

• 综述 •

虚拟现实技术在注意缺陷多动障碍诊断治疗领域的新进展

冯玉¹, 安英萍², 谭川雪², 王琼瑛², 张婕²

1. 西安医学院研究生工作部, 陕西 西安 710068; 2. 西安市儿童医院儿童保健科

摘要: 本文对近 10 年来虚拟现实(VR)技术在儿童注意缺陷多动障碍(ADHD)诊断和治疗领域的研究进行归纳总结,探讨 VR 技术的优势、运用现状及潜在变革。以“虚拟现实”和“ADHD”作为关键词,检索近 10 年来在知网、Pubmed 上公开发表的中英文文献,梳理 VR 技术在 ADHD 诊疗领域的研究设计和应用进展。结果显示,VR 辅助诊断范式比传统方法更精确,更客观;VR 辅助治疗范式比传统方法更便捷,其有效性也得到了确认。VR 技术作为辅助诊治 ADHD 的一种有效工具在未来拥有广阔前景,但仍需进一步优化。

关键词: 注意缺陷多动障碍; 虚拟现实; 诊断; 治疗

中图分类号: R749.94 文献标识码: A 文章编号: 1008-6579(2026)03-0344-05 doi:10.11852/zgetbjzz2024-1440

Advances in virtual reality technology in the diagnosis and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder

FENG Yu¹, AN Yingping², TAN Chuanxue², WANG Qiongying², ZHANG Jie²

1. Department of Postgraduate Studies, Xi'an Medical University, Xi'an, Shaanxi 710068, China;

2. Department of Child Healthcare, Xi'an Children's Hospital

Corresponding author: ZHANG Jie, E-mail: 86853513@qq.com

Abstract: This study systematically reviews the application of virtual reality (VR) technology in the diagnosis and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in pediatric populations over the past decade, with particular focus on its comparative advantages, current clinical implementations, and potential paradigm-shifting applications. A comprehensive literature review was conducted using the keywords "virtual reality" and "attention-deficit/hyperactivity disorder" to search for both Chinese and English articles published in the last 10 years in databases such as CNKI and PubMed. The study analyzes the research designs and advancements in the application of VR technology in ADHD diagnosis and treatment. The results indicated that VR-assisted diagnostic protocols are more precise and objective compared to traditional methods. Similarly, VR-based treatment paradigms are more convenient and have been confirmed to be effective in the management of ADHD. While VR technology emerges as a promising adjunctive modality for ADHD diagnosis and treatment, further technical refinements and large-scale validation studies are required to establish standardized clinical protocols.

Keywords: attention-deficit/hyperactivity disorder; virtual reality; diagnosis; treatment

注意缺陷多动障碍(attention-deficit/hyperactivity disorder, ADHD)是儿童时期最常见的神经发育障碍疾病之一,以注意力不集中、多动、冲动为主要特征。全球 6~17 岁儿童 ADHD 患病率约为 5%,且呈逐年增长的趋势^[1]。ADHD 相关症状会显著影响学业、社交和整体幸福感^[2]。与 ADHD 相关的行为模式不仅出现在学龄期,甚至持续整个生命周期^[3]。家长的心理健康也受到一定程度的影响^[4]。虚拟现实(virtual reality, VR)技术是计算机生成的三维空间,可以通过专业的构建程序生成人

类需要的环境,并且允许体验者与生成的虚拟环境互动^[5]。随着科技的进步,VR 在各个领域蓬勃发展,但在 ADHD 领域的应用还不成熟,还未形成特定的诊断治疗范式广泛应用于临床。本文系统梳理 VR 技术在 ADHD 诊疗领域的研究进展,总结此项技术的优势及局限性,探索 VR 技术在 ADHD 诊疗领域的应用前景。

