

计算机辅助认知康复在脑卒中后认知障碍中的应用进展

林煜凡 杜晓霞

【摘要】 计算机辅助认知康复(CACR)系统因其可重复性、趣味性、丰富多彩的训练内容等,成为传统认知康复的补充手段,开始应用于脑卒中后认知障碍(PSCI)患者的康复治疗,但其疗效尚存争议。本文针对目前国内外开展的随机对照临床试验,以及CACR系统在PSCI康复中的应用进行综述,探讨其对认知功能障碍、情绪障碍、日常生活活动能力障碍等的康复疗效,为其临床推广提供参考依据。

【关键词】 卒中; 认知障碍; 治疗,计算机辅助; 康复; 综述

Application progress of computer - assisted cognitive rehabilitation in post - stroke cognitive impairment

LIN Yu-fan, DU Xiao-xia

Department of Neurorehabilitation, School of Rehabilitation Medicine, Capital Medical University; Neurological Rehabilitation Center, Beijing Charity Hospital; China Rehabilitation Research Center, Beijing 100068, China

Corresponding author: DU Xiao-xia (Email: 364906784@qq.com)

【Abstract】 Computer-assisted cognitive rehabilitation (CACR), as a good substitute or supplement for traditional cognitive rehabilitation, has been applied to the rehabilitation of post - stroke cognitive impairment (PSCI) due to its repeatability, interest and colorful training content. However, there are still some objective limitations of CACR. This paper reviews the application of CACR in PSCI rehabilitation based on some clinical randomized controlled trials, discusses its effects on cognitive dysfunction, emotional disorders, activities of daily living disorders, and provides evidence for its promotion and application.

【Key words】 Stroke; Cognition disorders; Therapy, computer-assisted; Rehabilitation; Review

This study was supported by National Key Research and Development Program of China (No. 2020YFC2004105), and Scientific Research Project of China Rehabilitation Research Center (No. 2020-10).

Conflicts of interest: none declared

脑卒中后认知障碍(PSCI)是一种在脑卒中事件后出现,并于发病6个月后仍持续存在的以认知损害为特征的临床综合征^[1],大多发生于脑卒中发病后3个月内,发生率为20%~80%^[2-3]。对PSCI的治疗一般采用康复训练结合药物治疗的综合干预方式,虽然胆碱酯酶抑制剂、非竞争性N-甲基-D-天冬氨酸受体(NMDAR)阻断剂和银杏叶提取物等药

物对改善患者认知功能有效,但目前尚未获得确实可靠的临床疗效证据,且此类药物恶心、腹泻、意识混乱等不良反应也大大降低患者对治疗的依从性;而心理干预、认知训练等辅助药物治疗的传统康复手段虽然有效^[4-5],但其所采用的纸笔、图片、积木、拼图等“一对一”的训练模式^[6],过程枯燥、项目单一,患者参与性较差。计算机辅助认知康复(CACR)系统是一种基于计算机系统的认知康复训练形式,可通过游戏式程序、多媒体信息资源,结合特定的软硬件系统对患者进行记忆力、注意力、计算力、执行功能、语言、反应速度等认知训练,训练手段多种多样^[7]。虽然,CACR系统已广泛应用于脑卒中患者的康复治疗,但由于缺乏大样本、高质量随机对照临床试验的可靠证据,其有效性尚无定

doi: 10.3969/j.issn.1672-6731.2022.11.002

基金项目:国家重点研发计划项目(项目编号:2020YFC2004105);中国康复研究中心科研项目(项目编号:2020-10)

作者单位:100068 北京,首都医科大学康复医学院 中国康复研究中心北京博爱医院神经康复科

通讯作者:杜晓霞,Email:364906784@qq.com

论。笔者拟对近年文献报道的国内外 CACR 系统辅助 PSCI 认知康复训练的随机对照临床试验进行梳理,并在此基础上概述该系统在 PSCI 认知康复训练中的作用与功效,以为其在临床的推广应用提供参考依据。

