

·论著·

虚拟现实技术在帕金森病应用的研究现状及趋势——基于CiteSpace文献计量学分析

蒋涛涛¹, 郑婷¹, 黄子龙², 翟少朋¹, 崔慧慧¹, 王满侠¹

作者单位
1. 兰州大学第二医院(第二临床医学院)神经内科
兰州 730000
2. 兰州大学第二临床医学院
兰州 730000
基金项目
甘肃省重点人才项目(神经感染与免疫性疾病精准诊疗网络平台建设, No. 甘组通字 2022-77 号-6);
甘肃省中医药科研课题(山茱萸在实验性自身免疫性脑脊髓炎中的作用及机制研究, No. GZKZ-2021-9);
兰州大学萃英学子项目(IL-33/ST2 信号通路在缺血性卒中继发性损伤作用机制的探究, No. CYXZ2023-41)
收稿日期
2022-11-21
通讯作者
王满侠
wmx322@aliyun.com

摘要 **目的:**探讨虚拟现实技术在帕金森病应用研究现状及趋势。**方法:**检索2002~2022年Web of Science数据库中的相关文献,采用CiteSpace6.1.R2软件进行文献计量学分析,分别生成作者、机构、国家、关键词共现图谱和文献共被引网络,并对相关文献进行总结。**结果:**共检索到348篇原始研究和综述,包括7 176篇参考文献;在近二十年,Mirelman A、悉尼大学分别是发文量最大的作者和机构,且作者和机构间有积极的合作;美国和意大利是相关文献的主要贡献者,具有良好的中心性;关键词共现频率前5位为gait、people、rehabilitation、balance、motor,且关键词rehabilitation具有良好的中心性;研究的前沿为虚拟现实技术对帕金森病患者运动障碍的康复效果,未来研究趋势为虚拟现实技术对非运动障碍的康复疗效和相关治疗方案的明确。**结论:**虚拟现实技术在帕金森病患者运动障碍的康复效果是目前研究的热点,对非运动障碍的康复效果可能是未来研究的趋势。

关键词 帕金森病;虚拟现实;CiteSpace;研究现状

中图分类号 R741;R742.5 **文献标识码** A **DOI** 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20221023

本文引用格式:蒋涛涛, 郑婷, 黄子龙, 翟少朋, 崔慧慧, 王满侠. 虚拟现实技术在帕金森病应用的研究现状及趋势——基于CiteSpace文献计量学分析[J]. 神经损伤与功能重建, 2024, 19(1): 28-32.

Research Status and Trend Analysis of Virtual Reality Technology in Parkinson's Disease: A Study Based on CiteSpace JIANG Taotao¹, ZHENG Ting¹, HUANG Zilong², ZHAI Shaopeng¹, CUI Huihui¹, WANG Manxia¹. 1. Department of Neurology, The Second Hospital & Clinical Medical School, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. The Second Clinical Medical School, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Abstract Objective: To analyze current status and trend of the application of virtual reality technology in parkinson's disease. **Methods:** Relevant articles in the Web of Science database from 2002 to 2022 were retrieved, and bibliometric analysis was performed using CiteSpace6.1.R2 software. The author, institution, country, keyword co-occurrence and literature co-citation networks were generated, and the relevant articles were summarized. **Results:** A total of 348 original studies and reviews were retrieved, including 7 176 references. In the past two decades, Mirelman A and the University of Sydney were the authors and institutions with the largest number of articles respectively, and there was active cooperation between the authors and institutions. The United States and Italy were the main contributors to the relevant literature, with good centrality. The top five co-occurrence frequencies of keywords are gait, people, rehabilitation, balance and motor, and the keyword rehabilitation has good centrality. The effect of virtual reality technology on the rehabilitation of dyskinesia in patients with Parkinson's disease is currently a hot research topic, and the identification of the rehabilitation efficacy and treatment options for non-dyskinesia is the trend of future research. **Conclusion:** The rehabilitation effect of virtual reality technology in PD patients with movement disorders is the focus of current research, and the rehabilitation effect on non-movement disorders may be the trend of future research.

