

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Виктория Сергеевна Сорокина, Юлия Юрьевна Некрасова, Марина Викторовна Штерн,
Юлия Андреевна Подольская, Алина Юрьевна Крючкова

Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитологии,
г. Москва, Российская Федерация
vsorokina@fnkrr.ru; nekrasova84@yandex.ru; mstern@fnkrr.ru;
upodolskaya@fnkrr.ru; alinacriuchkova@yandex.ru

DOI: 10.46594/2687-0037_2022_1_1413

Аннотация. Обширные исследования показывают, что виртуальная реальность (VR) улучшает когнитивные функции и имеет преимущества в физической реабилитации пациентов после повреждений головного мозга как травматического, так и нетравматического генеза. Однако все еще существует неопределенность в отношении практичности и эффективности виртуальной реальности в долгосрочной клинической практике. Исследование показало возможность применения технологии виртуальной реальности для улучшения психологического состояния пациентов с последствиями цереброваскулярных заболеваний.

Ключевые слова: VR, виртуальная реальность, нейрореабилитация, психологическая реабилитация.

Для цитирования: Сорокина В. С., Некрасова Ю. Ю., Штерн М. В., Подольская Ю. А., Крючкова А. Ю. Применение технологии виртуальной реальности для психологической реабилитации пациентов после повреждений головного мозга // Виртуальные технологии в медицине. 2022. Т. 1. № 1. DOI: 10.46594/2687-0037_2022_1_1413
Материал поступил в редакцию 25 января 2022 г.

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY FOR PSYCHOLOGICAL REHABILITATION OF PATIENTS AFTER BRAIN INJURIES

Viktoriya Sorokina, Julia Nekrasova, Marina Stern, Julia Podolskaya, Alina Kryuchkova

Federal Scientific and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology,
Moscow, Russian Federation

vsorokina@fnkrr.ru; nekrasova84@yandex.ru; mstern@fnkrr.ru;
upodolskaya@fnkrr.ru; alinacriuchkova@yandex.ru

Annotation. Extensive research shows that virtual reality (VR) improves cognitive function and has benefits in the physical rehabilitation of patients after brain injury. However, there is still uncertainty about the practicality and effectiveness of virtual reality in long-term clinical practice. The study showed the possibility of using virtual reality technology to improve the psychological state of patients with consequences of cerebrovascular diseases.

Keywords: VR, virtual reality, neurorehabilitation, psychological rehabilitation.

For quoting: Sorokina V., Nekrasova I., Stern M., Podolskaya J., Kryuchkova A. Application of virtual reality technology for psychological rehabilitation of patients after brain injuries // Virtual Technologies in Medicine. 2022. T. 1. No 1. DOI: 10.46594/2687-0037_2022_1_1413

Received 25 January 2022

Актуальность

Взаимосвязь между повреждениями головного мозга и когнитивными нарушениями очевидна [23]. Фактически повреждения головного мозга могут влиять на моторные, когнитивные, эмоциональные и психологические функции с последующим ухудшением качества жизни как пациента, так и лиц, осуществляющих за ним уход [23]. В контексте реабилитации после перенесенной черепно-мозговой травмы или острого нарушения мозгового кровообращения новые подходы к тренировкам, опосредованные виртуальной реальностью, обычно обсуждаются и оцениваются в обзорах и метаанализах вместе — для верхних конечностей [14, 15], баланса и походки [8].

Исследования показывают положительное влияние технологических приложений на уровень когнитивных способностей и психоэмоционального состояния [7]. Виртуальная реальность (VR) — одна из самых передовых технологий по обеспечению захватывающего, интуитивно понятного, мотивирующего, интерактивного и мультисенсорного контента для проведения физической, психологической и когнитивной реабилитации [12, 18]. Однако большинство статей об обучении виртуальной реальности описывают либо физические, либо когнитивные тренировки [7].

Растущие данные свидетельствуют о том, что когнитивная реабилитация с помощью VR-технологий эффективна у пациентов с повреждениями головного мозга, которые усиливают познавательное и психосоциаль-

ное взаимодействие [5, 11, 17, 21, 22]. Chen et al. [6], исследуя эффективность реабилитации с помощью персонального компьютера (ПК) у пациентов с черепно-мозговой травмой (ЧМТ), наблюдали значительные улучшения когнитивных функций после лечения. Более того, было продемонстрировано, что реабилитация с применением ПК может выступать потенциальной стратегией не только когнитивного, но и глобального функционального восстановления [9, 16].

В своей работе А. В. Котельникова показала важность применения технологий виртуальной реальности в комплексной психологической реабилитации пациентов с нарушениями двигательных функций, развившихся в результате перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения или на фоне дегенеративно-дистрофических заболеваний крупных суставов и позвоночника [2].