一、计算机辅助认知康复系统介绍

目前用于 PSCI 患者认知康复的 CACR 系统大致可分为三大类,即软件类、网络平台类和虚拟现实(VR)类。其中,软件类 CACR 系统是应用最广泛的训练系统,包括认知、感知、教育、功能性技能训练、社区生活技能训练等项目或任务,其品种主要有 Cogmed QM(瑞典)、RehaCom(德国)、BrainHQ(美国)、Erica(意大利),以及中国康复研究中心康复评定科认知康复工作站、启慧博士系统等。此类软件的训练项目均类似游戏,通过呈现丰富明亮的颜色、形状、动画等视像产生视听觉刺激,以提高患者兴趣和参与度,康复治疗师可根据训练结果调整任务难度,以患者在整个训练过程中始终保持兴趣为原则,避免产生挫败感^[8]。软件类 CACR 系统最大特点是,依照特定标准客观、准确地记录患者训练数据,并通过云端与临床医师和康复治疗师共享,便于康复团队掌握患者康复进程、分析疗效,从而及时调整康复目标和康复策略,提高质量及效率^[8]。近年来,信息化管理在我国大多数医院的普及为 CACR 软件的推广提供了环境保障,使其在临床应用具有一定的可行性和有效性^[9],但毋庸置疑的现实是,具有针对性的高质量临床研究较少,尚需开展多中心、大样本临床验证研究,根据康复治疗的需求进一步优化软件应用,继而提高普及程度。

与软件类 CACR 系统相比,网络平台类 CACR 系统较少,目前应用较广泛的国外 CACR 网络平台主要有法恩凯斯网站、Start Brain 等,但是由于语种差异,这些英文网络平台无法直接用于中国患者的康复治疗。目前国内较为普及的中文认知训练云平台为六六脑®脑康复云系统,其特点为,患者可根据自身需求下载网络平台训练程序,无需购买特定软件,操作较为简便且经济实惠;仅需连接网络即可随时随地参与训练;并可根据自身条件和训练完成情况调节训练难度^[10-11];依托于网络服务器,更新升级内容便捷,拥有较大的优化提升空间,具有良好的发展前景。

虚拟现实技术可将认知任务纳入模拟的日常生活环境中进行训练,如在过马路的虚拟环境中训

练注意力,通过导航任务训练情景记忆和空间定向力,通过超市购物训练执行能力等^[12-13]。与其他 CACR 系统相比,虚拟现实类 CACR 系统所具备的沉浸性、交互性和构想性特点可带给患者“身临其境”感,有助于提高患者参与训练的兴趣性和主动性;但是由于该系统技术要求和费用均较高,在一定程度上限制其在临床的推广应用^[14]。未来需要开展更大规模的随机对照临床试验,进一步验证虚拟现实技术的临床实用性和有效性,推广适合我国 PSCI 患者的虚拟现实类 CACR 系统。

二、计算机辅助认知康复的临床应用

虽然 PSCI 患者发病原因、脑卒中类型、病灶部位和大小、原发病和并发症等存在差异,且临床表现复杂多样,但其对患者认知功能、日常生活活动能力(ADL)、心理健康、生活质量,甚至生存时间均具有严重影响,阻碍康复进程^[15]。因此,如何通过早期综合干预延缓病情进展,维持并提高脑卒中后认知功能、改善精神行为、提高日常生活活动能力,是当今康复治疗最值得关注的课题^[16],而 CACR 系统具备的可编辑、可记录、多分类、多层次的计算机训练系统则可为患者提供具有针对性的康复训练。