Keywords Parkinson's disease; virtual reality; CiteSpace; research status

帕金森病(Parkinson's disease, PD)是继阿尔兹海默病后第二常见的中老年神经退行性疾病,临床上以静止性震颤、运动迟缓及姿势平衡障碍为主要特征^[1]。据估计,我国PD患者已达到260万例,约占全球患者的一半,预计到2030年将有500万例PD患者^[2]。药物治疗是PD的首选治疗,但仅在病程的前几年有效,且许多症状对药物无反应。运动治疗作为继药物、手术治疗外的重

要补充治疗方式,对患者的步态、平衡等运动功能有积极的影响^[3]。然而,新冠疫情流行迫使PD患者社会和公共生活减少,且保健服务也大幅降低,对康复造成重要的影响。虚拟现实技术(virtual reality, VR)是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统。在PD的康复治疗中,VR通过利用计算机生成一种可以使用户沉浸的虚拟环境以“游戏化”形式,把激励策略融入训练,加

强患者对高重复性和高强度功能训练的坚持^[4],对康复地点环境及康复师的要求较传统康复治疗更低,逐渐成为一种新兴的有前景的康复策略。

CiteSpace 软件是一款非常实用的文献计量学软件,主要应用于描述研究热点、探索现有的科学领域和学术网络、识别研究趋势。然而,目前还没有研究收集关于VR在PD应用研究领域所产生的系统数据,因此本研究通过应用 CiteSpace 软件对相关文献进行计量学分析和总结,了解 VR 在 PD 中应用的研究现状及其趋势,进而为研究者探索有效治疗策略提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 数据收集

文献计量分析的数据来自 Web of Science 核心合集,以“帕金森病”和“虚拟现实”为主题词,检索2002年1月1日至2022年6月1日之间发表的相关研究,共发现461篇研究,包括348篇原始研究和综述,共涉及7176篇参考文献。纳入标准:经同行评议发表的关于PD治疗方面的原创文章,包括基础和临床研究,PD治疗的相关综述。排除标准:手工和电话收集的物品;未正式发表的文章;会议摘要和会议记录、勘误文件;重复出版物。

1.2 方法

使用 Cite Space 6.1R2 可视化分析,软件参数设置:时间分区为2002年1月1日至2022年6月1日,时间切片为“1”;TopN%值设为50,其余参数为软件默认设置,分别生成作者、机构、国家、关键词共现、文献共被引网络,以及突现分析的可视化图谱。

2 结果

2.1 文献发表趋势、发表期刊分析

近二十年VR在PD研究领域的近五年发文量相较于以前显著增加,见图1。VR应用于PD领域的相关文献已在数百种期刊上发表,Frontiers in Neurology 发文量在近二十年内最高,达到14篇;紧随其后的杂志为 Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 发文量12篇;其次为 Parkinsonism & related disorders(发文量9篇),Frontiers in Human Neuroscience 和 Sensors(发文量均为8篇),Gait and Posture、Movement Disorders、Neurological Sciences、NeuroRehabilitation、PLoS ONE(发文量均为6篇)。

2.2 国家、研究者合作关系图谱分析

美国和意大利在探索VR在PD应用领域的发文



图1 2002~2022年VR在PD应用相关文献年发文量最大,都具有良好的中心性,见图2A。

研究者都倾向与一些作者进行长期且稳定的交流与合作,在图谱中产生聚集,且每一个聚集都包含几个核心研究者,这些研究者在探索VR在PD中的应用具有重大贡献,见图2B。近二十年发文量最多作者是Mirelman,达到8篇。Mirelman等^[5]在2011年首次利用具有虚拟障碍的跑步机,发现相比于传统物理训练,PD患者日常行走的步态速度、跨越地面障碍的能力显著提高;2016年在五个国家临床实验中心针对PD患者行动的安全性进行研究,发现基于VR跑步机训练组跌倒率显著低于仅使用跑步机训练组^[6];2022年探讨了训练时间对于康复的影响,发现与6周干预组相比,12周干预组摔倒率显著降低。并且也发现在12周训练结束之后随访的1个月,患者认知功能显著改善,但是未能在6个月随访观察到^[7]。截至目前Mirelman已发表论文158篇,被引达3129次,平均每篇文章被引用次数为19.73次,H指数33。

