

基于眼动技术的 VR 认知训练在卒中后右脑半球损伤注意障碍患者中的康复应用

林宜杰^{1,2}, 张利¹, 徐琳峰², 邵梦鸣³

【摘要】 目的:评价基于眼动技术的 VR 认知训练在卒中后右脑半球损伤注意障碍患者康复中的疗效。**方法:**将 40 例右脑半球损伤卒中后注意障碍的患者随机分成 2 组, 2 组均进行常规治疗, 观察组在其基础上进行眼动技术的 VR 认知康复训练替代常规治疗中认知功能训练。治疗前后分别采用 MoCA 评分, 数字广度测试, 字母删除测验, 凝视时间评估。**结果:**治疗 6 周后, 2 组患者 MoCA 评分, 数字广度测试, 凝视时间均明显提高 ($P < 0.05$), 而 2 组字母删除测验中错误删除数、总治疗时长治疗前后和组间无明显变化; 治疗后观察组 MoCA 评分、字母删除测验中正确删除数、数字广度测试顺背数字和倒背数字、凝视时间指标改善程度优于对照组 ($P < 0.05$)。**结论:**基于眼动技术的 VR 认知康复训练可以有效改善卒中后右脑半球损伤注意障碍患者的注意功能。

【关键词】 眼动技术; 脑卒中; 注意障碍

【中图分类号】 R49; R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2024.02.002

Application of VR cognitive training based on eye movement technology in rehabilitation of patients with right hemisphere injury after stroke Lin Yijie, Zhang Li, Xu Linfeng, et al. Zhejiang Provincial People's Hospital (Affiliated People's Hospital), Hangzhou Medical College, Hangzhou 310014, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the efficacy of VR cognitive training based on eye movement technology in the rehabilitation of attention deficit patients with right hemisphere injury after stroke. **Methods:** A total of 40 patients with attention deficit after stroke with right hemisphere injury were randomly divided into two groups. Both groups received routine treatment, and the treatment group received VR cognitive rehabilitation training on eye movement technology additionally. MoCA score, digit span test, letter deletion test, and gaze time assessment were used before and after intervention. **Results:** After 6 weeks of treatment, the MoCA score, digit span test, and gaze time indicators of both groups were significantly improved ($P < 0.05$). However, there were no significant changes in the number of incorrect deletions in the letter deletion test, total treatment duration before and after treatment in the two groups, and between groups. After intervention, the MoCA score, the number of correct deletions in the letter deletion test and the number span test, and the improvement of gaze time indicators was better in the eye movement experimental group than those of the control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** VR cognitive rehabilitation training based on eye movement technology can effectively improve the attention function of patients with right hemisphere injury and attention deficit after stroke.

【Key words】 Eye movement technology; Stroke; Attention deficit

脑卒中是常见神经系统疾病, 每年全球新增病例高达 150 万, 致残率约为 30%^[1]。46%~92% 卒中患者的可能发生脑卒中后认知障碍 (Post stroke cognitive impairment, PSCI)^[2-3]。研究显示, 注意障碍与日常生活能力、跌倒等密切相关, 不仅对脑卒中患者的肢体康复训练产生影响, 而且影响其他认知功能 (记

忆、感知、计划与行动等) 的恢复^[4]。近年来, 眼动追踪技术作为一种创新型工具, 已经被用来探究许多疾病的本质, 不仅可以辅助脑卒中患者认知功能的评估, 而且能更加深入地了解脑卒中患者的认知活动的机制, 进而提高其执行功能, 改善注意力, 最终提高患者的认知功能^[5]。郭华珍等^[6]研究发现大脑右侧受损病人的注意障碍发生率显著高于大脑左侧受损病人。故本研究选取引起注意功能更严重的右脑半球损伤的脑卒中患者作为研究对象, 并使用眼动技术对卒中后右脑半球损伤注意障碍患者进行 VR 认知康复训练, 获得了较好效果。报道如下。

基金项目: 浙江省自然科学基金项目 (LGF22H170006); 浙江康复医疗中心院级科研课题 (ZK2208)

收稿日期: 2023-06-10

作者单位: 1. 浙江省人民医院 (附属人民医院), 杭州 310014; 2. 杭州医学院, 杭州 310059; 3. 浙江中医药大学附属康复医院 (浙江康复医疗中心), 杭州 310053

作者简介: 林宜杰 (2001-), 男, 技师, 主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者: 邵梦鸣, shaomengming@126.com