1 虚拟现实技术辅助诊断

目前 ADHD 的诊断主要由有经验的专科医生

作者简介: 冯玉(1994—),女,在读硕士研究生,主要研究方向为儿童行为发育。

通信作者: 张婕, E-mail: 86853513@qq.com

根据 DSM-5 或 ICD-11 诊断标准进行诊断, 依赖主观行为观察和量表评估, 存在生态有效性的局限^[6]。VR 技术则是基于创造一个让参与者沉浸在虚拟现实环境中的测试方式而尝试解决传统测试的生态有效性问题。

1.1 可行性验证 已有的文献显示, VR 测试在识别 ADHD 儿童方面具备可行性, 且与传统测试相比具有明显的优势。Fang 等^[7]采用 Conners 父母评定量表(Conners' Parent Rating Scale, CPRS)、儿童行为检查量表(Child Behavior Checklist, CBCL)、视觉和听觉综合连续表现测试(Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test, IVA-CPT)和虚拟现实医疗中心系统对 ADHD 组和对照组进行评估, 结果发现 VR 技术可以从有学习问题的儿童中识别出 ADHD 患儿。Eom 等^[8]利用社会线索对 ADHD 儿童做了虚拟现实连续性能测试(Virtual reality continuous performance test, VR-CPT)的研究, 结果显示基于 VR 的神经心理评估有可能成为一种有趣的方法在儿童熟悉的环境中测试注意力。也有研究提示, ADHD 儿童更易受到低水平刺激的影响, 通过在 VR 环境中增加干扰因素评估分心环境下的表现可以更加有效的区分 ADHD 儿童, 而且也更加符合儿童在实际有干扰环境中的行为表现^[9]。且基于 VR 允许干扰物存在的情况下测量执行变量的特征, VR-CPT 比传统 CPT 更敏感^[6, 10-11]。虽然现有的研究尚少, VR 设备尚不成熟, 但 VR 评估的客观性、敏感性等优势使其在 ADHD 诊断领域展示出巨大潜力。

1.2 智能诊断模型 Wiguna 等^[12]致力于开发一种基于 DSM-5 诊断标准的 ADHD-VR 诊断工具, 利用基于数据、算法的智能模型可自动化分析行为数据, 提高诊断效率。将 VR 教室与神经行为传感器结合在一起的智能评估模型, 可以有效协助医师评估 ADHD, 并在鉴别诊断方面展示出较高的准确性^[13]。VR 辅助智能诊断模型有助于早期识别、早期管理。

1.3 量化诊断及区分亚型 VR 辅助诊断的另一个优势是对于注意力和多动的量化诊断和亚型区分, 既往 ADHD 亚型的区分主要通过行为学观察, 多数测评工具均为针对注意力层面, VR 辅助的测评能够加入运动评估的数据, 将儿童活动水平也以量化的手段评估出来, 因此对于区分 ADHD 亚型具有重要帮助。将传感器技术与 VR 技术相结合的 HTC Vive 系统, 通过采集人体手部运动数据, 可以通过客观的方法有效区分 ADHD 儿童^[14]。Cho

等^[15]通过在 VR 教室环境中追踪头部运动评估 ADHD 症状和严重程度, 结果表明 VR 与头戴式显示器结合, 可以作为一种客观测量办法, 用于评估 ADHD 的多动症状及严重程度的量化。Fernández-Martín 等^[16]将数据驱动与 VR 技术相结合, 通过客观的认知特性可识别 ADHD 患者, 且验证了可以通过反应潜伏期和反应抑制来区分亚型。由此可见, VR 辅助诊断技术在 ADHD 诊断方面具有独特的优势。

