

Апробация протокола и электрофизиологические изменения, ассоциированные с многозадачным когнитивным тренингом в виртуальной реальности

Тарасова И.*, Куприянова Д., Кухарева И., Соснина А., Ляпина И.,
Трубникова О., Барбараш О.

*Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний,
Кемерово, Россия*

** iriz78@mail.ru*

Ключевые слова: когнитивный тренинг; ЭЭГ; альфа-активность; виртуальная реальность

Обоснование и цель: Нейротехнологии, такие как виртуальная реальность (VR), имеют большой потенциал для медицинских исследований и практики, позволяя расширить возможности реабилитационных мероприятий [1, 2]. Технология VR создает мультисенсорную и мультимодальную стимуляцию когнитивных функций [3, 4]. В связи с этим использование VR может быть эффективным методом когнитивной реабилитации для пациентов с различной мозговой патологией, в том числе острой или хронической ишемией мозга [5]. Разработка и апробация протоколов когнитивного тренинга (КТ) с использованием VR, как и изучение нейрофизиологических изменений, ассоциированных с ним, проводится в основном на практически здоровых лицах, с дальнейшим расширением результатов исследований на целевую группу пациентов. Целью данной работы явились апробация разработанного оригинального протокола и исследование нейрофизиологических эффектов VR при проведении многозадачного КТ у здоровых испытуемых.

Материалы и методы: Для изучения эффективности многозадачного КТ с использованием VR был разработан специализированный программно-аппаратный комплекс. С использованием оригинального тренировочного протокола комплекс VR был впервые протестирован на группе из 25 практически здоровых лиц (из них 15 женщин); средний возраст 28.1 ± 10.6 года). Участники оценивали комплекс VR с помощью опросников, в том числе System usability scale (SUS) [6], сразу же после проведения эксперимента для определения интереса и удобства его использования. Стандартное неврологическое обследование, психометрическое тестирование, а также ЭЭГ исследования были проведены до и после тестирования оригинального протокола многозадачного КТ с использованием VR.

Результаты: Участники продемонстрировали высокую степень принятия предполагаемого будущего использования, отношения и удовольствие от тренинга. Среднее значение шкалы SUS 72.6 ± 11.9 балла (макс. 100). У части испытуемых (6/25) наблюдались незначительные эффекты векции после проведения многозадачного КТ с использованием VR. Также после проведения эксперимента наблюдалось статистически значимое улучшение внимания и пространственных навыков ($p < 0.05$). По данным ЭЭГ было обнаружено статистически значимое увеличение мощности альфа-ритма по сравнению с показателями перед проведением эксперимента ($p < 0.0001$). Кроме того, субъекты продемонстрировали незначительное снижение мощности биопотенциалов тета-ритма.

Соотношение тета/альфа значительно уменьшилось после тестирования многозадачного КТ с использованием ВР по сравнению с исходными значениями ($p < 0.0001$). Было обнаружено, что постэкспериментальные логарифмированные показатели мощности альфа-ритма имеют положительную корреляцию с индикаторами задачи умственного вращения и исполнительных функций после тестирования многозадачного КТ с использованием ВР.

Выводы: Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанный комплекс для многозадачного КТ с использованием ВР и протокол тренинга являются приемлемыми и удобными для использования практически здоровыми людьми. Нейрофизиологические эффекты многозадачного КТ с использованием ВР у здоровых испытуемых продемонстрировали ингибирование сенсорных процессов и подавление отвлекающих факторов как проявление общего тормозящего механизма в мозге при когнитивной нагрузке. Количественные исследования ЭЭГ необходимы для подтверждения доступности многозадачного КТ с использованием ВР для пациентов с когнитивными расстройствами, в том числе послеоперационной когнитивной дисфункцией.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-15-00379 (<https://rscf.ru/project/23-15-00379/>).

Protocol testing and electrophysiological changes associated with multitasking cognitive training in virtual reality

Tarasova I.*, Kupriyanova D., Kukhareva I., Sosnina A., Lyapina I., Trubnikova O., Barbarash O.