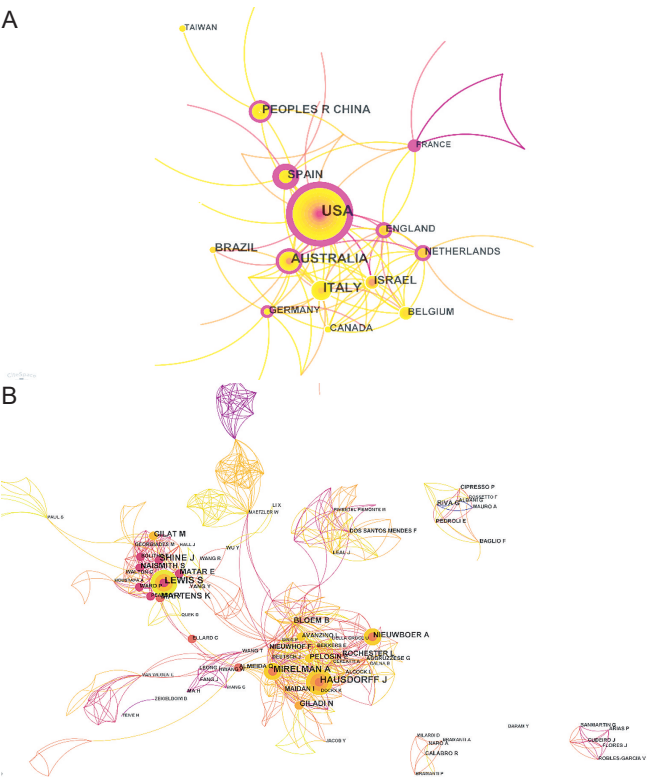
2.3 关键词共现分析

关键词共现反映了VR在PD应用的研究热点。最大关键词共现频率是gait,出现次数达40次,紧随其后的是people、rehabilitation、balance、motor,并且关键词rehabilitation具有良好的中心性,见图3,这表明目前VR在PD中的应用主要集中于患者运动障碍的康复治疗。

2.4 文献共被引分析

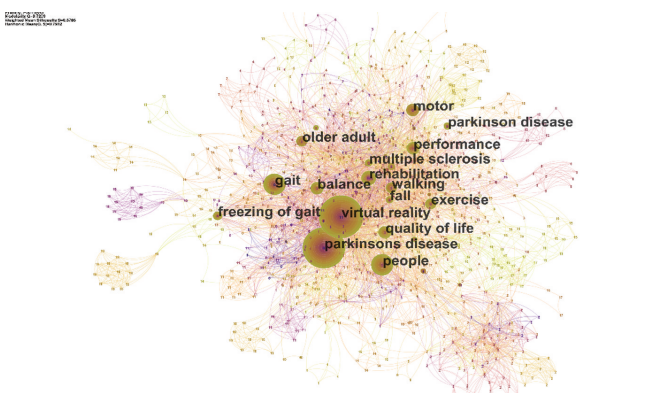
文献共被引分析可以探究一个研究领域的研究主题与发展脉络。VR在PD中应用的文献共被引网络包含395个节点、15127条线,见图4。被引次数最多的是Mirelman(2016,被引29次),其次是Dockx(2016,被引26次),Barry G(2014,被引24次),Gandolfi(2017,被引24次),见图4。

Mirelman等^[6]利用VR对患者进行认知方面的干预,在训练之后,患者的跌倒事故率明显低于跑步机训练组。Dockx等^[8]通过Meta分析,发现与物理治疗



注:图中节点的大小代表发表论文的数量,节点之间的距离越短,两者合作关系越密切,节点中具有相同的数字为同一聚类群,并且蓝色节点代表较早发表的研究,黄色节点代表最近发表的研究。紫色圆圈标记的节点具有良好的中心性,重要程度较高。