Ряд исследований с использованием VR показали, что данная технология способна увеличивать когнитивные и поведенческие навыки у пациентов после ЧМТ [4, 13, 19, 20]. Действительно, было продемонстрировано, что VR может быть эффективным в улучшении управляющих функций у пациентов после ЧМТ в подострой фазе [19]. В недавнем обзоре Maggio et al. [17] обнаружили, что виртуальная реальность может положительно влиять на память, внимание, исполнительную функцию, поведение и настроение у людей после ЧМТ.

Исследование на здоровых испытуемых 2021 года [3] показало, что реабилитация с применением VR-технологий, независимо от уровня сенсорного погружения, является многообещающим инструментом в различных областях.

Таким образом, целью данного исследования являлось изучение влияния тренировок с применением VR-технологий на психоэмоциональное состояние пациентов с последствиями цереброваскулярных заболеваний.

Материалы и методы

Исследование проводилось на базе Федерального научно-клинического центра реаниматологии и реабилитологии. В исследовании приняли участие 28 пациентов отделения нейрореабилитации в возрасте от 38 до 79 лет (медиана 57,5): 15 мужчин и 13 женщин с последствиями цереброваскулярных заболеваний (последствия внутримозгового кровоизлияния — 25%, последствия другого нетравматического внутримозгового кровоизлияния — 25%, последствия инфаркта мозга — 50%).

Исследование проводилось в 3 этапа. На первом этапе оценивался психический статус пациента и измерялась мышечная сила с помощью компьютерного комплекса НС-Психотест. Для выявления наличия и степени когнитивного снижения использовалась краткая шкала оценки психического статуса — MMSE [10]. Для оценки эмоциональной сферы и наличия тревоги и депрессии применялись Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS) [24] и методика САН (самочувствие, активность, настроение) [1]. Измерение мышечной силы проводилось с помощью электронного кистевого динамометра.

На втором этапе пациенты проходили курс реабилитации с применением технологии виртуальной реальности — HTC Vive PRO Eye EEA Blue и программного обеспечения BP-Viveport VR, FishingVR Unity. Контент был разделен на 2 группы, согласно наличию или отсутствию двигательных нарушений:

- группе пациентов без выраженных нарушений движения верхних конечностей предлагался контент «рыбалка», где им необходимо было ловить рыбу (предполагалась свобода движений) (14 человек);
- группе пациентов с двигательными нарушениями включали контент, где не нужно было совершать каких-либо движений, он был направлен на релаксацию (прогулка по лесу) (14 человек).

Количество занятий варьировалось в зависимости от состояния пациента и продолжительности его пребывания в ФНКЦ РР и составляли 8–10 ежедневных сессий.

На третьем этапе, сразу после завершения курса реабилитации с применением технологии виртуальной реальности, проводилось повторное психодиагностическое исследование.

Статистическая обработка данных проводилась программой Statistica-10, сравнение результатов эффективности применения технологии виртуальной реальности для психологической реабилитации проводилось с помощью критерия Вилкоксона. Результаты оценены при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Результаты оценки психического статуса пациентов до и после курса реабилитации с применением технологии виртуальной реальности в процентном соотношении представлены в таблице 1.

Таблица 1

Процентное соотношение показателей по MMSE до и после тренинга, %

MMSE	До	После
Нет нарушений (29–30 баллов)	14,3	28,6
Легкие когнитивные нарушения (28 баллов)	17,9	28,6
Умеренные когнитивные нарушения (25–27 баллов)	39,3	25,0
Легкая деменция (20–24 балла)	21,4	17,9
Умеренная деменция (10–19 баллов)	7,1	0,0
Тяжелая деменция (<10 баллов)	0,0	0,0

Как видно из таблицы 2, до начала тренинга в 39,3% случаев встречались умеренные когнитивные нарушения у пациентов. После курса в 28,6% случаев у пациентов не отмечалось когнитивных нарушений или имелись легкие когнитивные нарушения. Согласно критерию Вилкоксона, наблюдалось улучшение когнитивных способностей на уровне тенденций ($T = 40,5$, $p = 0,05$). Взаимосвязей с диагнозом, полом или контентом выявлено не было, что может быть связано с необходимостью увеличения выборки и увеличения продолжительности курса реабилитации с применением виртуальной реальности. Улучшение когнитив-

ного статуса пациентов с последствиями инсульта после применения компьютерных технологий в качестве реабилитации описано в работе De Luca R. с соавторами [9]. Их данные свидетельствуют о том, что когнитивная компьютерная тренировка с использованием программного обеспечения может быть полезной методологией для ускорения когнитивного восстановления после инсульта.

Процентное распределение по самочувствию, активности и настроению с разделением по предъявляемому контенту представлены в таблице 2.