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 6 月~2023 年 4 月在浙江省康复医疗中心脑卒中后注意障碍的患者 40 例, 诊断标准: 遵循《卒中后认知障碍管理专家共识(2017 年版)》中卒中后认知障碍的诊断标准^[7]; 并经计算机断层摄影或核磁共振检查诊断。纳入标准: 选取病程为 2 周~6 个月的首次脑卒中患者, 蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA)得分<26 分, “注意”单元评分≤2 分且数字正背≤5 个和/或数字倒背≤4 个; 发病年龄在 40~80 岁, 影像学显示右脑半球损伤; 患者无听力和视觉障碍, 可以接受认知评估。排除标准: 存在帕金森病、阿尔茨海默病及其他神经系统变性疾病导致的认知功能重度的患者; 存在严重心脏病或肺部疾病的患者; 生命体征不稳定者; 存在心理精神类疾病患者。中止和脱落标准: 患者突发严重并发症; 患者脑血管疾病再发; 患者因各种原因出院或转院; 患者或家属在实验过程中要求终止; 患者治疗未达 6 周出院。运用 Excel 2010 软件中的 RAND 函数, 按照 1:1 将其分成了 2 组各有 20 例。研究过程中因疫情因素无法跟进, 眼动组脱落 4 例, 对照组脱落 3 例, 最终本课题完成 33 名患者的病例收集。2 组患者一般资料比较差异均无统计学意义。见表 1。

表 1 2 组一般情况比较

组别	n	性别 (例,男/女)	文化程度 (例,初中及以下/初中以上)	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	病程 (月, $\bar{x}\pm s$)
观察组	16	11/5	12/4	65.19±15.92	2.37±1.59
对照组	17	10/7	11/6	64.00±15.46	2.56±1.63

1.2 方法 2 组均接受营养神经、改善循环和控制相关危险因素的药物治, 如控制血糖、血压和血脂等常规脑血管病治疗。

1.2.1 对照组 根据《中国高龄脑卒中患者康复治疗技术专家共识》推荐方案, 对脑卒中患者进行常规康复训练^[8]。主要包括: ①作业治疗: 包括日常生活活动训练(如: 进食、穿衣、洗脸、刷牙、床轮椅转移、上下楼梯训练等)、辅助器具训练, 30min/次; ②物理治疗: 良肢位摆放、关节活动度训练、关节松动训练、肌力训练、平衡协调能力训练、步态训练等), 30min/次; ③吞咽与言语功能训练(包括言语器官训练、构音训练、听理解、进食训练等), 30min/次; ④认知功能训练(复述短故事、图片记忆、纸牌排序、阅读做题、猜测游戏等), 30min/次。以上训练 1 次/d, 5d/周, 连续训练 6 周。

1.2.2 观察组 采用基于眼动技术的虚拟现实(virtual reality, VR)认知康复训练替代常规康复训练中认知功能训练。其余训练同对照组。采用 JZ-RZ-

20US 型眼动认知康复训练与评估系统中认知康复策略模块辅助进行认知功能训练, 该系统是结合临床治疗技术, 基于眼动追踪技术、人工智能技术以及 VR 技术, 包括照明系统、图像捕捉、VR 系统、图像检测处理单元等组件, 并采用 3D 物理模拟与凝视映射算法, 主要的工作模式是通过记录眼动轨迹, 从中提取“注视点、注视时间、注视次数”等数据, 从而研究个体的内在认知过程, 训练模块主要包括注意力训练、记忆训练、思维训练、执行功能训练、计算训练、平衡训练等, 每个模块下的每个训练单元包含不同等级的难度级别, 选用适合患者的难度进行训练并且实时调整, 训练频率为 1 次/d, 30min/次, 每周训练 5d, 连续训练 6 周。具体训练内容如下: 训练前均需调试设备, 嘱患者取端坐位, 佩戴 VR 眼镜, 手持手柄。从 VR 认知训练模块中选取 3~5 个单元进行训练, 训练均遵循由浅入深, 循序渐进的原则。