1.4 共病诊断及鉴别诊断 ADHD 常与许多疾病同时发生, 对其诊断带来很多干扰, ADHD 可能会继发情绪心理问题, 而有些共病本身就可能导致患者出现注意力缺陷和多动行为表现, 因此, 如何鉴别注意力缺陷和多动行为与其他精神心理障碍, 对于做出正确诊断, 提供准确治疗意义重大, 在此方面 VR 辅助诊断技术展示了一定的价值。Jespersen 等^[17]做了基于 VR 的认知评估用于鉴别双相情感障碍(bipolar disorder, BD)是否共患 ADHD, 结果基于 VR 的注意力缺陷筛查可以有效从 BD 患者中识别出共患 ADHD 的患者。与 ADHD 共患的疾病还有很多, 例如孤独症谱系障碍、抽动障碍、睡眠障碍等, 但是相关的研究文献很少, 未来关于共患病还需要很多的研究, 协助明确诊断。

1.5 疗效评估 ADHD 的治疗是一个漫长的过程, 评估药物疗效是必不可少的一环。既往疗效判断主要是通过量表评估, 缺乏客观性。近年来将 VR 课堂任务和功能近红外光谱检查相结合, 可以很容易评估药物对大脑活动的影响, 从而评估药物治疗效果^[18-19]。

VR 作为一种新的生态有效性的辅助评估手段, 与传统评估手段相比更敏感, 且在客观量化方面展示出独特优势, 未来的研究有必要在 ADHD 的功能损害、严重程度分级、鉴别诊断以及共患病方面继续探索。智能诊断模型的成熟和推广也会为基层和偏远地区的 ADHD 儿童带来福音。

2 虚拟现实技术辅助治疗

国内外对于 ADHD 的治疗普遍遵循一定的原则, 即 6 岁以下采取非药物治疗, 6 岁以上采取药物治疗和心理治疗、行为治疗等非药物治疗相结合的综合治疗方案^[20]。虽然药物治疗可以有效改善 ADHD 的症状, 但是约 44% 的 ADHD 儿童症状未缓解, 许多儿童治疗 2 年后效果难以维持, 不少儿童服药过程中存在不同程度的副作用^[21]。非药物治疗需要患儿、家长、医师等多方努力, 往往耗时、耗

力。VR 辅助治疗技术在 ADHD 干预过程中也展示出了一定的效果。Zangiacomi 等^[22]做了沉浸式 VR 在 ADHD 治疗上的可行性和满意度的研究,结果显示 VR 治疗应用可行,受试者体验满意,且为未来 ADHD 的远程诊疗奠定了基础。此外,VR 技术可以为 ADHD 患儿提供积极情绪,增加治疗希望^[5]。

2.1 注意力干预 ADHD 儿童许多症状随着年龄的增长会减弱,但注意力缺陷会持续更长的时间^[23]。VR 自带的沉浸感可增加儿童的参与度和参与动力,VR 通过控制分心物,可以优化注意力环境,促进自我调节,改善注意力缺陷。与 VR 相结合的基于脑电图的神经反馈疗法通过教育 ADHD 儿童调节自己的大脑活动可以有效改善注意力缺陷^[21]。Skalski 等^[24]对比了脑血流图生物反馈疗法(HEG BFB)与 VR 相结合的治疗范式和标准版 HEG BFB 在警觉缺陷、视觉搜索和分散注意力方面的治疗效果。结果发现基于 VR 的 HEG BFB 治疗注意力缺陷的可行性更强。IAmHero 是一款改善 ADHD 儿童症状的严肃游戏,通过游戏任务项目能够提高患儿的注意集中度和注意稳定度^[19]。钱秀莲^[25]将 60 例服用哌甲酯缓释片的 ADHD 儿童随机分为实验组和对照组,实验组在药物治疗的基础上实施基于 VR 的注意力干预训练,结果提示药物治疗联合 VR 注意力训练可以显著改善症状。Bioulac 等^[26]在虚拟教室环境下进行的认知补救有效性的测试,结果证明在 VR 教室中实施的认知补救治疗方案可以减少 ADHD 儿童的注意力分散,并能在特定情况下替代哌甲酯治疗。