1. 改善认知功能 PSCI 患者认知损害通常表现为记忆障碍、注意障碍(ADD)、感知觉障碍、执行功能障碍、学习能力障碍、语言障碍等。一项具有针对性的 Meta 分析结果发现,虽然各项研究(32 项临床研究)使用的 CACR 系统不同,但是康复治疗后整体认知功能[简易智能状态检查量表(MMSE)、蒙特利尔认知评价量表(MoCA)、洛文斯顿作业疗法认知评价成套测验(LOTCA)评分]均有所提高;且所有患者均顺利完成康复流程,无一例发生不良反应^[17],提示 CACR 系统对改善 PSCI 患者整体认知功能安全、有效。在一项纳入 46 例病程近 1 年 PSCI 患者的临床研究中,在常规康复治疗基础上增加 RehaCom 软件训练的患者,经过连续 5 周的认知康复训练后其数字广度、视觉广度、视觉学习、听觉连续性、视觉连续性等认知功能改善程度明显优于常规康复组(均 $P < 0.05$)^[18]。另一项观察 35 例 PSCI 患者康复训练疗效的临床研究显示,连续训练 8 周后,虽然传统康复训练组(15 例)和额外增加 Erica 软件训练的 CACR 组(20 例)患者整体认知功能均得到改善,但 CACR 组患者 MMSE($P = 0.001$)、注意力矩阵($P < 0.001$)和言语流畅性($P = 0.008$)评分提高得更显著^[19]。上述研究结果提示,CACR 系统对

PSCI 患者认知康复具有一定疗效,但由于样本量较小,尚不足以证明其对 PSCI 患者的疗效。鉴于不同研究纳入样本存在异质性(如同时纳入缺血性卒中及出血性卒中患者)以及不同患者神经功能恢复机制的差异性,未来的研究应纳入具有同质性的 PSCI 患者且针对特定的病变部位进行研究,有助于探寻更具临床意义的研究结论。2021 年,姚军孝等^[20]发表的有关 CACR 系统辅助 PSCI 患者康复训练的临床研究,对 CACR 系统用于康复治疗的相关作用机制进行探讨。该研究共纳入 80 例中老年 PSCI 患者,CACR 组(40 例)在口服多奈哌齐(对照组,40 例)的基础上进行为期 6 周的 CACR 系统康复训练,结果显示,训练至第 3 和 6 周时,CACR 组患者 MMSE 和 MoCA 评分均高于对照组(均 $P < 0.05$),提示 CACR 系统具有改善 PSCI 患者认知功能的作用;与此同时,血液学分析发现 CACR 组患者血清乙酰胆碱(ACh)水平高于、乙酰胆碱酯酶(AChE)水平低于对照组(均 $P < 0.05$),表明 CACR 系统可能通过调节血液循环中的 ACh 和 AChE 水平以促进其发挥生物学效应,进而改善 PSCI 患者认知功能;但是该研究未对 CACR 系统与传统认知康复训练疗效进行对比分析,且存在样本量小、随访时间短等不足,具有一定局限性^[20]。此外,还有研究探讨 CACR 系统联合电针或经颅磁刺激^[21]、有氧训练等^[22]治疗 PSCI,均可有效改善患者认知功能且未见不良反应,提示联合康复训练模式有助于 PSCI 患者的认知功能康复,且安全、有效。

2. 改善情绪障碍 PSCI 患者极易出现焦虑、抑郁等情绪障碍。研究发现,约 1/3 的脑卒中患者伴有情绪障碍,约 33% 患者存在脑卒中后抑郁(PSD)或抑郁状态,约 25% 患者伴焦虑状态^[23-24]。多项研究证实,CACR 系统联合临床医师指导对精神疾病患者抑郁和焦虑情绪的缓解有效^[25-26],且已成为精神疾病康复治疗的新兴辅助方法,但其在 PSCI 情绪障碍患者中的作用尚未得到验证。Prokopenko 等^[27]将 43 例 PSCI 患者随机分为 CACR 组(24 例)和标准治疗组(19 例),CACR 组患者在接受标准治疗的同时增加 CACR 系统康复训练,经过 2 周的干预,医院焦虑抑郁量表(HADS)评价结果显示,两组患者焦虑、抑郁程度均无明显变化,可能与干预持续时间较短,尚不足以影响患者情绪有关,需增加训练频率及时间后再行评估。理论上讲,CACR 系统可提高训练的趣味性,使 PSCI 患者在训练游戏中逐步释