1.3 评定标准 ①蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA): 本量表包括 12 个子项目, 总分为 30 分, 得分越高表示认知功能越好^[9]。②数字广度测试(digital span test, DST): 该测试的最高位数取决于被检测者能够正确复述的数字数量^[10]。③字母删除测验: 字母删除测验每行包含 52 个随机分布的字母, 其中有 18 个需要被删除。测试者将记录被测试者正确删除的数量、错误删除的数量以及完成测试所需的总用时^[11]。④凝视时间: 由专业的治疗师通过眼动追踪系统测量, 凝视时间越长, 反映在该区域获得的信息量越大。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 25.0 软件包进行统计分析。计数资料采用 χ^2 检验; 计量资料满足正态分布者采用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组内比较采用配对 t 检验, 组间比较采用两独立样本 t 检验, 计量资料满足非正态分布者采用非参数检验中秩和检验, 以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

治疗 6 周后, 2 组患者 MoCA 评分, 数字广度测试, 凝视时间均较治疗前明显提高(均 $P<0.05$), 而 2 组字母删除测验中错误删除数、总时长治疗前后和组间比较均差异无统计学意义, 对照组字母删除测验中正确删除数治疗前后比较差异无统计学意义, 而观察组字母删除测验中正确删除数增加($P<0.05$); 治疗后, 观察组 MoCA 评分、字母删除测验中正确删除数、数字广度测试顺背数字和倒背数字、凝视时间均明显高于对照组($P<0.05$)。见表 2~5。

表 2 2 组 MoCA 评分治疗前后比较

分, $\bar{x} \pm s$

组别	<i>n</i>	治疗前	治疗后	<i>t</i>	<i>P</i>
观察组	16	11.63±6.03	19.00±5.35	-9.422	0.001
对照组	17	11.82±5.83	14.00±5.06	-5.944	0.001
<i>t</i>		-1.028	-2.387		
<i>P</i>		0.320	0.037		

表 5 2 组凝视时间治疗前后比较

s, $\bar{x} \pm s$

组别	<i>n</i>	治疗前	治疗后	<i>t</i>	<i>P</i>
观察组	16	10.93±1.53	9.07±1.55	10.265	0.001
对照组	17	11.05±1.37	10.44±1.41	8.666	0.001
<i>t</i>		-0.070	1.970		
<i>P</i>		0.945	0.068		

3 讨论

注意是处理信息的一个重要的过程,是认知功能的基础^[12]。我们通过感官、记忆和其他认知过程处理的各种信息中,需要注意处理与正在进行的任务相关的信息^[13]。许多研究显示,脑卒中患者大脑一侧发生损伤时,注意力有可能受到选择性的损害,右半球损伤患者的注意功能更为严重,以警觉、注意力不集中为主^[14]。且右顶叶的注意神经元可能具有双侧感受视野,而左半球的同源细胞则只具有对侧感受视野^[15],这说明右脑损伤患者不仅在受损半球对侧的半空间而且在同侧半空间都有表现出视觉注意障碍。

本研究结果说明眼动 VR 认知训练可以让注意力广度、警觉性及持续性得到改善,本研究结果与何雯等^[16]研究结果较为一致,其机制可能与眼动 VR 训练有助于改善大脑额叶的功能,缓解眼动障碍,激活大脑神经网络机制有关。在对观察组进行眼动 VR 认知训练后,其 DST 表现显著高于对照组,此研究结果与张静等^[17]研究结果相似,这表明眼动技术的 VR 认知训练能够提高注意广度,分析其原因很可能与其促进神经细胞生长和改善大脑血流状态的机制有关。经过 6 周治疗后,观察组的凝视时间优于对照组,表明眼动 VR 认知训练对改善脑卒中右脑半球受损患者注意力

障碍有积极效果。其具体机制可能与大脑神经递质的传递和神经元的兴奋性的转变有关。而治疗 6 周后观察组与对照组字母删除测验中错误删除数和总时长无明显差异,这可能是实验对象主要是大龄患者且文化程度较低,对英文字母不熟悉,测验内容较多并所需用时较长有关。