2.2 认知干预 Shema-Shiratzky 等^[27]发现基于 VR 将运动和认知联合起来的强化训练游戏,能够有效改善 ADHD 患儿的认知。TSTM 是专门为 ADHD 患儿设计的一款基于 VR 的认知训练视频游戏,其有望成为 ADHD 患儿的辅助治疗手段^[28]。将 VR 与游戏相融合的训练方式,具有直观、刺激、易于理解、富有吸引力等属性,为患儿缓解治疗压力,增加治疗动力。

2.3 多动干预 有研究显示,VR 环境中的干预训练游戏能有效改善 ADHD 患儿的多动症状^[29]。Schena 等^[30]通过“IAmHero”游戏对一组 5~12 岁的 ADHD 患儿进行为期 6 个月的干预,结果患儿的多动症状得以改善。游戏系统愉悦的特性相比于传统计算机的枯燥无味,将会成为更优质的非药物治疗手段。遗憾的是,迄今为止关于这方面主题的研究很少,未来更多的研究有助于扩展人们对 VR 技

术在 ADHD 儿童多动方面效益的认识。

2.4 执行功能干预 ADHD 功能障碍的核心是执行功能障碍。蔡晶晶^[31]做了基于 VR 和传统计算机执行功能康复训练系统的效果比较,结果证明基于 VR 的训练系统生态有效性更强。有研究显示,利用 VR 技术将体力训练与认知训练结合起来的交互式体感游戏,可以作为改善 ADHD 患儿执行功能的一种有效治疗手段^[32]。也有研究显示,基于 VR 游戏的趣味运动可以促进多巴胺的分泌,从而有助于改善 ADHD 患儿的执行功能^[33]。Guedj 等^[21]基于脑电图的神经反馈与 VR 技术相结合改善 ADHD 患儿症状的方法,目前的研究初步发现该方案在增强 ADHD 儿童的执行功能方面具有巨大的潜力。未来更多的研究将进一步验证 VR 辅助 ADHD 儿童执行功能训练的生态有效性。

2.5 社交干预 ADHD 患儿的社交功能具有明显损害^[34]。Wong 等^[35]提出了 VR 社交训练与传统社交训练的比较,初步研究发现 VR 社交训练提升 ADHD 患儿社交技能更显著,但需进一步验证。目前关于 VR 技术辅助 ADHD 儿童社交训练的研究很少,未来需要更多相关研究,验证 VR 辅助社交训练的优势。

2.6 情绪干预 情绪障碍是 ADHD 最常见的伴随症状之一。Martin-Moratinos 等^[36]进行了基于 VR 技术的严肃视频游戏《MOON》认知训练对改善 ADHD 患儿情绪调节有效性的研究,结果实验组的情商、情绪调节和在学校环境中的表现都有所改善。遗憾的是实验中所有样本均为接受药物治疗的 ADHD 患儿,该项目对于未服药的患儿是否有效,需要进一步研究。目前关于 VR 技术应用于辅助 ADHD 患儿情绪改善方面的研究还尚少,未来需要大量的研究促进 VR 技术改善 ADHD 患儿的情绪失调。

基于 VR 的严肃游戏,有趣、直观、易懂、能够及时强化,并且易于数据收集,评估患儿病情进展并提供及时反馈,可以作为目前 ADHD 患儿多模式治疗方案的补充。同时,严肃游戏的多模式训练系统,不同的训练项目可以针对不同的症状,能够个性化应用于 ADHD 的治疗。此外,VR 辅助项目还可以不受场所限制,为 ADHD 的治疗减少成本。