图2 VR在PD应用相关文献国家(A)和作者(B)合作关系图谱



注:节点代表关键词,每个节点的大小对应着关键词的共现频率。

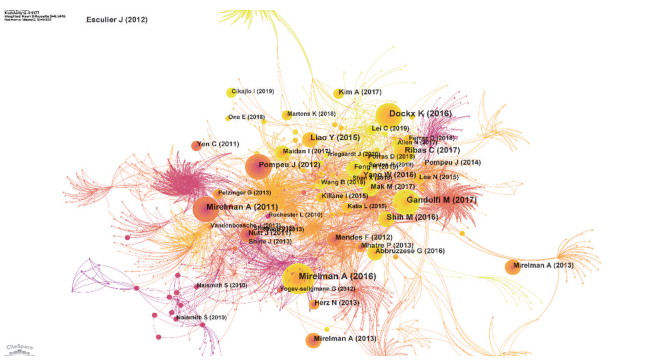
图3 VR在PD应用相关文献关键词共现分析

相比,VR训练会显著改善患者步幅、日常生活能力和生活质量,并且纳入的研究都没有报道任何副作用。Gandolfi等^[9]通过与临床感觉平衡训练(sensory integration balance training, SIBT)进行比较,探究基于VR的任天堂Wii对患者平衡的影响,发现VR训练可显著改善患者的平衡能力,可替代门诊SIBT。

2.5 研究前沿和趋势

CiteSpace软件中突现检测功能和关键词共现图

谱可用于探测在某一时段某一个主题词、关键词衰落或兴起的情况,从而获取相关领域的研究前沿和趋势^[10]。步态、平衡、康复、运动及人群是VR在PD应用领域出现最多的关键词。引文突变显示,部分突变已经结束,但大部分仍在持续,见图5。



注:节点和线分别表示收集研究的参考文献和共被引文献之间的关系,被引用次数越多,节点越大。

图4 VR在PD应用相关文献共被引分析

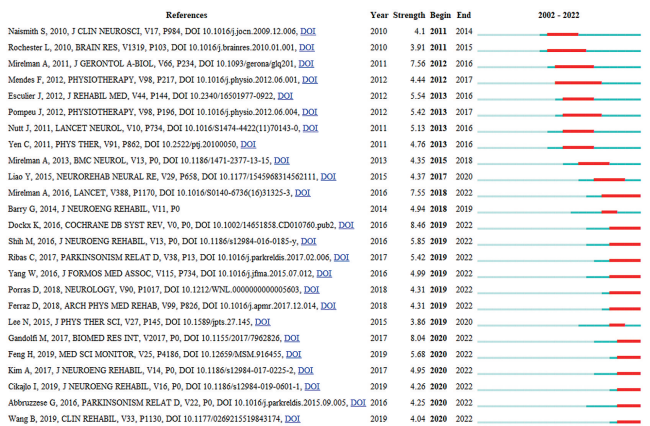


图5 最强引用爆发的前25个参考文献

3 讨论

3.1 数据分析

近二十年VR在PD应用领域的发文量随着时间发展急剧增多,其中近五年发文量相较于以前显著增加,提示此领域越来越受到研究者青睐。结合国家合作关系图谱分析,不难看出,发达国家在此领域贡献突出,这也从侧面证实发达国家在科研和经济方面水平较高,且国家和机构间有着广泛的联系。我国目前由于经济水平和其他因素的限制,在此领域的贡献度较低,随着对VR在PD应用领域的深入研究,这种缺陷将会得到弥补。

3.2 研究进展

通过对VR在PD中应用的文献进行学习和查阅,概述了VR在PD中发展和进化轨迹,总结如下。

3.2.1 VR在改善PD患者症状和生活质量中的应用

大量研究表明,基于VR的训练可显著改善患者运动功能障碍。Brachman等^[11]和Shih等^[12]通过安静站立测试和单足站立评分,发现相比较于传统的平衡训练,基于VR的平衡游戏显著改善患者的姿势稳定性和平衡能力。另一篇纳入15篇研究、430例PD患者的Meta分析也指出^[13],VR与传统训练相结合可显著提高患者Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)评分。此外,VR训练也可改善步态障碍和预防跌倒。研究者将VR与跑步机训练相结合,发现相比较于单独使用跑步机训练,患者步幅更长、节奏更低^[14]。Mirelman等^[6]通过VR对患者进行认知方面干预,发现患者的跌倒事故率明显低于训练前,并且此项研究在文献计量学分析中引用次数最多。值得注意的是,Pelosin等^[15]发现结合VR的跑步机训练会增强短潜伏期传入抑制(short-latency afferent inhibition, SAI)对皮质兴奋性的抑制,提高患者克服障碍的能力,从而减少跌倒次数。