有研究显示,视觉和听觉训练可以改善脑卒中患者的注意功能^[18]。在常规训练中,主要通过重复的注意方法来练习或者通过强的视觉或听觉刺激来训练患者的注意功能,而本研究中,基于眼动技术的 VR 认知训练内,让患者置于真实的模拟场景中,按照机器给的指令和屏幕的提示完成任务。眼动技术需要患者的眼球锁定目标,这也使得患者眼球的运动方向、运动速度、凝视时间、运动广度会随着目标的变化而变化,通过这种训练方法可以更有效的对患者的注意广度、注意分配、注意集中等进行康复训练,进而改善其注意功能。与常规认知训练比较,眼动技术注重通过捕获和训练患者感知外界信息的能力并能够长时间分析注意过程并反馈结果,而且眼动技术使眼动交互更加方便快捷,患者用眼睛的凝视或者眨眼就可以用来确定指令的输入和训练任务的完成,提高了训练的精确度,并且结合 VR 技术中的游戏任务,能够激发患者的康复兴趣和康复潜能,从而提升患者的参与度^[19-20]。与此同时,有研究表明^[21-24],VR 技术还能够提高患者的脑部血流,促进脑部损伤的血管新生,从而利于大脑神经系统恢复。所以本研究采用的眼动技术的 VR 认知训练与传统康复疗法相比,展现出了不能比拟的优点。通过在单位时间内进行多次重复的注意功能训练,促使患者需要集中注意力完成任务,这种具备挑战性的项目促使患者大脑中枢神经系统发生活动性变化,使其皮层与认知相关的激活区域增加,从而让患者的注意功能得到改善。

在本研究中,观察组训练效果优于对照组,其原因

表 3 2 组数字广度测试治疗前后比较

个, $\bar{x} \pm s$

组别	<i>n</i>	正向 DST				逆向 DST			
		治疗前	治疗后	<i>t</i>	<i>P</i>	治疗前	治疗后	<i>t</i>	<i>P</i>
观察组	16	5.63±1.63	7.38±1.09	-4.392	0.001	2.88±0.34	4.81±0.75	-13.508	0.001
对照组	17	5.59±1.84	6.29±1.13	-4.243	0.001	2.71±0.77	3.76±0.83	-7.856	0.001
<i>t</i>		-1.157	-1.925			-0.696	-4.140		
<i>P</i>		0.266	0.073			0.497	0.001		

表 4 2 组字母删除测验治疗前后比较

$\bar{x} \pm s$

组别	<i>n</i>	正确删除数(个/s)				错误删除数(个/s)				总用时长(s)			
		治疗前	治疗后	<i>Z</i>	<i>P</i>	治疗前	治疗后	<i>Z</i>	<i>P</i>	治疗前	治疗后	<i>Z</i>	<i>P</i>
观察组	16	84.69±7.52	97.19±6.44	-2.663	0.008	5.56±5.20	1.00±1.83	-1.214	0.225	355.88±72.65	325.44±64.29	-1.667	0.093
对照组	17	84.47±8.57	91.53±7.92	-1.552	0.121	5.82±9.96	3.88±7.83	-0.726	0.468	392.53±85.95	364.29±72.27	-1.062	0.109
<i>t</i>		-0.655	-1.845			0.483	1.125			1.304	1.690		
<i>P</i>		0.522	0.085			0.636	0.278			0.212	0.112		

可能为:①训练兴趣的差异。眼动VR训练利用视、听、触等多种感官的反馈和变化多样的场景使训练内容多样化,能够提高患者的训练积极性和保持患者治疗的依从性^[25],提升患者的主动康复意愿和康复满意度;②训练反馈的差异。眼动VR训练为患者提供了丰富的视、听反馈信息,使得患者在完成任务训练前后都能得到即时的反馈;③训练方案的差异。眼动VR系统可以通过制定个性化的训练方案,针对不同患者的情况进行针对性的训练。同时,患者还可以通过观看自己的训练视频,来进行反思和重新学习。

综上所述,眼动VR技术对于右脑卒中后的注意障碍训练是非常有效的。通过它的帮助,患者能够得到更加个性化、科学化、全面化以及针对性的康复训练。今后的研究可以大样本入手,细化入选患者的分类,结合影像学和电生理技术如“功能近红外成像”或“脑电事件相关电位”,为VR眼动技术治疗卒中后注意障碍提供更加可靠的证据和更多的机制理论。

