

虚拟现实技术在帕金森病康复治疗中的应用

李笑冰 白雅 刘学东

空军军医大学第一附属医院神经内科, 西安 710032

通信作者: 刘学东, Email: dongxg0752@163.com

【摘要】 帕金森病是中老年人常见的神经系统退行性疾病, 其症状对患者生活质量造成严重影响, 康复治疗作为缓解症状的有效手段, 应贯穿于帕金森病患者的全病程。随着科技进步与发展, 近年来虚拟现实技术(VR)在医学领域中的应用逐渐增多, 其在康复治疗方面的疗效也获得广泛认可。本文将对 VR 康复训练治疗帕金森病患者运动症状及非运动症状方面的疗效进行简要综述, 并探讨 VR 康复训练的优缺点, 以期对未来 VR 在帕金森病康复治疗中的全面应用提供参考资料。

【关键词】 帕金森病; 虚拟现实; 康复训练

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.07.016

帕金森病是一种进展缓慢的神经系统退行性疾病, 随着人群年龄增长, 其患病率逐渐升高, 老年人群患病率可达 1% ~ 2%^[1]。帕金森病主要病理表现为中脑黑质多巴胺能神经元变性死亡, 从而导致纹状体多巴胺含量明显减少, 并引发一系列临床症状, 目前对诱发该病理改变的原因尚不明确。根据帕金森病诊断标准, 可将其临床症状分为运动症状及非运动症状, 运动症状主要包括运动迟缓、静止性震颤、肌强直以及姿势平衡障碍等^[2], 非运动症状主要包括情感障碍、认知障碍以及自主神经功能紊乱等^[3]。目前临床针对帕金森病的治疗以药物控制症状为主, 而运动康复干预是除药物以外的有效治疗手段, 应贯穿于帕金森病患者的全病程。康复治疗作为辅助治疗手段可延长药物有效期, 减轻患者症状, 改善患者生活质量, 是治疗过程中不可或缺的重要方法。

虚拟现实技术(virtual reality, VR)是一种利用计算机模拟真实环境的仿真技术, VR 通过模拟生成以视觉、听觉、触觉为主的人工环境并与使用者发生交互作用, 从而达到治疗目的^[4]。VR 最初用于飞行员的仿真模拟飞行训练, 随着科技进步与发展, 目前已广泛应用于游戏、影视、军事、教育、设计以及医学等领域。在神经生物领域, VR 对于研究神经元连通性、发育动力学、神经损伤后导致的运动及非运动障碍都具有重要价值; 同时 VR 还可作为一种治疗手段改善神经损伤后运动及非运动功能障碍, 这为 VR 治疗帕金森病患者提供了理论基础^[5]。近年来有多项研究显示, VR 训练能显著提高帕金森病患者运动功能及平衡协调能力, 改善认知功能并促进心理健康, 从而提高患者生活质量^[6-10]。本文将对 VR 技术在帕金森病康复治疗中的应用现状作一简要综述, 供读者参考。

VR 训练对运动症状的影响

一、VR 训练对平衡功能的影响

VR 训练对帕金森病患者平衡功能的改善作用较显著。据统计, 约 75% 的帕金森病患者有姿势控制障碍而导致姿势不稳, 增加跌倒风险^[11]。Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)是目前评价帕金森病患者平衡能力信度及效度均较好的量表^[6]。一项多中心单盲随机对照试验显示, 基于任天堂 Wii 运