放思维和情绪上的消极态度,改善情绪障碍,纠正不合理的认知观念,增强康复信心,未来研究应进一步分析 PSCI 患者情绪改善与认知功能改善的相互作用关系,辅助并提高康复治疗效果。

3. 提高日常生活活动能力与生活质量 PSCI 可影响患者独立进行日常生活活动^[28],并与生活质量下降、长期预后不良、病残率和住院率较高有关,但目前较少有针对 PSCI 患者日常生活活动能力与生活质量的临床研究见诸报道。姚军孝等^[20]采用 CACR 系统对 PSCI 患者进行康复训练,至第 3 和 6 周时日常生活活动能力评价显示,与训练前相比,训练后 CACR 组患者功能独立性量表(FIM)评分增加,且疗效显著优于常规康复训练组($P < 0.05$)。然而,Ozen 等^[29]的研究未得出一致性结论,该研究共纳入 30 例 PSCI 患者,随机分为常规康复治疗组和 CACR 组,每组各 15 例,干预 4 周后两组患者生活质量[脑卒中专用生活质量量表(SS-QOL)]未显示显著性差异($P = 0.242$)。但一项 Meta 分析仍认为,远程 CACR 系统康复训练对 PSCI 患者生活质量的改善作用与传统认知康复效果相当甚至更为显著^[30]。导致上述研究结果不一致的原因,可能是 PSCI 患者日常生活活动能力及生活质量的改善不仅与认知功能改善有关,同时还需配合躯体运动功能等其他方面的改善。此外,治疗周期短也可能是影响研究结论不一致的原因,因此持续的 CACR 系统康复训练以及长期的随访可能是未来研究需关注的重点。

4. 相关神经影像学研究 研究显示,DTI 所示脑白质微结构部分各向异性(FA)变化与 PSCI 患者认知功能存在相关性,可以作为反映认知康复效果的脑结构指标^[31]。基于此,Nyberg 等^[32]采用 Cogmed QM 系统对 22 例病程 1~6 年的 PSCI 患者进行认知康复训练,于训练前、不进行训练 6 周以及训练 6 周后观察 FA 值变化,并采用韦氏成人智力量表(WAIS)词汇、WAIS 量表第三版(WASI-III)矩阵推理子测验对其进行一般认知功能评价,结果显示,训练前基线 FA 值与认知功能呈正相关($r = 0.580$, $P = 0.004$),支持脑白质微结构完整性可以作为预测脑卒中患者认知功能的生物学指标;但训练 6 周后,康复训练患者一般认知功能量表评分与未行康复训练后(对照)评分并无显著性差异,且未观察到脑白质微结构改变,进一步的统计分析显示脑白质变化与认知功能改善之间无相关性。该研究未取得能够证明 CACR 系统康复训练有助于认知功能或脑

白质微结构改善的证据,推测样本量小、部分入组患者病程较长可能是影响其结果的因素。未来需要更大样本量的临床研究观察亚急性期 PSCI 患者 CACR 系统康复训练疗效,并辅助开展神经影像学机制研究,从而建立 PSCI 患者临床表现改善与神经影像学脑白质微结构变化的映射关系,为临床制定康复训练计划与评价体系提供切实可行的依据。

