

认知障碍心理评估

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.002912

# 虚拟现实技术在阿尔茨海默病患者认知功能评估中的应用进展

吕文齐<sup>1</sup>, 吕 洋<sup>2</sup>

(1. 重庆医科大学第一临床学院精神医学, 重庆 400016;

2. 重庆医科大学附属第一医院老年病科, 重庆 400016)



**【摘要】**随着人口老龄化,阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)等神经退行性疾病的发病率逐年攀升。认知功能损害和神经精神行为异常是 AD 的典型症状。认知功能损害主要表现为记忆力、逻辑思维能力、语言能力、执行能力和注意力下降;神经精神行为症状主要包括抑郁、欣快、淡漠等。以上症状可严重影响患者日常生活能力和生活质量。目前 AD 是无法治愈的,因此早发现、早诊断、早治疗对延缓患者病程的进展、提高患者生活质量、减少照料者和社会的负担有重要意义。目前针对 AD 的认知评估主要通过神经心理量表测试,但该方法有许多弊端。本文重点介绍基于虚拟现实技术(virtual reality, VR)认知评估的最新进展,旨在为家庭或临床环境提供更可靠的诊断。

**【关键词】**老龄化;认知功能障碍;虚拟现实技术;认知评估

**【中图分类号】**R443.8

**【文献标志码】**A

**【收稿日期】**2021-07-05

## Application progress of virtual reality in cognitive function assessment of Alzheimer's disease patients

Lü Wenqi<sup>1</sup>, Lü Yang<sup>2</sup>

(1. Department of Psychiatry, The First Clinical College of Chongqing Medical University;

2. Department of Geriatrics, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

**【Abstract】**With the aging of the population, the incidence of neurodegenerative diseases such as Alzheimer's disease(AD) is rising year by year. Cognitive impairment and neuropsychiatric symptoms are typical manifestations of AD. Cognitive impairment is mainly

manifested in the decline of memory, logical ability, language ability, executive ability and attention. Neuropsychiatric symptoms mainly include depression, euphoria, apathy and so on. The above symptoms can affect the patient's daily living ability and quality of life. At present, there is no cure for AD, so early detection, diagnosis and treatment are of great significance for delaying the progression of the disease, improving the quality of life of patients, and reducing the burden on caregivers and society. At present, the cognitive assessment of AD is mainly based on neuropsychological scale test, but this method still has many disadvantages. This review focuses on the latest advances in cognitive assessment based on virtual reality(VR), which aims to provide more reliable diagnosis for home or clinical settings.

**【Key words】**aging; cognitive impairment; virtual reality; cognitive assessment

**作者介绍:**吕文齐, Email: 1300169212@qq.com,

研究方向:阿尔茨海默病相关认知障碍。

**通信作者:**吕 洋, 博士、教授/主任医师、博导, 重庆医科大学附属第一医院老年病科副主任。中华医学会老年医学分会青年委员、中华医学会肠外肠内营养学分会青年委员、中华预防医学会老年病预防专委会委员、中华医学会老年医学专委会老年神经病学组委员、中国医师协会神经内科医师分会认知障碍疾病专业委员会委员、中华医学会神经病学专委会神经遗传学组委员、中国老年保健医学研究会抗衰老研究分会常委、中国老年医学学会认知障碍分会(ACDC)常委、中国康复医学会阿尔茨海默病与认知康复专委会常委、中国老年学和老年医学学会脑认知与健康分会常委、重庆市老年痴呆防治协会会长、重庆市医学会老年医学分会副主任委员、重庆市医师协会老年医学科医师分会副会长、重庆市老年学和老年医学学会副会长/老年保健康复分会主任委员;主持国家自然科学基金在内的各级项目 29 项;以第一完成人获得重庆市科技进步二等奖 2 项、国家发明专利 2 项;以第一作者或通信作者发表 SCI 期刊收录论文 37 篇。

Email: yanglyu@hospital.cqmu.edu.cn.