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia

* iriz78@mail.ru

Key words: cognitive training; EEG; alpha activity; virtual reality

Background and Aim: Neurotechnologies such as virtual reality (VR) have a great potential for medical research and practice, making it possible to expand rehabilitation activities [1, 2]. VR technology creates multisensory and multidomain stimulation of cognitive functions [3, 4]. Therefore, VR can be an effective method of cognitive rehabilitation for patients with various brain pathologies, including acute or chronic brain ischemia. [5] The development and testing of cognitive training (CT) protocols using VR, as well as the study of neurophysiological changes associated with it, is carried out mainly on practically healthy individuals, with the further extension of the research results to the target group of patients. The aim of this work was to evaluate the original protocol and examine the physiological effects of VR during multitasking CT in healthy subjects.

Materials and Methods: A specialized hardware and software complex was created to investigate the effectiveness of multitasking CT using VR. Using the original training protocol, the VR complex was tested for the first time on a group of 25 practically healthy individuals (including 15 women); the average age is 28.1 ± 10.6 years). The VR complex was evaluated by participants with questionnaires, including the System usability scale (SUS) [6], immediately after the experiment to determine interest and usability. Standard neurological examinations, psychometric testing, and EEG studies were conducted before and after testing the original multitasking CT protocol using VR.

Results: All participants were highly accepting of the intended future use, attitude, and pleasure of training. Average SUS score was 72.6 ± 11.9 (max. 100). Some of the subjects (6/25) experienced minor effects of vection after conducting a multitasking CT using VR. There was also a statistically significant improvement in attention and spatial skills after multitasking CT using VR ($p < 0.05$). EEG data revealed a significant increase in alpha power compared to pre-experiment levels ($p < 0.0001$). Additionally, the subjects indicated a slight decrease in theta power. The theta/alpha ratio has significantly decreased after the VR multitasking CT as compared to the baseline ($p < 0.0001$). Post-experimental log alpha power scores have been found to be positively correlated with indicators of the mental rotation task and executive functions after VR multitasking CT.

Conclusion: The obtained data shows that the developed complex for multitasking CT using VR with the original training protocol is acceptable and convenient for use by practically healthy people. Neurophysiological effects of multitasking CT using VR in healthy subjects have demonstrated sensory inhibition and distraction suppression as a manifestation of the overall inhibitory mechanism in the brain under cognitive load. Quantitative EEG studies are needed to confirm the availability of VR-based multitasking CT for patients with cognitive disorders, including postoperative cognitive dysfunction.

Funding: This research was funded by the Russian Science Foundation No. 23-15-00379, <https://rscf.ru/en/project/23-15-00379/>.

Список литературы/References

1. Venkatesan M., Mohan H., Ryan J.R. et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications. *Cell Rep Med*. 2021;2:100348
2. Tieri G., Morone G., Paolucci S., Iosa M. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: Facts, fiction and fallacies. *Expert Rev Med Devices*. 2018;15:107-117
3. Bauer A.C., Andringa G. The potential of immersive virtual reality for cognitive training in elderly. *Gerontology*. 2020;66:614-623
4. Wenk N., Penalver-Andres J., Buetler K.A., Nef T., Müri R.M., Marchal-Crespo L. Effect of immersive visualization technologies on cognitive load, motivation, usability, and embodiment. *Virtual Real*. 2023;27:307-331
5. Saeedi S., Ghazisaeedi M., Rezayi S. Applying game-based approaches for physical rehabilitation of post-stroke patients: A systematic review. *J Healthc Eng*. 2021;2021:9928509
6. Cheah W.H., Mat Jusoh N., Aung M.M.T., Ab Ghani A., Mohd Amin Rebutan H. Mobile Technology in Medicine: Development and Validation of an Adapted System Usability Scale (SUS) Questionnaire and Modified Technology Acceptance Model (TAM) to Evaluate User Experience and Acceptability of a Mobile Application in MRI Safety Screening. *Indian J Radiol Imaging*. 2022;33(1):36-45. doi 10.1055/s-0042-1758198