目前,应用于 PSCI 患者康复训练的 CACR 系统尚存在一定局限性:(1)缺乏评价系统。目前应用于临床的 CACR 系统和内嵌式训练游戏种类繁多,而相应临床验证研究尚不足以涵盖上述所有游戏门类,且这些研究大多缺乏客观评价系统,因此正确评价患者训练需求、合理选择 CACR 系统,是临床医师及康复治疗师所面临的挑战。(2)适用范围狭窄。具备一定计算机操作能力是对 PSCI 患者应用 CACR 系统的基本要求,而我国脑卒中患者平均发病年龄约 65 岁^[33],以中老年患者为主,其中能够达到熟练操作计算机者较少;此外,认知损害较严重的患者大多不具备独立完成 CACR 系统操作的能力,需家属配合,因此预期治疗效果欠佳;CACR 系统不适用于无法坐立、行动不便、存在视听觉障碍的患者^[7]。(3)依从性欠佳。虽然 CACR 系统具备在非临床环境中为 PSCI 患者提供服务的可能性,但缺乏康复治疗师的监督难以实现良好的依从性^[34]。上述问题的解决,需要技术人员进一步对 CACR 系统进行升级,或医护工作者在实践中探索最佳的 CACR 系统康复训练模式。

目前,国内外研究所使用的 CACR 系统不尽相同,但总体上均能达到有效改善 PSCI 患者认知功能的作用,同时针对改善 PSCI 患者情绪障碍、提高日常生活活动能力和生活质量,以及探索 CACR 系统与神经影像学机制的临床研究较少,且该系统对改善并提高患者上述能力或功能的疗效尚未明确。未来尚待开展设计严谨、观察周期长的大样本临床试验,针对 CACR 系统在 PSCI 患者中的康复应用进行深入研究,探寻其可能的作用机制和认知康复模式,通过探索有针对性的联合康复训练,为临床康复提供更多可行有效的方案,力求从多方面改善 PSCI 患者的认知功能。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Vascular Cognitive Impairment Branch, Chinese Stroke Society. Expert consensus on the management of cognitive impairment after stroke 2021[J]. Zhongguo Zu Zhong Za Zhi, 2021, 16:376-389.[中国卒中学会血管性认知障碍分会. 卒中后认知障碍管理专家共识 2021[J]. 中国卒中杂志, 2021, 16:376-389.]
- [2] Ding MY, Xu Y, Wang YZ, Li PX, Mao YT, Yu JT, Cui M, Dong Q. Predictors of cognitive impairment after stroke: a prospective stroke cohort study[J]. J Alzheimers Dis, 2019, 71: 1139-1151.
- [3] Rohde D, Gaynor E, Large M, Mellon L, Bennett K, Williams DJ, Brewer L, Hall P, Callaly E, Dolan E, Hickey A. Cognitive impairment and medication adherence post-stroke: a five-year follow-up of the ASPIRE-S cohort [J]. PLoS One, 2019, 14: e0223997.
- [4] Na R, Yang JH, Yeom Y, Kim YJ, Byun S, Kim K, Kim KW. A systematic review and meta-analysis of nonpharmacological interventions for moderate to severe dementia [J]. Psychiatry Investig, 2019, 16:325-335.
- [5] Expert Group of Roundtable on Cognitive Impairment after Stroke, Chinese Stroke Society. Expert consensus on prevention and treatment of cognitive impairment after stroke in China [J]. Zhongguo Zu Zhong Za Zhi, 2020, 15:158-166.[中国卒中学会卒中后认知障碍研究圆桌会议专家组. 中国卒中后认知障碍防治研究专家共识[J]. 中国卒中杂志, 2020, 15:158-166.]
- [6] Faria AL, Pinho MS, Bermúdez I, Badia S. A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients [J]. J Neuroeng Rehabil, 2020, 17:78.
- [7] Chen AT, Wang CY, Liu W, Liu X, Zheng B, Duan XQ. Current situation and progress of computerized cognitive assessment and rehabilitation system for stroke patient [J]. Ji Qi Ren Wai Ke Xue Za Zhi (Zhong Ying Wen), 2021, 2:220-224. [陈安天, 王晨雨, 刘威, 刘欣, 郑斌, 段晓琴. 脑卒中后计算机化认知评估与康复系统的现状及研究进展[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2021, 2:220-224.]
- [8] Zhou Y, Feng H, Li G, Xu C, Wu Y, Li H. Efficacy of computerized cognitive training on improving cognitive functions of stroke patients: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Int J Nurs Pract, 2022, 28: e12966.
- [9] Nousia A, Martzoukou M, Siokas V, Aretouli E, Aloizou AM, Folia V, Peristeri E, Messinis L, Nasios G, Dardiotis E. Beneficial effect of computer-based multidomain cognitive training in patients with mild cognitive impairment [J]. Appl Neuropsychol Adult, 2021, 28:717-726.
- [10] Talan J. A tailor-made lifestyle prevention plan made some headway in MCI. Why 'It's a great start' but we're not there yet [J]. Neurol Today, 2019, 19:52-54.
- [11] Du ZF, Cai C. Rehabilitation study of computer-assisted cognitive training combined with occupational therapy on patients with cognitive impairment after stroke [J]. Zhongguo Shi Yong Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2020, 23:2074-2080. [杜振峰, 蔡琛. 计算机辅助认知训练联合作业治疗对脑卒中认知障碍患者的康复研究[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2020, 23: 2074-2080.]
- [12] Maggio MG, Latella D, Maresca G, Sciarone F, Manuli A, Naro A, De Luca R, Calabrò RS. Virtual reality and cognitive rehabilitation in people with stroke: an overview [J]. J Neurosci Nurs, 2019, 51:101-105.
- [13] Dehn LB, Piefke M, Toepper M, Kohsik A, Rogalewski A, Dyck E, Botsch M, Schäbitz WR. Cognitive training in an everyday-like virtual reality enhances visual-spatial memory capacities in stroke survivors with visual field defects [J]. Top Stroke Rehabil, 2020, 27:442-452.