动游戏的远程 VR 康复治疗及传统感觉统合平衡训练(sensory integration balance training, SIBT)对帕金森病患者姿势不稳均有显著改善作用, 训练后 VR 康复治疗组和 SIBT 组患者 BBS 评分分别提高了 3.74 分($P < 0.001$)和 4.21 分($P < 0.001$), 且在试验结束后为期 1 个月的随访中, VR 康复治疗组和 SIBT 组 BBS 评分较训练前分别提高了 3.21 分和 4.05 分, 组间差异无统计学意义($P > 0.05$)^[12]。上述结果表明远程 VR 康复训练对帕金森病患者平衡功能具有显著改善作用, 可作为 SIBT 的有效替代训练, 为改善帕金森病患者姿势平衡障碍提供帮助。王筱筱等^[13]对 9 篇文献(共 231 例患者)进行 Meta 分析发现, VR 训练可有效提高帕金森病患者 BBS 评分, 且给予 VR 训练的观察组 BBS 评分亦显著优于给予传统平衡训练的对照组患者。上述结果提示 VR 训练在改善平衡障碍方面可能较传统、常规平衡训练更显著。

二、VR 训练对步态调节的影响

冻结步态是帕金森病患者常见的致残症状之一, 主要表现为患者虽有行走意图, 但脚的前进速度短暂、间歇性停滞或明显下降, 使患者有一种“脚被粘在地上抬不起来”的感觉, 容易造成跌倒, 严重影响患者生活质量^[14]。冻结步态一般在患者转身或起步时出现, 当患者被障碍物阻挡、处于紧张状态或注意力分散时也会发生^[15]。有研究显示, 接受 VR 训练的帕金森病患者其 BBS 评分、“起立-行走”计时测试(timed up and go test, TUGT)、功能性步态评分(functional gait assessment, FGA)均明显改善, 且上述指标改善幅度亦显著优于常规物理治疗组^[9]。关于冻结步态的病因研究显示, 帕金森病患者步态不对称与冻结步态的发生关系密切^[16]。2019 年 Janeh 等^[7]采用 VR 技术均衡帕金森病患者步长以提高其步态对称性, 预防冻结步态发生, 其具体操作是在 VR 环境中指导患者移动“虚拟脚”位置以增加短侧肢体步长, 使双脚步长基本一致, 为预防冻结步态、提高步态对称性提供了基于 VR 的治疗手段, 患者可通过 VR 环境“欺骗”自己的双眼, 从而在不知不觉中达到改善步态目的。

三、VR 训练与传统物理康复训练比较

有研究显示, VR 训练对帕金森病患者运动症状的改善作用并不一定比传统物理康复训练更好。功能性伸展测试(func-

tional reach test, FRT) 是指通过评估手臂长度与最大前伸距离之间的差异来测量受试者感知的稳定性极限。Heuvel 等^[17]发现,基于视觉反馈的平衡训练在提高 FRT 站立平衡成绩方面并不优于传统平衡训练;同时也有研究显示,帕金森病患者使用全自动康复机器人配合 VR 训练能提高临床疗效,但并不优于传统的地上自选速度步态训练^[8]。一项纳入 555 例帕金森病患者的 Meta 分析显示,VR 康复训练在改善步态、平衡及肢体活动度方面均优于传统物理康复干预,且对患者生活质量的改善作用也更显著^[18]。可见 VR 训练治疗帕金森病患者的疗效是否优于传统物理康复训练仍有争议,同时也提示 VR 训练对帕金森病患者的影响可能不仅仅局限于改善运动症状方面,对其非运动症状也有一定治疗作用。在另一方面,一些小样本量、且结果显示 VR 训练效果不及传统物理康复训练的研究存在未发表的可能性,从而导致发表偏倚。综上,VR 训练对帕金森病患者的康复疗效是否优于传统物理康复训练,还有待更进一步的大样本研究证实。

VR 训练对非运动症状的影响

当前,临床医师大多关注帕金森病患者运动症状方面,在制订治疗策略时患者非运动症状经常被忽略,导致康复疗效不理想。由于非运动症状对患者生活质量也具有显著影响,故针对非运动症状的康复治疗对改善帕金森病患者功能及生活质量具有重要意义^[19]。