3 虚拟现实技术的风险与展望

尽管 VR 辅助技术与传统 ADHD 诊治工具相比具有诸多优势,但也应当警惕 VR 技术本身存在的一些风险。VR 对于记忆的影响引起了学者的关

注。Baumann 等^[19]发现新环境的探索显著改善 ADHD 患儿的记忆,探索熟悉环境会损害 ADHD 患儿的记忆,但 VR 带来的沉浸感和探索新环境会损害正常儿童的记忆巩固。鉴于不同的 VR 环境对不同儿童会产生不同的效应,未来探索 VR 环境对 ADHD 患儿记忆的改善应该更严谨,更科学,设置多变、创新的行为标签改善 ADHD 患儿的记忆巩固。VR 技术的应用需要特定的设备,例如头戴式显示器和手柄,这些设备可能会对 ADHD 儿童造成一定的不适或困扰,影响他们的行为表现^[16]。VR 技术的临床应用也需要专业的设备和技术支撑,同时还需要多学科合作,这可能会增加研究的成本和复杂性,以及推广的难度^[37]。因此,VR 技术的临床应用还需要进一步的努力。

总之,基于 VR 技术的诊断范式比传统的诊断范式更精确,更客观;基于 VR 技术的治疗范式比传统的治疗范式更便捷、更有效。但是 VR 技术也存在些许局限性及风险,例如晕动症、模拟器病、成瘾性等,未来需要优化设备舒适性,扩大研究样本,将 VR 与多种诊断治疗手段相结合,形成规范的多模式诊疗范式,与远程技术的结合也将惠及更多的 ADHD 儿童。

参考文献

- [1] Lu T, Li L, Tang Y, et al. ADHD and family life: A cross-sectional study of ADHD prevalence among pupils in China and factors associated with parental depression[J]. PLoS One, 2024,19(3): e281226.
- [2] Zhao D, Zhang J. The effects of working memory training on attention deficit, adaptive and non-adaptive cognitive emotion regulation of Chinese children with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD)[J]. BMC Psychol, 2024, 12(1): 59.
- [3] 杨晓蕾,李洪杰,多永胜,等.中国儿童青少年 1990—2019 年注意缺陷多动障碍疾病负担及预测[J].中国学校卫生, 2023,44(7): 1107-1111.
Yang XL, Li HJ, Duo YS, et al. Disease burden and prediction of attention deficit hyperactivity disorder in Chinese children and adolescents from 1990 to 2019[J]. Chin J Sch Health, 2023, 44(7): 1107-1111. (in Chinese)
- [4] Romaniuk A, Ward M, Henrikson B, et al. Family quality of life perceived by mothers of children with ASD and ADHD[J]. Child Psychiatry Hum Dev, 2024,55(2): 510-519.
- [5] Shiri S, Tenenbaum A, Sapir-Budnero O, et al. Elevating hope among children with attention deficit and hyperactivity disorder through virtual reality[J]. Front Hum Neurosci, 2014,8: 198.
- [6] 张菁,钱秋谨,王玉凤.虚拟现实技术辅助评估儿童 ADHD 的应用[J].中国心理卫生杂志, 2019,33(6): 453-458.
Zhang J, Qian QJ, Wang YF. A review of application of virtual reality technology for assessments of attention-deficit/hyperactivity disorder in children[J]. Chinese Mental Health Journal, 2019,33(6): 453-458. (in Chinese)
- [7] Fang Y, Han D, Luo H. A virtual reality application for assessment for attention deficit hyperactivity disorder in school-aged children[J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2019, 15: 1517-1523.
- [8] Eom H, Kim KK, Lee S, et al. Development of virtual reality continuous performance test utilizing social cues for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. Cyberpsychol Behav Soc Netw, 2019,22(3): 198-204.