Таблица 2

Процентное соотношение показателей по методике САН до и после тренинга, %

Шкала по САН	Пациенты с контентом «рыбалка»		Пациенты с контентом «релаксация»	
	До	После	До	После
Самочувствие				
Благоприятное (>4)	64	93	57	79
Неблагоприятное (<4)	36	7	43	21
Активность				
Благоприятное (>4)	93	100	64	93
Неблагоприятное (<4)	7	0	36	7
Настроение				
Благоприятное (>4)	86	100	64	71
Неблагоприятное (<4)	14	0	36	29

Из таблицы можно увидеть, что в обеих группах было улучшение по всем трем показателям. Однако настроение значительно улучшилось в группе пациентов с контентом «рыбалка» ($T = 12$, $p = 0,03$), что может говорить о положительном влиянии «включенности» в виртуальную реальность и активного контента.

В группе пациентов с контентом «релаксация» было отмечено достоверное снижение уровня депрессии (таблица 3) ($T = 9,5$, $p = 0,03$), что может говорить о потенциальном положительном влиянии VR на психоэмоциональное состояние.

Таблица 3

Наличие и степень выраженности депрессии в динамике в группе пациентов с контентом «релаксация»

Депрессия (HADS)	Пациенты с контентом «рыбалка»		Пациенты с контентом «релаксация»	
	До	После	До	После
Отсутствие депрессии (0–7 баллов)	50,0	64,3	64,3	78,6
Субклинически выраженная (8–10 баллов)	14,3	28,6	21,4	14,3
Клинически выраженная (11 баллов и больше)	35,7	7,1	14,3	7,1

Другие авторы в своих работах также отмечают положительное влияние применения виртуальной реальности на психоэмоциональное состояние пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения [2, 6].

Статистически значимых результатов по мышечной силе выявлено не было ($p < 0,05$). Это может говорить о необходимости увеличения количества испытуемых

и длительности курса реабилитации с применением VR-технологий.

Выводы

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- реабилитация с применением технологии виртуальной реальности может способствовать улучшению когнитивных функций;

- «включенность» в виртуальную реальность, активный контент в большей степени влияет на улучшение настроения;
- применение технологий виртуальной реальности в реабилитации пациентов с последствиями цереброваскулярных заболеваний способно положительно влиять на снижение уровня депрессии.

Заключение

Исследование применения технологии виртуальной реальности является актуальным в настоящее время. Несмотря на то что технологии виртуальной реальности применяются в медицине относительно недавно, они получили широкое распространение и стремительно развиваются и внедряются в медицинскую практику.

Данное исследование показало потенциал применения VR-технологий в качестве психологической реабилитации пациентов после повреждений головного мозга. Однако необходимо продолжить набор пациентов для подтверждения полученных результатов на большей выборке и изучения влияния технологий виртуальной реальности на когнитивную и двигательную сферы.

Следует отметить, что наряду с положительным эффектом отмечались и недостатки данного метода. Например, если у пациента наблюдались двигательные нарушения и ему недоступно выполнение каких-либо заданий, то можно было отметить снижение мотивации к дальнейшей реабилитации.

К положительной стороне применения VR-технологий можно отнести вовлечение пациентов в активное действие, которое им не доступно на данный момент (например, рыбалка или прогулка по лесу).

Стоит отметить, что психологическая реабилитация с помощью VR-технологий не может заменить методы традиционной медицины и психокоррекции, но может выступать значительным дополнением.