一、VR 训练对认知功能的影响

VR 可模拟丰富环境并开发出多种多样的任务,完成这些任务大多需进行策略思考,从而影响受试者的认知及情绪调节功能。2012 年 Pompeu 等^[20]将 32 例帕金森病患者随机分为实验组及对照组,分别开展基于任天堂 Wii 的 VR 训练和没有反馈刺激的平衡训练,训练后 2 组患者蒙特利尔认知评分均显著改善($P<0.05$),且在 2 个月后的随访中 2 组患者改善效果依然显著($P<0.05$),表明 VR 训练对帕金森病患者认知障碍具有确切治疗作用。2018 年 Maggio 等^[10]将 20 例帕金森病患者随机分为 2 组,实验组给予半沉浸式 VR 训练,对照组给予传统认知训练,每次训练 60 min,每周训练 3 次,持续训练 8 周,结果显示治疗后实验组执行及视觉空间能力改善情况均显著优于对照组,表明 VR 训练可能是改善帕金森病患者认知及行为能力的一种有效手段;VR 训练任务的复杂性与 VR 环境的多样性对患者视听觉及多个脑区的联合刺激作用,是传统物理康复治疗无法比拟的。

二、VR 训练对抑郁、焦虑症状的影响

Lee 等^[21]将 20 例帕金森病患者随机分为 2 组,2 组患者均接受每周 5 次、每次 30 min、持续 6 周的神经发育训练和每次 15 min 的功能性电刺激,实验组还辅以 30 min 的 VR 舞蹈锻炼,结果显示治疗后实验组抑郁状态明显改善,对照组抑郁状态无明显改变。目前关于 VR 训练对帕金森病患者抑郁及焦虑影响的研究较少,现有文献大多报道 VR 训练对抑郁及焦虑症状具有改善作用^[22],表明 VR 训练能应用于治疗帕金森病患者抑郁症状。

三、VR 训练对睡眠的影响

VR 训练在改善睡眠方面的应用目前主要集中于对睡眠环境的模拟及通过运动提高睡眠质量两个途径。在睡眠环境模

拟方面,主要是通过 VR 模拟放松的环境以减少夜间觉醒次数并降低夜间心率^[23]。在运动方面,定期进行 VR 训练可显著减轻帕金森病患者压力、改善睡眠质量^[24],但相关研究并未排除单纯运动因素的影响作用,同时样本量也较小,并不足以明确 VR 训练与睡眠改善间的相关性,还有待进一步研究证实。

VR 训练对生活质量的影

帕金森病致残率较高,容易造成跌倒导致骨折或因运动并发症而长期卧床、生活无法自理,对帕金森病患者生活质量造成严重影响。一项包含了 1031 例帕金森病患者的荟萃分析与系统评价研究显示,VR 训练除了能显著提高患者运动功能、平衡协调能力、认知功能及心理健康水平外,对其生活质量及日常生活活动能力也具有明显改善作用($P<0.05$)^[25]。帕金森病患者生活质量既受运动功能的影响,也受非运动症状的影响,而生活质量的高低可反映患者病情整体严重程度,同时生活质量改善也从侧面印证了 VR 训练对帕金森病患者运动症状及非运动症状具有改善作用。

VR 训练的优势与劣势

一、VR 训练的优势

从运动学学习角度分析,VR 训练具有高强度、任务属性、多感官反馈特点,可同时刺激患者的视觉、听觉及触觉系统,通过让患者体验沉浸式或非沉浸式虚拟环境,增加患者对训练过程的兴趣,从而有效提高患者的训练依从性^[26];具有任务属性的 VR 训练甚至能激起患者的求胜心,加强患者间经验交流,并且让患者在完成任务后有一种获得感,并主动继续下一项任务训练。VR 训练的高依从性特点有助于患者进行规律、持久的康复干预,从而延缓病情发展。