VR治疗非运动症状也具有显著的作用。Hajebrahimi等^[16]发现基于VR的运动游戏可显著提升患者视觉回忆记忆延迟、总体认知以及波士顿命名测验等,并且功能MRI发现,训练后楔前叶区活动增加。Cheng等^[17]将重复经颅磁刺激(repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)与VR训练相结合,与rTMS相比,患者延迟记忆评分及MoCA视空间/执行功能评分均有明显改善。此外,在纳入6项随机对照研究、222例PD患者的Meta分析指出^[18],与对照组相比,VR训练可改善患者的抑郁症状。然而,目前由于报道的文献较少,VR在非运动症状的作用需进一步研究。

患者日常生活能力及生活质量体现了疾病对患者整体的影响。Pazzaglia等^[19]将患者随机分配到基于VR的康复组 and 传统物理康复组,训练结束后基于VR的康复组的SF-36生活质量量表评分高于传统物理康复组,有研究也指出,基于VR的康复治疗也可显著改善患者的日常生活能力^[20]。因此,VR在提升患者的生活质量上具有潜在的作用。

3.2.2 VR在探讨冻结步态神经机制中的应用 冻结步态(freezing of gait, FOG)作为一种发作性步态障碍,准确评估和探究机制对PD患者有重要意义。Matar等^[21]发现VR可以区分患者是否有FOG,之后通过VR探讨“开关”现象对FOG影响,发现有FOG的PD患者的脚步延迟在“关闭”状态下时间明显长于“打开”状态,并且在之后的研究中通过功能MRI发现,患者脚步延迟与双侧运动辅助区的选择性失活有关。

狭窄的环境和焦虑状态是FOG的诱发因素。Martens等^[22]利用VR设置不同的环境条件(高架或平地条件穿过虚拟木板)诱导焦虑,发现患者在高焦虑状态步幅和步速显著降低。Quek等^[23]进一步证实焦虑与FOG的关系,并且证实使用脚踏板在虚拟环境中移动的模式也会诱发FOG,这使得研究者可以将这种模式与功能MRI相结合,以探索焦虑在FOG中的潜在作用的神经机制。Taylor等^[24]将VR与功能MRI相结合,发现在威胁条件下,患者运动、边缘和认知网络之间的交流增加、去甲肾上腺素增高,提示去甲肾上腺素能参与焦虑诱导的FOG。

3.2.3 VR在PD中应用的挑战 尽管VR在探究PD患者机制及康复方面有非常大的应用价值,但是也存在挑战。基于VR的训练设备和游戏众多,如Nintendo Wii、Xbox Kinect、Wordplay VR及其他针对PD患者定制的VR康复训练系统等,但是目前并没有研究指出,哪类训练设备、游戏、训练方案更加适合患者的康复训练。Alves等^[25]比较Nintendo Wii和Xbox Kinect TM游戏对于PD患者的运动、认知功能、焦虑水平和生活质量的影响,发现只有Nintendo Wii TM在单任务和双任务中有显著的改善作用。VR在患者康复训练的不良反应很少报道。Albani等^[26]报道VR会诱发患者出现幻视,并且发现伴幻视的患者表现出选择反应延长和刺激辨别能力下降,痴呆风险增加。但目前针对这部分的研究仍十分有限,尚待进一步探讨。

VR作为一项有前景的康复技术,在近十年经历了快速发展。CiteSpace软件通过利用该领域的专家在文献中发表的内容,来跟踪动态科学界的集体知识的进展。尽管由于纳入研究与CiteSpace软件的局限性,导致结论可能存在一定的偏差,但仍快速而形象地为我们提供直观和全面的参考信息。此外,为了进一步验证结论,笔者通过手工检索重要文献总结了VR在PD中的研究进展,进一步为文献计量分析提供佐证。综上所述,VR已成为探索PD复杂损伤机制和提供个性化康复的一种前沿工具。

参考文献

[1] 陈卓,王丝蕊,章鑫,等.全身振动训练治疗帕金森病患者运动症状的系统评价与Meta分析[J].神经损伤与功能重建,2022,17:384-387,395. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20210481.