- [9] Hong N, Kim JJ, Kwon JH, et al. Effect of distractors on sustained attention and hyperactivity in youth with attention deficit hyperactivity disorder using a mobile virtual reality school program[J]. J Atten Disord, 2022,26(3): 358-369.
- [10] Rodriguez C, Areces D, Garcia T, et al. Comparison between two continuous performance tests for identifying ADHD: Traditional vs. virtual reality[J]. Int J Clin Health Psychol, 2018,18(3): 254-263.
- [11] Areces D, Dockrell J, Garcia T, et al. Analysis of cognitive and attentional profiles in children with and without ADHD using an innovative virtual reality tool[J]. PLoS One, 2018,13(8): e201039.
- [12] Wiguna T, Bahana R, Dirgantoro B, et al. Developing attention deficits/hyperactivity disorder-virtual reality diagnostic tool with machine learning for children and adolescents[J]. Front Psychiatry, 2022,13: 984481.
- [13] Yeh SC, Lin SY, Wu EH, et al. A virtual-reality system integrated with neuro-behavior sensing for attention-deficit/hyperactivity disorder intelligent assessment[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2020,28(9): 1899-1907.
- [14] 邓婉婷.基于虚拟现实技术的 ADHD 患者注意力定量评估方法[D].广州:广东工业大学, 2021.
Deng WT. A quantitative assessment method for the attention of ADHD patients based on virtual reality[D]. Guangzhou, Guangdong University of Technology, 2021. (in Chinese)
- [15] Cho YJ, Yum JY, Kim K, et al. Evaluating attention deficit hyperactivity disorder symptoms in children and adolescents through tracked head movements in a virtual reality classroom: The effect of social cues with different sensory modalities[J]. Front Hum Neurosci, 2022,16: 943478.
- [16] Fernández-Martín P, Rodríguez-Herrera R, Cánovas R, et al. Data-driven profiles of attention-deficit/hyperactivity disorder using objective and ecological measures of attention, distractibility, and hyperactivity[J]. Eur Child Adolesc Psychiatry, 2024,33(5): 1451-1463.
- [17] Jespersen AE, Obel Z, Lumbye A, et al. Bipolar-ADHD comorbidity: Screening for differences in neurocognition and virtual reality-based cognitive performance[J]. Nord J Psychiatry, 2024,78(3): 238-246.
- [18] Jang S, Choi J, Oh J, et al. Use of virtual reality working memory task and functional near-infrared spectroscopy to assess brain hemodynamic responses to methylphenidate in ADHD children[J]. Front Psychiatry, 2020,11: 564618.