Gandolfi 等^[12]指导实验组患者在家中使用 VR 设备进行康复训练,并通过视频软件远程实时与治疗师进行沟通,结果显示 VR 康复组总治疗费用较传统物理康复组节省了 219 欧元,同时还节省了患者前往门诊就诊的时间。在有新冠疫情流行等情况下,选择远程 VR 康复可减少患者暴露,避免不必要的风险。康复治疗师远程指导帕金森病患者康复应该是未来流行的趋势,随着 5G 网络普及,更多的患者将能实现足不出户开展 VR 康复训练,并实时远程接收康复治疗师的监督及指导^[27],既为患者节省了时间,也提高了医务人员的工作效率。

VR 可模拟现实环境中相对危险的场景,但同时又给患者提供安全的空间,如用 VR 模拟出深坑上的木板并让患者通过木板,有助于研究焦虑状态下帕金森病患者冻结步态发生率^[28]。Mirelman 等^[29]通过比较 VR 结合跑步机训练与单独跑步机训练的效果差异,并观察对老年人跌倒风险的影响,结果显示与给予单纯跑步机训练的对照组比较,采用 VR 结合跑步机训练的观察组患者其跌倒发生率降低了 42%,而对照组治疗后其跌倒发生率无显著改善,2 组患者均未因训练导致的严重不良事件发生。上述结果表明,在安全环境中进行虚拟危险环境训练,有助于减少患者骨折等不良事件发生率,也可提高患者在危险环境中的心理承受能力。

二、VR 训练的劣势

尽管 VR 应用前景广泛,但目前尚无研究表明何种形式的

VR 训练对帕金森病患者的治疗效果最佳,而且每位患者的临床症状各不相同,建议采用个性化康复训练方案^[30]。有研究表明,帕金森病患者经任天堂 VR 游戏训练后其能力改善情况大部分取决于游戏中完成任务所需的技能,尤其是在认知功能方面^[31],这也说明 VR 训练任务的选择对康复疗效具有重要影响,即制订个性化康复训练方案的重要性。

当前大多数 VR 程序内容不够丰富,且与医学领域的结合度不够紧密^[32]。目前应用最广泛的 VR 康复训练设备(包括软件)是任天堂 wii,其次是 Xbox Kinect,其余还包括定制的 VR 训练系统及其他商用 VR 系统^[25]。现有的 VR 软件不具有针对性,并不能完美应用于帕金森病患者的康复治疗训练中,相关软件开发产业也刚刚起步,后续还有待进一步发展完善。

