用于言语功能康复的专家共识[J]. *中国康复医学杂志*, 2024,39(6):761-766.
- [27] Tamplin J, Loveridge B, Clarke K, et al. Development and feasibility testing of an online virtual reality platform for delivering therapeutic group singing interventions for people living with spinal cord injury[J]. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2020, 26(6): 365-375.
- [28] Sulter RE, Ketelaar PE, Lange W-G. SpeakApp-Kids! Virtual reality training to reduce fear of public speaking in children - A proof of concept[J]. *Computers & Education*, 2022, 178: 104384.
- [29] Lindner P, Miloff A, Fagernas S, et al. Therapist-led and self-led one-session virtual reality exposure therapy for public speaking anxiety with consumer hardware and software: A randomized controlled trial [J]. *Journal of anxiety disorders*, 2019, 61: 45-54.
- [30] 员玲玲,王欣,李越.镜像神经元康复治疗脑卒中后运动性失语症的疗效观察[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2020,28(5):527-530.
- [31] 张耀文,武惠香,李鑫,等.虚拟现实技术对运动性失语患者的治疗作用[J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2021,19(2):128-132.
- [32] 田丽,朱慧敏,刘莉,等.基于镜像神经元理论的动作观察疗法对脑卒中后非流畅性失语的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2017,32(10):1152-1154.
- [33] 由丽,王瑛,田丽,等.基于镜像神经元理论的动作观察疗法对脑卒中后言语失用的疗效观察[J]. *临床神经病学杂志*, 2018,31(6):429-432.
- [34] Choi MJ, Kim H, Nah H-W, et al. Digital Therapeutics: Emerging New Therapy for Neurologic Deficits after Stroke[J]. *Journal of Stroke*, 2019, 21(3): 242-258.
- [35] Bu X, Ng PH, Tong Y, et al. A Mobile-based Virtual Reality Speech Rehabilitation App for Patients With Aphasia After Stroke: Development and Pilot Usability Study[J]. *JMIR Serious Games*, JMIR Publications Inc, Toronto, Canada, 2022, 10(2): e30196.
- [36] Grechuta K, Bellaster BR, Munne RE, et al. The effects of silent visuomotor cueing on word retrieval in Broca's aphasia: A pilot study [J]. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, 2017, 2017: 193-199.
- [37] 张耀文,武惠香,李鑫,等.虚拟现实技术对运动性失语患者的治疗作用[J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2021,19(2):128-132.
- [38] Fridriksson J, Hubbard HI, Hudspeth SG, et al. Speech entrainment enables patients with Broca's aphasia to produce fluent speech[J]. *Brain*, 2012, 135(12): 3815-3829.
- [39] 严磊. 基于移动平台的3D虚拟口吃辅助矫正软件设计与实现[D]. 北京工业大学, 2017.
- [40] Maresca G, Maggio MG, Latella D, et al. Toward Improving Poststroke Aphasia: A Pilot Study on the Growing Use of Telerehabilitation for the Continuity of Care[J]. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 2019, 28(10): 104303.
- [41] Torrisi M, Maresca G, De Cola MC, et al. Using telerehabilitation to improve cognitive function in post-stroke survivors: is this the time for the continuity of care? [J]. *Int J Rehabil Res*, 2019, 42(4): 344-351.
- [42] Knepley KD, Mao JZ, Wiczorek P, et al. Impact of Telerehabilitation for Stroke-Related Deficits[J]. *Telemedicine and e-Health*, 2021, 27(3): 239-246.

收稿日期 2023-09-08

责任编辑 赵 倩