【参考文献】

- [1] 张福琴,钟华,朱利莉,等.急性脑卒中患者发生认知功能障碍的危险因素分析及风险列线图模型的建立[J].中风与神经疾病杂志,2020,37(10):886-890.
- [2] 董强,郭起浩,罗本燕,等.卒中后认知障碍管理专家共识[J].中国卒中杂志,2017,12(6):519-531.
- [3] De Luca R, Calabrò RS, Bramanti P. Cognitive rehabilitation after severe acquired brain injury: current evidence and future directions. *Neuropsychol Rehabil*. 2018, 28(6):879-898.
- [4] 杨东杰,张岩,郑伟博.眼动追踪技术在高校课堂教学中的应用研究[J].现代教育技术,2020,30(2):91-96.
- [5] Tao L, Wang Q, Liu D, et al. Eye tracking metrics to screen and assess cognitive impairment in patients with neurological disorders [J]. *Neurol Sci*. 2020, 41(7): 1697-1704.
- [6] 郭华珍,恽晓平,陈巍.不同脑半球损伤患者认知功能障碍的比较[J].中国康复理论与实践,2002(9):539-541.
- [7] 董强,郭起浩,罗本燕,等.卒中后认知障碍管理专家共识[J].中国卒中杂志,2017,12(06):519-531.
- [8] 中国高龄脑卒中患者康复治疗技术专家共识[J].中国老年保健医学,2019,17(1):3-16.
- [9] 中国痴呆与认知障碍诊治指南写作组,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.2018中国痴呆与认知障碍诊治指南(五):轻度认知障碍的诊断与治疗[J].中华医学杂志,2018,98(17):1294-1301.
- [10] Chen L, Huang J, Wang S, et al. Effect of Carotid Artery Morphological Variations on Cognitive Function. *Behav Neurol*[J]. 2018; 2018: 7290431.
- [11] 马喆喆,巩尊科,温炜婷,等.高频重复经颅磁刺激在脑卒中后注意障碍患者中的临床研究[J].中国康复,2020,35(4):175-178.
- [12] Hyndman D, Ashburn A. People with stroke living in the community: Attention deficits, balance, ADL ability and falls. *Disabil Rehabil*[J]. 2003, 25(15): 817-22.
- [13] Duncan J. An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex[J]. *Nat Rev Neurosci*. 2001, 2(11): 820-829.
- [14] Heilman KM, Van Den Abell T. Right hemisphere dominance for attention: the mechanism underlying hemispheric asymmetries of inattention (neglect)[J]. *Neurology*. 1980, 30(3): 327-330.
- [15] Gainotti G, Giustolisi L, Nocentini U. Contralateral and ipsilateral disorders of visual attention in patients with unilateral brain damage[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1990, 53(5): 422-426.
- [16] 何雯,季亚铮,魏夏婷,等.基于眼动技术的认知康复策略对脑卒中患者执行功能的影响[J].康复学报,2021,31(2):145-150.
- [17] 张静,艾亚男,杨铁楠,等.经颅磁刺激对脑梗死后注意障碍病人康复的促进作用[J].中西医结合心脑血管病杂志,2021,19(15): 2634-2637.
- [18] Virk S, Williams T, Brunsdon R, et al. Cognitive remediation of attention deficits following acquired brain injury: A systematic review and meta-analysis[J]. *NeuroRehabilitation*. 2015, 36(3): 367-77.
- [19] Maggio MG, Latella D, Maresca G, et al. Virtual Reality and Cognitive Rehabilitation in People With Stroke: An Overview[J]. *J Neurosci Nurs*. 2019, 51(2): 101-105.
- [20] BurDea GC, GramPurohit N, Kim N, et al. Feasibility of integrative games and novel therapeutic game controller for telerehabilitation of individuals chronic post-stroke living in the community[J]. *Top Stroke Rehabil*. 2020, 27(5): 321-336.
- [21] 温鸿源,李力强,龙洁珍,等.3D虚拟现实技术对脑卒中记忆功能障碍患者疗效及~1H-MRS的影响[J].中国老年学杂志,2017,37(1):100-102.
- [22] 刘智岚,贾杰.基于计算机认知训练技术在改善老年认知功能中的应用与展望[J].中国卒中杂志,2021,16(3):246-250.
- [23] Doniger GM, Beeri MS, Bahar-Fuchs A, et al. Virtual reality-Based cognitive-motor training for middle-aged adults at high Alzheimer's Disease risk: A randomized controlled trial [J]. *Alzheimers Dement (N Y)*. 2018, 27(4): 118-129.
- [24] Teo WP, MuthaliB M, Yamin S, et al. Does a Combination of Virtual Reality, Neuromodulation and Neuroimaging Provide a Comprehensive Platform for Neurorehabilitation? - A Narrative Review of the Literature[J]. *Front Hum Neurosci*. 2016, 24(10): 284.
- [25] 曹瀚元,张伟,徐婷,等.眼动跟踪训练联合重复经颅磁刺激治疗脑卒中后完全性失语的疗效观察[J].中国康复,2023,38(9):552-555.