参 考 文 献

- [1] 刘疏影,陈彪.帕金森病流行现状[J].中国现代神经疾病杂志,2016,16(2):98-101.DOI:10.3969/j.issn.1672-6731.2016.02.007.
- [2] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组,中国医师协会神经内科医师分会帕金森病及运动障碍专业委员会.中国帕金森病的诊断标准(2016版)[J].中华神经科杂志,2016,49(4):268-271.DOI:10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2016.04.002.
- [3] Gan J, Zhou M, Chen W, et al. Non-motor symptoms in Chinese Parkinson's disease patients [J]. J Clin Neurosci, 2014, 21(5): 751-754. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2016.02.007.
- [4] Keshner EA, Kenyon RV. Using immersive technology for postural research and rehabilitation [J]. Assist Technol, 2004, 16(1): 54-62. DOI: 10.1080/10400435.2004.10132074.
- [5] Bohil CJ, Alicea B, Biocca FA. Virtual reality in neuroscience research and therapy [J]. Nat Rev Neurosci, 2011, 12(12): 752-762. DOI: 10.1038/nrn3122.
- [6] Berardi A, Galeoto G, Valente D, et al. Validity and reliability of the 12-item Berg balance scale in an Italian population with Parkinson's disease: a cross sectional study [J]. Arq Neuropsiquiatr, 2020, 78(7): 419-423. DOI: 10.1590/0004-282x20200030.
- [7] Janeh O, Frundt O, Schonwald B, et al. Gait training in virtual reality: short-term effects of different virtual manipulation techniques in Parkinson's disease [J]. Cells, 2019, 8(5): 419-433. DOI: 10.3390/cells8050419.
- [8] Fundaro C, Maestri R, Ferriero G, et al. Self-selected speed gait training in Parkinson's disease: robot-assisted gait training with virtual reality versus gait training on the ground [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2019, 55(4): 456-462. DOI: 10.23736/S1973-9087.18.05368-6.
- [9] Feng H, Li C, Liu J, et al. Virtual reality rehabilitation versus conventional physical therapy for improving balance and gait in Parkinson's disease patients: a randomized controlled trial [J]. Med Sci Monit, 2019, 25(5): 4186-4192. DOI: 10.12659/MSM.916455.
- [10] Maggio MG, De Cola MC, Latella D, et al. What about the role of virtual reality in Parkinson disease's cognitive rehabilitation? preliminary findings from a randomized clinical trial [J]. J Geriatr Psychiatry Neurol, 2018, 31(6): 312-318. DOI: 10.1177/0891988718807973.
- [11] Backer JH. The symptom experience of patients with Parkinson's disease [J]. J Neurosci Nurs, 2006, 38(1): 51-57. DOI: 10.1097/01376517-200602000-00010.
- [12] Gandolfi M, Geroin C, Dimitrova E, et al. Virtual reality telerehabilitation for postural instability in Parkinson's disease: a multicenter, single-blind, randomized, controlled trial [J]. Biomed Res Int, 2017, 2017: 7962826. DOI: 10.1155/2017/7962826.
- [13] 王筱筱,段宏为,林航,等.虚拟现实技术对帕金森病患者平衡和日常生活能力影响的 Meta 分析 [J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(12): 1443-1449. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2017.12.015.
- [14] Walton CC, Shine JM, Hall JM, et al. The major impact of freezing of gait on quality of life in Parkinson's disease [J]. J Neurol, 2015, 262(1): 108-115. DOI: 10.1007/s00415-014-7524-3.
- [15] Giladi N, Nieuwboer A. Understanding and treating freezing of gait in Parkinsonism, proposed working definition, and setting the stage [J]. Mov Disord, 2008, 23(2): S423-425. DOI: 10.1002/mds.21927.
- [16] Frazzitta G, Pezzoli G, Bertotti G, et al. Asymmetry and freezing of gait in parkinsonian patients [J]. J Neurol, 2013, 260(1): 71-76. DOI: 10.1007/s00415-012-6585-4.
- [17] van den Heuvel MR, Kwakkel G, Beek PJ, et al. Effects of augmented visual feedback during balance training in Parkinson's disease: a pilot randomized clinical trial [J]. Parkinsonism Relat Disord, 2014, 20(12): 1352-1358. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2014.09.022.
- [18] Lei C, Sunzi K, Dai F, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review [J]. PLoS One, 2019, 14(11): e0224819. DOI: 10.371/journal.pone.0224819.
- [19] Kurihara K, Nakagawa R, Ishido M, et al. Impact of motor and nonmotor symptoms in Parkinson disease for the quality of life: the Japanese Quality-of-Life Survey of Parkinson Disease (JAQPAD) study [J]. J Neurol Sci, 2020, 419(15): 117172. DOI: 10.1016/j.jns.2020.117172.
- [20] Pompeu JE, Mendes FA, Silva KG, et al. Effect of Nintendo Wii-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: a randomised clinical trial [J]. Physiotherapy, 2012, 98(3): 196-204. DOI: 10.1016/j.physio.2012.06.004.
- [21] Lee NY, Lee DK, Song HS. Effect of virtual reality dance exercise on the balance, activities of daily living, and depressive disorder status of Parkinson's disease patients [J]. J Phys Ther Sci, 2015, 27(1): 145-147. DOI: 10.1589/jpts.27.145.
- [22] Zeng N, Pope Z, Lee J, et al. Virtual reality exercise for anxiety and depression: a preliminary review of current research in an emerging field [J]. J Clin Med, 2018, 7(3): 42-54. DOI: 10.3390/jcm7030042.
- [23] de Zambotti M, Sizontsev M, Claudatos S, et al. Reducing bedtime physiological arousal levels using immersive audio-visual respiratory biofeedback: a pilot study in women with insomnia symptoms [J]. J Behav Med, 2019, 42(5): 973-983. DOI: 10.1007/s10865-019-00020-9.
- [24] Chang LC, Wang CY, Yu P. Virtual reality improves sleep quality amongst older adults with disabilities [J]. Int J Geriatr Psychiatry, 2014, 29(12): 1312-1313. DOI: 10.1002/gps.4172.
- [25] Triegaardt J, Han TS, Sada C, et al. The role of virtual reality on outcomes in rehabilitation of Parkinson's disease: meta-analysis and systematic review in 1031 participants [J]. Neurol Sci, 2020, 41(3): 529-536. DOI: 10.1007/s10072-019-04144-3.
- [26] Cikajlo I, Peterlin PK. Advantages of using 3D virtual reality based training in persons with Parkinson's disease: a parallel study [J]. J Neuroeng Rehabil, 2019, 16(1): 119. DOI: 10.1186/s12984-019-0601-1.
- [27] 赵刚,王能才,韦哲,等.基于 5G 的移动通讯技术在远程医疗中的应用 [J]. 中国医学装备, 2020, 202(10): 8-11. DOI: 10.3969/J. ISSN.1672-8270.2020.10.003.