[2] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.帕金森病基层诊疗指南(实践版·2019)[J].中华全科医师杂志,2020,19:18-26. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2020.01.004.

[3] Kim Y, Lai B, Mehta T, et al. Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease: Rapid Review and Synthesis[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2019, 98: 613-621. DOI: 10.1097/

PHM.0000000000001174.

[4] Johnson D, Deterding S, Kuhn KA, et al. Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature[J]. Internet Interv, 2016, 6: 89-106. DOI: 10.1016/j.invent.2016.10.002.

[5] Mirelman A, Maidan I, Herman T, et al. Virtual Reality for Gait Training: Can It Induce Motor Learning to Enhance Complex Walking and Reduce Fall Risk in Patients With Parkinson's Disease?[J]. J Gerontol Ser A-Biol Sci Med Sci, 2011, 66: 234-240. DOI: 10.1093/gerona/glq201.

[6] Mirelman A, Rochester L, Maidan I, et al. Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME): a randomised controlled trial[J]. Lancet, 2016, 388: 1170-1182. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)31325-3.

[7] Pelosin E, Ponte C, Putzolu M, et al. Motor-Cognitive Treadmill Training With Virtual Reality in Parkinson's Disease: The Effect of Training Duration[J]. Front Aging Neurosci, 2022, 13: 753381. DOI: 10.3389/fnagi.2021.753381.

[8] Dockx K, Bekkers EMJ, Van den Bergh V, et al. Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2016, 12: 62. DOI: 10.1002/14651858.CD010760.

[9] Gandolfi M, Geroïn 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.

[10] Ye C. Bibliometrical Analysis of International Big Data Research: Based on Citespace and VOSviewer; proceedings of the 2018 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD), F, 2018 [C]. DOI: 10.1109/FSKD.2018.8687153.

[11] Brachman A, Marszałek W, Kamieniarz A, et al. Biomechanical measures of balance after balance-based exergaming training dedicated for patients with Parkinson's disease[J]. Gait Posture, 2021, 87: 170-176. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2021.04.036.

[12] Shih MC, Wang RY, Cheng SJ, et al. Effects of a balance-based exergaming intervention using the Kinect sensor on posture stability in individuals with Parkinson's disease: a single-blinded randomized controlled trial[J]. J NeuroEng Rehabil, 2016, 13: 78. DOI: 10.1186/s12984-016-0185-y.

[13] Sarasso E, Gardoni A, Tettamanti A, et al. Virtual reality balance training to improve balance and mobility in Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neurol, 2022, 269: 1873-1888. DOI: 10.1007/s00415-021-10857-3.

[14] Lheureux A, Lebleu J, Frisque C, et al. Immersive Virtual Reality to Restore Natural Long-Range Autocorrelations in Parkinson's Disease Patients' Gait During Treadmill Walking[J]. Front Physiol, 2020, 11: 9. DOI: 10.3389/fphys.2020.572063.

[15] Pelosin E, Cerulli C, Ogiastro C, et al. A Multimodal Training Modulates Short Afferent Inhibition and Improves Complex Walking in a Cohort of Faller Older Adults With an Increased Prevalence of Parkinson's Disease[J]. J Gerontol Ser A-Biol Sci Med Sci, 2020, 75: 722-728. DOI: 10.1093/gerona/glz072.

[16] Hajebrahimi F, Velioglu HA, Bayraktaroglu Z, et al. Clinical evaluation and resting state fMRI analysis of virtual reality based training in Parkinson's disease through a randomized controlled trial[J]. Sci Rep, 2022, 12: 8024. DOI: 10.1038/s41598-022-12061-3.

[17] Cheng TC, Huang SF, Wu SY, et al. Integration of Virtual Reality into Transcranial Magnetic Stimulation Improves Cognitive Function in Patients with Parkinson's Disease with Cognitive Impairment: A Proof-of-Concept Study[J]. J Parkinsons Dis, 2022, 12: 723-736. DOI: 10.3233/JPD-212978. PMID: 34897103.