- [14] Zhang Q, Fu Y, Lu Y, Zhang Y, Huang Q, Yang Y, Zhang K, Li M. Impact of virtual reality-based therapies on cognition and mental health of stroke patients: systematic review and meta-analysis[J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23:e31007.
- [15] Rohde D, Gaynor E, Large M, Mellon L, Hall P, Brewer L, Bennett K, Williams D, Dolan E, Callaly E, Hickey A. The impact of cognitive impairment on poststroke outcomes: a 5-year follow-up[J]. *J Geriatr Psychiatry Neurol*, 2019, 32:275-281.
- [16] Huang YY, Peng B, Chen YY, Huang HQ, Zheng SL. Summary of best evidences for management of post-stroke cognitive impairment[J]. *Hu Li Yan Jiu*, 2020, 34:3752-3758. [黄雨滢, 彭博, 陈颖异, 黄厚强, 郑思琳. 卒中后认知障碍管理的最佳证据总结[J]. *护理研究*, 2020, 34:3752-3758.]
- [17] Nie P, Liu F, Lin S, Guo J, Chen X, Chen S, Yu L, Lin R. The effects of computer-assisted cognitive rehabilitation on cognitive impairment after stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Clin Nurs*, 2022, 31:1136-1148.
- [18] Yoo C, Yong MH, Chung J, Yang Y. Effect of computerized cognitive rehabilitation program on cognitive function and activities of living in stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27:2487-2489.
- [19] De Luca R, Leonardi S, Spadaro L, Russo M, Aragona B, Torrisi M, Maggio MG, Bramanti A, Naro A, De Cola MC, Calabrò RS. Improving cognitive function in patients with stroke: can computerized training be the future [J]? *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2018, 27:1055-1060.
- [20] Yao JX, Zhi XD, Wang JY, Wang YX, Mao ZN. Effects of computer-assisted cognitive training on cognitive impairment after stroke and on neurotransmitter levels [J]. *Shen Jing Sun Shang Yu Gong Neng Chong Jian*, 2021, 16:772-773. [姚军孝, 支晓东, 王君义, 王雅欣, 毛忠南. 计算机辅助认知训练对卒中后认知障碍的改善及对神经递质水平的影响[J]. *神经损伤与功能重建*, 2021, 16:772-773.]
- [21] Park HK, Song MK, Kim JH, Han JY. A randomized controlled trial to evaluate the effectiveness and safety of electroacupuncture and transcranial direct current stimulation with computerized cognitive rehabilitation in patients with vascular cognitive impairment [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99:e21263.
- [22] Yeh TT, Chang KC, Wu CY. The active ingredient of cognitive restoration: a multicenter randomized controlled trial of sequential combination of aerobic exercise and computer-based cognitive training in stroke survivors with cognitive decline[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2019, 100:821-827.
- [23] Medeiros GC, Roy D, Kontos N, Beach SR. Post-stroke depression: a 2020 updated review [J]. *Gen Hosp Psychiatry*, 2020, 66:70-80.