- [28] Ehgoetz Martens KA, Ellard CG, Almeida QJ. Does anxiety cause freezing of gait in Parkinson's disease? [J]. PLoS One, 2014, 9(9): e106561. DOI: 10.1371/journal.pone.0106561.
- [29] Mirelman A, Rochester L, Reelick M, et al. V-TIME: a treadmill training program augmented by virtual reality to decrease fall risk in older adults; study design of a randomized controlled trial [J]. BMC Neurol, 2013, 13: 15. DOI: 10.1186/1471-2377-13-15.
- [30] Nonnekes J, Nieuwboer A. Towards personalized rehabilitation for gait impairments in Parkinson's disease [J]. J Parkinsons Dis, 2018, 8(1): 101-106. DOI: 10.3233/JPD-181464.
- [31] dos Santos Mendes FA, Pompeu JE, Modenesi LA, et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease-effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study [J]. Physiotherapy, 2012, 98(3): 217-223. DOI: 10.1016/j.physio.2012.06.001.
- [32] 石晓卫, 苑慧, 吕茗萱, 等. 虚拟现实技术在医学领域的研究现状与进展 [J]. 激光与光电子学进展, 2020, 57(1): 66-75. DOI: 10.3788/lop57.010006.

(修回日期: 2021-07-15)

(本文编辑: 易浩)

· 外刊撷英 ·

The occurrence of delayed neuropsychologic sequelae in acute carbon monoxide poisoning patients after treatment with hyperbaric or normobaric oxygen therapy

【Yang CC, Chuang YF, Chen PE, et al. Medicine (Baltimore), 2021, 100(2): e24183.】

Objective This study aimed at assessing which one of the 2 therapies is better for treating carbon monoxide (CO) poisoning from the perspective of reducing delayed neuropsychologic sequelae (DNS).

Methods We used Taiwan's National Health Insurance Research Database (NHIRD) to conduct a nationwide population-based cohort study to assess which therapy is better for CO poisoning patients. To accurately identify patients with DNS, the definition of DNS is included neurological sequelae, and cognitive and psychological sequelae. The independent variable was therapy and the dependent variable was DNS occurred within 1 year after discharge from a medical institution. The control variables were age, gender, the severity of CO poisoning, and comorbidities present before CO poisoning admission.

Results The risk of developing DNS in patients treated with Hyperbaric Oxygen (HBO) was 1.87-fold ($P < .001$) than normobaric oxygen (NBO) therapy. The severity of CO poisoning and comorbidities were also found to have significant influences on the risk of developing DNS.

Conclusions HBO may be a risk therapy for treating CO poisoning.