**优先出版:** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20211117.0923.010.html>

(2021-11-17)

第七次人口普查数据显示,人口老龄化正在加剧,全国 60 岁以上人口占全国人口的 18.70%<sup>[1]</sup>。老龄化社会的来临使得阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)等神经退行性疾病的发病率逐年攀升。预测到 2030 年,中国老年痴呆人数达 1 645.6 万人,约占 60 岁以上人口的 4.03%<sup>[2]</sup>。认知功能损害和情感障碍是 AD 的典型症状。认知功能损害主要表现为记忆力、逻辑思维能力、语言能力、执行能力和注意力下降,情感障碍主要表现为一些神经精神行为症状(焦虑、抑郁、欣快、淡漠等)的产生。认知下降和情感障碍相互影响相互交融,可严重影响患者日常生活能力和生活质量,对照料者及社会造成极大的负担。目前针对 AD 的治疗手段极其有限。轻度认知障碍(mild cognitive impairment, MCI)被认为是 AD 的前期。作为一个可逆阶段, MCI 患者表现为轻度的记忆和智能损害,一般的认知功能和社会能力保持完好,但每年有 10%~15% 的 MCI 患者转化为痴呆,是认知功能正常人转化为痴呆的 10 倍<sup>[3]</sup>。在 MCI 或 AD 早期发现并进行适当干预,对预防痴呆及延缓其向痴呆进展具有十分重要的意义。

目前诊断 AD 或 MCI 主要是通过临床表现并辅以神经认知评估量表、影像学检查和一些标记物的检测。其中神经认知评估量表作为最经济的评估手段而被广泛应用于临床,但因其使用的局限性,导致认知评估很少被广泛应用到家庭环境。本文主要介绍近年兴起的基于虚拟现实认知评估技术的进展。

## 1 认知评估

对 AD 患者的认知评估是多维度的。美国精神病学协会定义了因 AD 而受损的 6 个神经认知领域。包括:①注意力:包括持续注意力(对 1 个刺激保持注意的能力)、分散注意力(同时对 2 个刺激保持注意)和选择性注意力(在其他刺激干扰时对一个特定刺激保持注意的能力);②执行功能:计划力、决策力、工作记忆、对反馈的反应和思维灵活性;③学习和记忆:即时记忆、近期记忆和长期记忆;④语言:理解和表达;⑤知觉运动:通过形状或颜色(包括人脸识别)或手眼协调辨别图形;⑥社会认知:识别他人情绪的能力。

几乎所有针对 AD 患者的认知评估都是围绕上述认知损害领域进行的。目前认知评估主要通过量表评估,包括简易精神状态检查量表(mini-mental state examination, MMSE)、简易认知评估表(Mini-Cog)、蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA)、视觉联想测验(visual association test, VAT)等。这些量表可以评估患者的语言能力、思维力、执行力、记忆力和定向力,也可以在一定程度上评估视觉运动。但这些手段有诸多局限性,比如对低学历患者有理解困难;对高智商人群有天花板效应;视觉能力的测试仅限于二维图像等<sup>[4-10]</sup>。

## 2 虚拟现实技术

随着电子信息技术的发展与普及,国内目前已有多个关于虚拟现实技术对认知康复及认知训练的研究。结果表明,

基于虚拟现实技术的认知康复能显著提高被试的认知水平<sup>[11-12]</sup>。但目前国内基于虚拟现实技术的认知评估工具尚无进展,仅有基于微信平台的认知评估程序<sup>[13]</sup>,但由于其只是简单地将纸面的量表转为显示器显示,除了便利性得到提升,其余如敏感性、特异性等并没有变化。虚拟现实技术(virtual reality, VR)是利用计算机技术模拟产生三维空间的虚拟世界,给用户提供了视、听、触觉等感官的模拟,让其如同身临其境一般。用户可实时观察空间内的事物,并可以通过一些传感器把自己的动作融入到环境中,达到用数字生成的世界代替真实世界的感官感知,产生一种真实生活在新环境中的感觉。