- [24] Knapp P, Dunn-Roberts A, Sahib N, Cook L, Astin F, Kontou E, Thomas SA. Frequency of anxiety after stroke: an updated systematic review and Meta-analysis of observational studies[J]. *Int J Stroke*, 2020, 15:244-255.
- [25] Shek AC, Biondi A, Ballard D, Wykes T, Simblett SK. Technology-based interventions for mental health support after stroke: a systematic review of their acceptability and feasibility [J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2021, 31:432-452.
- [26] Wright JH, Mishkind M, Eells TD, Chan SR. Computer-assisted cognitive-behavior therapy and mobile apps for depression and anxiety[J]. *Curr Psychiatry Rep*, 2019, 21:62.
- [27] Prokopenko SV, Mozheyko EY, Petrova MM, Koryagina TD, Kaskaeva DS, Chernykh TV, Shvetzova IN, Bezdenezhnik AF. Correction of post-stroke cognitive impairments using computer programs[J]. *J Neurol Sci*, 2013, 325:148-153.
- [28] Lee PH, Yeh TT, Yen HY, Hsu WL, Chiu VJ, Lee SC. Impacts of stroke and cognitive impairment on activities of daily living in the Taiwan longitudinal study on aging [J]. *Sci Rep*, 2021, 11:12199.
- [29] Ozen S, Senlikeci HB, Guzel S, Yemisci OU. Computer game assisted task specific exercises in the treatment of motor and cognitive function and quality of life in stroke: a randomized control study[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30:105991.
- [30] Tchero H, Tabue Teguo M, Lannuzel A, Rusch E. Telerehabilitation for stroke survivors: systematic review and meta-analysis[J]. *J Med Internet Res*, 2018, 20:e10867.
- [31] Schaapsmeesters P, Tuladhar AM, Arntz RM, Franssen S, Maaijwee NA, Rutten - Jacobs LC, Schoonderwaldt HC, Dorresteyn LD, van Dijk EJ, Kessels RP, de Leeuw FE. Remote lower white matter integrity increases the risk of long-term cognitive impairment after ischemic stroke in young adults[J]. *Stroke*, 2016, 47:2517-2525.
- [32] Nyberg CK, Nordvik JE, Becker F, Rohani DA, Sederevicius D, Fjell AM, Walhovd KB. A longitudinal study of computerized cognitive training in stroke patients: effects on cognitive function and white matter[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2018, 25:241-247.
- [33] Report on Stroke Prevention and Treatment in China Writing Group. Brief report on stroke prevention and treatment in China, 2019 [J]. *Zhongguo Nao Xue Guan Bing Za Zhi*, 2020, 17:272-281. [《中国脑卒中防治报告》编写组. 《中国脑卒中防治报告 2019》概要 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2020, 17:272-281.]
- [34] Wentink MM, Meesters J, Berger MAM, de Kloet AJ, Stevens E, Band GPH, Kromme CH, Wolterbeek R, Goossens PH, Vliet Vlieland TPM. Adherence of stroke patients with an online brain training program: the role of health professionals' support [J]. *Top Stroke Rehabil*, 2018, 25:359-365.

(收稿日期:2022-11-08)

(本文编辑:袁云)