- [19] Baumann V, Birnbaum T, Breitling-Ziegler C, et al. Exploration of a novel virtual environment improves memory consolidation in ADHD[J]. *Sci Rep*, 2020,10(1): 21453.
- [20] 中华医学会儿科学分会发育行为学组. 注意缺陷多动障碍早期识别、规范诊断和治疗的儿科专家共识[J]. *中华儿科杂志*, 2020,58(3):188-193.
The Subspecialty Group of Developmental and Behavioral Pediatrics, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association. Consensus on pediatric clinical practice of early identification, standardized diagnosis and treatment of attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Chin J Pediatr*, 2020,58(3):188-193. (in Chinese)
- [21] Guedj C, Tyrand R, Badier E, et al. Self-regulation of attention in children in a virtual classroom environment: A feasibility study [J]. *Bioengineering (Basel)*, 2023, 10(12): 1352.
- [22] Zangiaccomi A, Flori V, Greci L, et al. An immersive virtual reality-based application for treating ADHD: A remote evaluation of acceptance and usability[J]. *Digit Health*, 2022,8: 579786954.
- [23] Areces D, Garcia T, Cueli M, et al. Is a virtual reality test able to predict current and retrospective ADHD symptoms in adulthood and adolescence? [J]. *Brain Sci*, 2019,9(10): 274.
- [24] Skalski S, Konaszewski K, Pochwatko G, et al. Effects of hemoencephalographic biofeedback with virtual reality on selected aspects of attention in children with ADHD[J]. *Int J Psychophysiol*, 2021,170: 59-66.
- [25] 钱秀莲. 虚拟现实技术应用于注意缺陷与多动障碍儿童康复训练的效果研究[D]. 杭州:浙江中医药大学, 2022.
Qian XL. The effect of VR application in childre with attention deficit and hyperactivity disorder[D]. Hangzhou: Zhejiang Chinese Medical University, 2022. (in Chinese)
- [26] Bioulac S, Micoulaud-Franchi JA, Maire J, et al. Virtual remediation versus methylphenidate to improve distractibility in children with ADHD: A controlled randomized clinical trial study [J]. *J Atten Disord*, 2020, 24(2): 326-335.
- [27] Shema-Shiratzky S, Brozgol M, Cornejo-Thumm P, et al. Virtual reality training to enhance behavior and cognitive function among children with attention-deficit/hyperactivity disorder: Brief report[J]. *Dev Neurorehabil*, 2019,22(6): 431-436.
- [28] Rodrigo-Yanguas M, Martin-Moratinos M, Menendez-Garcia A, et al. A virtual reality game (The Secret Trail of Moon) for treating attention-deficit/hyperactivity disorder: Development and usability study[J]. *JMIR Serious Games*, 2021,9(3): e26824.
- [29] 方浩, 钟楚淇, 廖伟希, 等. 多动症儿童虚拟现实干预训练游戏设计研究[J]. *人类工效学*, 2023,29(2): 1-7.
- Fang H, Zhong CQ, Liao WX, et al. A study on the design of a virtual reality intervention training game for children with ADHD[J]. *Chinese Journal of Ergonomics*, 2023, 29(2): 1-7. (in Chinese)
- [30] Schena A, Garotti R, D'Alise D, et al. IAmHero: Preliminary findings of an experimental study to evaluate the statistical significance of an intervention for ADHD conducted through the use of serious games in virtual reality[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023,20(4): 3414.
- [31] 蔡晶晶. 基于虚拟现实技术的儿童多动症执行功能障碍康复训练[D]. 杭州:浙江理工大学, 2019.
Cai JJ. Rehabilitation effective of executive dysfunction in ADHD based on virtual reality technique[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2019. (in Chinese)
- [32] 贾雯旭, 张功. 体感游戏改善注意缺陷多动障碍儿童执行功能的研究进展[J]. *教育生物学杂志*, 2022, 10(4): 328-337.
Jia WX, Zhang G. Research progress of exergaming in improving brain executive function of children with attention-deficit/hyperactivity disorder[J]. *Journal of Bio-education*, 2022,10(4): 328-337. (in Chinese)
- [33] 王鑫洋. 注意缺陷与多动障碍儿童执行功能障碍诊断与康复训练的最新进展[J]. *中国医学创新*, 2022, 19(13): 172-175.
Wang XY. Recent advances in executive dysfunction diagnosis and rehabilitation training in children with attention deficit and hyperactivity disorder[J]. *Medical Innovation of China*, 2022,19(13): 172-175. (in Chinese)
- [34] 李兴. 儿童注意缺陷多动障碍家庭环境、行为问题、社会功能调查及干预措施探究[J]. *婚育与健康*, 2024, 30(10): 91-93.
Li X. Investigation of family environment, behavior problems, social function and intervention measures for children with attention deficit hyperactivity disorder[J]. *Fertil & Health*, 2024,30(10): 91-93. (in Chinese)
- [35] Wong KP, Qin J. Effectiveness of social virtual reality training in enhancing social interaction skills in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: Protocol for a three-arm pilot randomized controlled trial[J]. *JMIR Res Protoc*, 2023,12: e48208.
- [36] Martin-Moratinos M, Bella-Fernandez M, Rodrigo-Yanguas M, et al. Effectiveness of a serious video game (MOON) for attention deficit hyperactivity disorder: Protocol for a randomized clinical trial [J]. *JMIR Res Protoc*, 2024, 13: e53191.
- [37] Wiebe A, Kannen K, Selaskowski B, et al. Virtual reality in the diagnostic and therapy for mental disorders: A systematic review[J]. *Clin Psychol Rev*, 2022,98: 102213.

收稿日期:2024-12-06 修回日期:2025-05-29 本文编辑:杨媛媛