VR 技术的应用或许可以革新认知评估。虚拟现实在认知评估中的主要应用形式是让评估人员和临床医生设计一个测试场景,并通过在场景中设置一些任务来评估患者的认知能力、情绪、行为和生理反应。在评估过程中,头戴设备生成的图像与用户的动作同步,患者通过头部运动、全身转动或操纵杆来移动虚拟世界并与之互动,声音则是通过扬声器或耳机呈现。在某些 VR 环境中,用户甚至可以体验到触觉反馈,让患者感觉到身临其境<sup>[14]</sup>。

## 3 VR 在认知评估的应用

基于 VR 的认知评估目前主要通过测试患者的导航能力和日常生活活动能力得以实现。

### 3.1 导航能力

Parsons TD 等<sup>[15]</sup>通过使用头戴式 VR 设备在虚拟环境中测试导航能力,评估了正常人的学习能力和记忆力。这个实验的第一步是向被试者展示 10 件需要记忆的物品。记住后,他们就被要求在构建的虚拟城市环境中穿行,并找到之前记住的物品。在实验结束时,被试者需要回忆他们找到的物体和物体对应的区域。研究人员将该实验的结果与传统神经认知评估结果进行比较,证明它们之间的关联性,从而证实使用 VR 技术进行记忆和学习评估的能力。Weniger G 等<sup>[16]</sup>通过要求 AD 及 MCI 患者记忆虚拟公园的路线证明了 AD 和 MCI 患者的自我中心导航能力的差异,这与传统认知能力评估的结果是一致的。Cushman LA 等<sup>[17]</sup>测试了 AD 患者和正常老年人在虚拟和现实环境中的导航和记忆能力。他们给出了真实世界和虚拟世界的路径演示,然后从路线回忆、路线上看到物体的自由回忆等方面来评估被试的认知功能。值得注意的是,该研究证实了被试者在现实世界和虚拟世界的表现之间没有显著差异,这对 VR 的认知评估是个利好消息。Lee JY 等<sup>[18]</sup>创建了一个经典径向臂迷宫的虚拟版本,以测试空间工作记忆。迷宫由 6 条臂组成,其中 1 条臂上有 1 个与中央平台相连的目标。为了在走出另一只臂后参观另一只臂,必须先参观中央平台。迷宫的主要挑战是记住哪些臂被访问过,哪些没有。该研究证实 AD 患者空间参考记忆和工作记忆均受损,而 MCI 患者仅空间参考记忆受损。Plancher G<sup>[19]</sup>、García-Betances RI<sup>[20]</sup>等对 AD、MCI 及正常对照进行在虚拟城市环境中的情景记忆评估。参与者的任务是回忆关于路线的细节,包括以自我为中心的导航性回忆(如记住元素的位置/

顺序)。该研究显示 AD 和 MCI 患者的结果差异的显著的。总的来说,通过 VR 导航进行的认知评估结果与传统认知评估是一致的。

### 3.2 日常生活能力。

VR 可以用来模拟患者在日常生活中可能遇到的任务,比如外出、购物等并根据对这些任务的完成情况进行评分。Tarnanas I 等<sup>[21]</sup>通过 VR 设备与跑步机的结合来模拟外出任务,以筛查早期的认知功能下降;参与者的任务是在不同难度的场景中导航,个体的表现得分可以预测 MCI 向 AD 转化的指标。Dulua E 等<sup>[22]</sup>创造了一种名为“记住的一天”的虚拟现实体验,它以日常生活活动和游戏化认知测试为特色。大多数参与者发现虚拟现实游戏的接受度更高。与传统筛选测试相比,这种测试对患者的情绪影响更小。Zygouris S 等<sup>[23]</sup>创造了一个虚拟超市,用来衡量完成任务的各个方面,如完成购物清单的时间、所购物品的准确性、所支付的金钱的准确性。所有参与者都能够通过提供的平板和 VR 设备在家中自行进行测试。Werner P 等<sup>[24]</sup>在虚拟超市环境中比较了健康老年人和 MCI 患者的行走路径、停顿和错误(如选择错误产品或不付费退出)轨迹。研究发现正常老年人与 MCI 患者的差异主要表现为完成任务的时间长短和错误数量。在 MCI 患者中,这些变量的结果明显较差,因此证明了 VR 工具的敏感性与 MMSE 是相似的。