Литература

1. Доскин В. А., Лаврентьева Н. А., Мирошников М. П., Шарай В. Б. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния // Вопросы психологии. — 1973. — № 6. — С. 141–145.
2. Котельникова А. В. Технологии виртуальной и дополненной реальности в системе психологической реабилитации пациентов с последствиями двигательных нарушений: автореф. дис. ... д-ра психол. наук: 14.03.11 / Котельникова Анастасия Владимировна; [Место защиты: Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы]. — Москва, 2021. — 47 с.
3. Некрасова Ю. Ю., Воронцова В. С., Канарский М. М., Прадхан П., Шуненков Д. А. Применение технологий виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации // Медико-биологические, клинические и социальные вопросы здоровья и психологии человека. VII Всероссийская научная конференция студентов и молодых ученых с международным участием. — Иваново, 2021. — С. 60–62.
4. Aida J., Chau B., Dunn J. Immersive virtual reality in traumatic brain injury rehabilitation: a literature review // *NeuroRehabilitation*. — 2018/ — 42(4):441–448. — DOI: 10.3233/NRE-172361.
5. Barman A., Chatterjee A., Bhide R. Cognitive impairment and rehabilitation strategies after traumatic brain injury // *Indian Journal of Psychological Medicine*. — 2016. — 38(3):172–181. — DOI: 10.4103/0253-7176.183086.
6. Chen S. H. A., Thomas J. D., Glueckauf R. L., Bracy O. L. The effectiveness of computer-assisted cognitive rehabilitation for persons with traumatic brain injury // *Brain Injury*. — 1997/ — 11(3):197–210. — DOI: 10.1080/026990597123647.
7. Coyle H., Traynor V., Solowij N. Computerized and virtual reality cognitive training for individuals at high risk of cognitive decline: systematic review of the literature // *Am J Geriatr Psychiatry*. — 2015. — 23:335–59.
8. Darekar A., McFadyen B. J., Lamontagne A., Fung J. J. Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review // *Neuroeng Rehabil*. — 2015 May, 10. — 12():46.
9. De Luca R., Leonardi S., Spadaro L., et al. Improving cognitive function in patients with stroke: can computerized training be the future? // *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. — 2018. — 27(4):1055–1060. — DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.11.008.
10. Folstein M. F., Folstein S. E., McHugh P. R. “Minimal state”. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician (англ.) // *Journal of psychiatric research: journal*. — 1975. — Vol. 12, N 3. — P. 189–198. — DOI:10.1016/0022-3956(75)90026-6. — PMID 1202204.
11. Galetto V., Sacco K. Neuroplastic changes induced by cognitive rehabilitation in traumatic brain injury: a review // *Neurorehabilitation and Neural Repair*. — 2017. — 31(9):800–813. — DOI: 10.1177/1545968317723748.
12. García-Betances R. I., Jiménez-Mixco V., Arredondo M. T., CabreraUmpierrez M. F. Using virtual reality for cognitive training of the elderly // *Am J Alzheimers Dis Other Dement*. — 2015. — 30:49–54.
13. Jacoby M., Averbuch S., Sacher Y., Katz N., Weiss P. L., Kizony R. Effectiveness of executive functions training within a virtual supermarket for adults with traumatic brain injury: a pilot study // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. — 2013. — 21(2):182–190. — DOI: 10.1109/TNSRE.2012.2235184.
14. Laver K. E., Lange B., George S., Deutsch J. E., Saposnik G., Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation // *Cochrane Database Syst Rev*. — 2017/ — Nov 20; 11():CD008349.
15. Lohse K. R., Hilderman C. G., Cheung K. L., Tatla S., Van der Loos H. F. Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy // *PLoS One*. — 2014. — 9(3):e93318.

16. Maggio M. G., de Luca R., Maresca G., et al. Personal computer-based cognitive training in Parkinson's disease: a case study // *Psychogeriatrics*. — 2018. — 18(5):427–429. — DOI: 10.1111/psyg.12333.
17. Maggio M. G., de Luca R., Molonia F., et al. Cognitive rehabilitation in patients with traumatic brain injury: a narrative review on the emerging use of virtual reality // *Journal of Clinical Neuroscience*. — 2019. — 61:1–4. — DOI: 10.1016/j.jocn.2018.12.020.
18. Manera V., Chapoulie E., Bourgeois J., Guerchouche R., David R., Ondrej J. et al. A feasibility study with image-based rendered virtual reality in patients with mild cognitive impairment and dementia // *PLoS One*. — 2016. — 11:e0151487.
19. Manivannan S., Al-Amri M., Postans M., Westacott L. J., Gray W., Zaben M. The effectiveness of virtual reality interventions for improvement of neurocognitive performance after traumatic brain injury: a systematic review // *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*. — 2019. — 34(2):E52–E65. — DOI: 10.1097/HTR.0000000000000412.
20. Martínez-Moreno J. M., Sánchez-González P., Luna M., Roig T., Tormos J. M., Gómez E. J. Modelling ecological cognitive rehabilitation therapies for building virtual environments in brain injury // *Methods of Information in Medicine*. — 2016. — 55(1):50–59. — DOI: 10.3414/ME15-01-0050.
21. Pietrzak E., Pullman S., McGuire A. Using virtual reality and videogames for traumatic brain injury rehabilitation: a structured literature review // *Games for Health Journal*. — 2014. — 3(4):202–214. — DOI: 10.1089/g4h.2014.0013.
22. Robitaille N., Jackson P. L., Hébert L. J., et al. A Virtual Reality avatar interaction (VRai) platform to assess residual executive dysfunction in active military personnel with previous mild traumatic brain injury: proof of concept // *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. — 2017. — 12(7):758–764. — DOI: 10.1080/17483107.2016.1229048.
23. Ruan Q., Yu Z., Chen M., Bao Z., Li J., He W. Cognitive frailty, a novel target for the prevention of elderly dependency // *Ageing Res Rev*. — 2015. — 20:1–10.
24. Zigmond, AS; Snaith, RP (1983). The hospital anxiety and depression scale // *Acta Psychiatrica Scandinavica*. — 67 (6): 361–370. — DOI:10.1111/j.1600-0447.1983.tb09716.x. PMC 1339318. PMID 6880820.