[18] Li RZ, Zhang YR, Jiang YX, et al. Rehabilitation training based on virtual reality for patients with Parkinson's disease in improving balance, quality of life, activities of daily living, and depressive symptoms: A systematic review and meta-regression analysis[J]. Clin Rehabil, 2021, 35: 1089-1102. DOI: 10.1177/0269215521995179.

[19] Pazzaglia C, Imbimbo I, Tranchita E, et al. Comparison of virtual reality rehabilitation and conventional rehabilitation in Parkinson's disease: a randomised controlled trial[J]. Physiotherapy, 2020, 106: 36-42. DOI: 10.1016/j.physio.2019.12.007.

[20] Chen LN, Cai GE, Weng HD, et al. The Effect of Virtual Reality on the Ability to Perform Activities of Daily Living, Balance During Gait, and Motor Function in Parkinson Disease Patients A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2020, 99: 917-924. DOI: 10.1097/PHM.0000000000001447.

[21] Matar E, Shine JM, Gilat M, et al. Identifying the neural correlates of doorway freezing in Parkinson's disease[J]. Hum Brain Mapp, 2019, 40: 2055-2064. DOI: 10.1002/hbm.24506.

[22] Martens KAE, Ellard CG, Almeida QJ. Anxiety-provoked gait changes are selectively dopa-responsive in Parkinson's disease[J]. Eur J Neurosci, 2015, 42: 2028-2035. DOI: 10.1111/ejn.12928.

[23] Quek DY, Economou K, MacDougall H, et al. Validating a Seated Virtual Reality Threat Paradigm for Inducing Anxiety and Freezing of Gait in Parkinson's Disease[J]. J Parkinsons Dis, 2021, 11: 1443-1454. DOI: 10.3233/JPD-212619.

[24] Taylor NL, Wainstein G, Quek D, et al. The Contribution of Noradrenergic Activity to Anxiety-Induced Freezing of Gait[J]. Mov Disord, 2022, 37: 1432-1443. DOI: 10.1002/mds.28999.

[25] Alves MLM, Mesquita BS, Morais WS, et al. Nintendo Wii (TM) Versus Xbox Kinect (TM) for Assisting People With Parkinson's Disease [J]. Percept Mot Skills, 2018, 125: 546-565. DOI: 10.1177/0031512518769204.

[26] Albani G, Pedrolì E, Cipresso P, et al. Visual Hallucinations as Incidental Negative Effects of Virtual Reality on Parkinson's Disease Patients: A Link with Neurodegeneration?[J]. Parkinsons Dis, 2015, 2015: 194629. DOI: 10.1155/2015/194629.

(本文编辑:王晶)



(上接第 16 页)

[21] Wu TY, Sharma G, Strbian D, et al. Natural history of perihematomal edema and impact on outcome after intracerebral hemorrhage[J]. Stroke, 2017, 48: 873-879. DOI: 10.1161/strokeaha.116.014416.

[22] Grunwald Z, Beslow LA, Urday S, et al. Perihematomal edema expansion rates and patient outcomes in deep and lobar intracerebral hemorrhage [J]. Neurocrit Care, 2017, 26: 205-212. DOI: 10.1007/s12028-016-0321-3.

[23] Marchina S, Trevino-Calderon JA, Hassani S, et al. Perihematomal edema and clinical outcome after intracerebral hemorrhage: A systematic review and meta-analysis[J]. Neurocrit Care, 2022, 37: 351-362. DOI: 10.1007/s12028-022-01512-4.

[24] 井洁, 杨婧菲, 陈施玲, 等. 急性自发性脑出血微创治疗时间窗的研究进展[J]. 神经损伤与功能重建, 2022, 17: 212-214. DOI: 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20210966.

[25] Kashiwazaki D, Tomita T, Shibata T, et al. Impact of perihematomal edema on infectious complications after spontaneous intracerebral hemorrhage[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2021, 30: 105827. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2021.105827.

(本文编辑:王晶)