### 3.3 评估方法

目前最普遍的认知评估,如 MMSE 和 Mini-Cog 都是基于分数的。这些测试由具有关联标记的任务组成。测试结束时,所得的最终分数超过阈值,则被诊断为认知障碍。其他诸如基于视觉评估的相关方法设置了注视次数、持续时间、识别刺激的时间或错误回答的次数作为阈值。科学家也将类似的方法应用在 VR 认知评估中,在参与者进行导航能力或日常生活能力测试时,可以通过完成任务时设备得到的数据(如遗忘的动作数量、错误数量、完成时间)设置一个阈值,当一个事件发生次数超过一定次数或在较短时间内发生多个事件时,则识别为异常,并通过判别函数来区分健康、MCI 和 AD 组<sup>[17,25]</sup>。

## 4 基于 VR 认知评估的优势与劣势

VR 认知评估的主要优势是拥有测试 3D 视觉空间的能力,视觉是 AD 所致认知障碍的重要指标,而传统方法仅能测试 2D 视觉空间<sup>[26]</sup>。VR 测试环境的参数也可以根据需要随时更改,可根据不同个体构建个体化的虚拟环境,特别是在导航系统中,可以以一种更现实、更实用的方式来测试情景记忆。此外,VR 认知评估都是基于计算机的测试,这让评估数据易于保存,患者甚至可以在家庭环境中自己进行测试,并把结果上传到云空间,评估人员可以远程评估患者的认知功能,减少了人力的浪费。由于测试易于管理,普及的 VR 设备可以从多个试验收集数据,以此来提高评估的准确性和敏感性<sup>[27]</sup>。测试任务的“游戏化”是一种更放松、更吸引人的体验,可以在一定程度上抵消传统测试给患者带来的情绪影响<sup>[23]</sup>。基于 VR 的测试与个体日常生活活动能力相关,这可以评估

一个人的生活能力以及他们是否能够独立生活。这种基于日常生活能力的评估对于神经退行性疾病的诊断非常重要,有助于预测轻度认知障碍向 AD 的转化。VR 辅助其他设备还有助于开发双重任务测试,比如可以同时评估一个人的认知和维持步态的能力。基于虚拟现实诊断的一个缺点是,购买所需设备的固定成本高于其他测试,但其成本也会随着 VR 设备的普及而降低,到时基于 VR 的测试和治疗的实用性都会得到提高<sup>[28]</sup>。此外,一些 VR 的用户存在晕动病的问题,这可能会影响他们的表现和情绪<sup>[29]</sup>。随着 VR 技术的进步,这些缺点会得到进一步改善<sup>[30]</sup>(表 1)。

表 1 传统与基于 VR 认知评估方法的对比

| 分类 | 传统认知评估方法      | 基于 VR 的认知评估方法      |
|----|---------------|--------------------|
| 优势 | 评估简单          | 强大的 3D 视觉空间评估能力    |
|    | 准确度和特异性尚可     | 更高的敏感性、特异性         |
|    | 可评估大部分认知功能    | 使用者依从性高,使用体验好      |
|    | 经济性好          | 评估数据易于储存           |
| 劣势 | 有限的视觉空间能力评估   | 可在家庭环境中进行认知评估      |
|    | 使用者受教育程度的影响   | 设备成本较高             |
|    |               | 评估过程缺乏医务人员与被试的语言沟通 |
|    | 对高智商被试存在天花板效应 | 可能存在晕动症等不良反应       |

## 5 VR 的展望

除了认知方面的益处,一些研究还发现 VR 表现出了对焦虑抑郁情绪的改善、生活能力的提高等多种益处<sup>[31-34]</sup>。此外,将虚拟环境与现有的锻炼方式相结合,如虚拟现实环境配以固定自行车等锻炼器械,同时设计一些游戏元素,用户对这种体验愉快的锻炼方式表现的依从性非常高,在增加锻炼的同时也提高了用户的认知能力、改善了用户的情绪,该方案或许可以成为认知障碍的一级预防措施<sup>[35-36]</sup>。

随着支持虚拟现实、增强现实和混合现实的技术的普及,使得在临床和家庭环境中使用这些技术变得更加可行。虚拟现实技术既可以作为认知评估的工具,也可以作为认知训练的工具,使基于 VR 的个体化医疗设备有非常诱人的前景。

## 参 考 文 献

- [1] 国家统计局. 第七次全国人口普查公报[EB/OL]. (2021-05-11) [2021-06-20]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628\\_1818824.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628_1818824.html).
- [2] 李 昂,殷淑琴,徐 勇,等. 2010—2030 年中国老年期痴呆的预测[J]. 中国老年学杂志,2015,35(13):3708-3711.
- [3] Polyakova M, Sonnabend N, Sander C, et al. Prevalence of minor depression in elderly persons with and without mild cognitive impairment: a systematic review[J]. J Affect Disord, 2014, 152/153/154:28-38.
- [4] Trivedi D. Cochrane review summary: mini-mental state examination (MMSE) for the detection of dementia in clinically unevaluated people aged 65 and over in community and primary care populations[J]. Prim Health Care Res Dev, 2017, 18(6):527-528.

- [5] Yang L, Yan J, Jin XQ, et al. Screening for dementia in older adults; comparison of mini-mental state examination, mini-cog, clock drawing test and AD8[J]. *PLoS One*, 2016, 11(12): e0168949.
- [6] Chan CC, Fage BA, Burton JK, et al. Mini-Cog for the diagnosis of Alzheimer's disease dementia and other dementias within a secondary care setting[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 9(9): CD011414.
- [7] Ciesielska N, Sokołowski R, Mazur E, et al. Is the Montreal cognitive assessment (MoCA) test better suited than the mini-mental state examination (MMSE) in mild cognitive impairment (MCI) detection among people aged over 60? Meta-analysis[J]. *Psychiatr Pol*, 2016, 50(5): 1039–1052.
- [8] McDicken JA, Elliott E, Blayney G, et al. Accuracy of the short-form Montreal cognitive assessment: systematic review and validation[J]. *Int J Geriatr Psychiatry*, 2019, 34(10): 1515–1525.
- [9] Lindeboom J, Schmand B, Tulner L, et al. Visual association test to detect early dementia of the Alzheimer type[J]. *Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2002, 73(2): 126–133.
- [10] Ruiz-Rizzo AL, Bublak P, Redel P, et al. Simultaneous object perception deficits are related to reduced visual processing speed in amnesic mild cognitive impairment[J]. *Neurobiol Aging*, 2017, 55: 132–142.
- [11] 黄慧, 贾艳滨, 沈拾亦. 虚拟现实技术在认知康复中的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(2): 244–247.
- [12] 付亏杰, 孙丽楠, 刘云芳, 等. 虚拟现实技术在认知障碍康复治疗中的应用[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2019, 41(7): 550–553.
- [13] 彭可磊, 赵霞, 张龙霞, 等. 基于微信平台的老年性认知障碍测试小程序开发[J]. *南方农机*, 2021, 52(5): 160–162.
- [14] Yeh SC, Lee SH, Chan RC, et al. A virtual reality system integrated with robot-assisted haptics to simulate pinch-grip task; motor ingredients for the assessment in chronic stroke[J]. *NeuroRehabilitation*, 2014, 35(3): 435–449.
- [15] Parsons TD, Rizzo AA. Initial validation of a virtual environment for assessment of memory functioning: virtual reality cognitive performance assessment test[J]. *Cyberpsychol Behav*, 2008, 11(1): 17–25.
- [16] Weniger G, Ruhlleder M, Lange C, et al. Egocentric and allocentric memory as assessed by virtual reality in individuals with amnesic mild cognitive impairment[J]. *Neuropsychologia*, 2011, 49(3): 518–527.
- [17] Cushman LA, Stein K, Duffy CJ. Detecting navigational deficits in cognitive aging and Alzheimer disease using virtual reality[J]. *Neurology*, 2008, 71(12): 888–895.
- [18] Lee JY, Kho S, Yoo HB, et al. Spatial memory impairments in amnesic mild cognitive impairment in a virtual radial arm maze[J]. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 2014, 17(10): 653.
- [19] Plancher G, Tirard A, Gyselinck V, et al. Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: influence of active and passive encoding[J]. *Neuropsychologia*, 2012, 50(5): 592–602.
- [20] García-Betances RI, Arredondo-Waldmeyer MT, Fico G, et al. A succinct overview of virtual reality technology use in Alzheimer's disease[J]. *Front Aging Neurosci*, 2015, 12(7): 80.
- [21] Tarnanas I, Schlee W, Tsolaki M, et al. Ecological validity of virtual reality daily living activities screening for early dementia: longitudinal study[J]. *JMIR Serious Games*, 2013, 1(1): e1.
- [22] Dulau E, Botha Ravyse CR, Luimula M, et al. A virtual reality game for cognitive impairment screening in the elderly: a user perspective[C]// 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications. October 23–25, 2019, Naples, Italy, 2019: 403–410.
- [23] Zygoris S, Ntovas K, Giakoumis D, et al. A preliminary study on the feasibility of using a virtual reality cognitive training application for remote detection of mild cognitive impairment[J]. *Alzheimers Dis*, 2017, 56(2): 619–627.
- [24] Werner P, Rabinowitz S, Klinger E, et al. Use of the virtual action planning supermarket for the diagnosis of mild cognitive impairment: a preliminary study[J]. *Dement Geriatr Cogn Disord*, 2009, 27(4): 301–309.
- [25] Mohammadi A, Kargar M, Hesami E. Using virtual reality to distinguish subjects with multiple-but not single-domain amnesic mild cognitive impairment from normal elderly subjects[J]. *Psychogeriatrics*, 2018, 18(2): 132–142.
- [26] Karr JE, Graham RB, Hofer SM, et al. When does cognitive decline begin? A systematic review of change point studies on accelerated decline in cognitive and neurological outcomes preceding mild cognitive impairment, dementia, and death[J]. *Psychol Aging*, 2018, 33(2): 195–218.
- [27] Bohil CJ, Alicea B, Biocca FA. Virtual reality in neuroscience research and therapy[J]. *Nat Rev Neurosci*, 2011, 12(12): 752–762.
- [28] Castelvetti D. Low-cost headsets boost virtual reality's lab appeal[J]. *Nature*, 2016, 533(7602): 153–154.
- [29] Park MJ, Kim DJ, Lee U, et al. A literature overview of virtual reality (VR) in treatment of psychiatric disorders: recent advances and limitations[J]. *Front Psychiatry*, 2019, 10: 505.
- [30] Clay F, Howett D, FitzGerald J, et al. Use of immersive virtual reality in the assessment and treatment of Alzheimer's disease: a systematic review[J]. *Alzheimers Dis*, 2020, 75(1): 23–43.
- [31] Hill NTM, Mowszowski L, Naismith SL, et al. Computerized cognitive training in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Am J Psychiatry*, 2017, 174(4): 329–340.
- [32] Hwang J, Lee SM. The effect of virtual reality program on the cognitive function and balance of the people with mild cognitive impairment[J]. *J Phys Ther Sci*, 2017, 29(8): 1283–1286.
- [33] Htut TZC, Hiengkaew V, Jalayondeja C, et al. Effects of physical, virtual reality-based, and brain exercise on physical, cognition, and preference in older persons: a randomized controlled trial[J]. *Eur Rev Aging Phys Act*, 2018, 15: 10.
- [34] Brimelow RE, Dawe B, Dissanayaka N. Preliminary research: virtual reality in residential aged care to reduce apathy and improve mood[J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2020, 23(3): 165–170.
- [35] Sakhare AR, Yang V, Stradford J, et al. Cycling and spatial navigation in an enriched, immersive 3D virtual park environment: a feasibility study in younger and older adults[J]. *Front Aging Neurosci*, 2019, 11: 218.
- [36] Jin R, Pilozi A, Huang XD. Current cognition tests, potential virtual reality applications, and serious games in cognitive assessment and non-pharmacological therapy for neurocognitive disorders[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(10): E3287.