

УДК 004.946:616-005.8:616.831-009.11-031.4

Результаты открытого исследования эффективности двигательной реабилитации пациентов в остром периоде ишемического инсульта с использованием иммерсивной виртуальной реальности

А.В. Захаров, Е.В. Хивинцева, А.В. Колсанов, И.Е. Повереннова, В.Ф. Пятин,
С.С. Чаплыгин, В.А. Калинин

Аннотация

Цель – изучение эффективности применения иммерсивной виртуальной реальности в качестве метода восстановления двигательной функции нижних конечностей у пациентов в остром периоде ишемического инсульта в каротидном бассейне на основании динамики шкалы Берга.

Материал и методы. В исследование было включено 33 пациента в остром периоде ишемического инсульта в каротидном бассейне. Пациенты были рандомизированы в две группы: основная группа дополнительно получала занятия в условиях иммерсивной виртуальной реальности с сенсорным воздействием продолжительностью 10 занятий по 15 минут.

Результаты. У пациентов основной группы отмечалось улучшение стато-локомоторной функции по данным шкалы баланса Берга уже на шестой день занятий ($p=0,03$). Различия между сравниваемыми группами в последний день реабилитации продемонстрировали улучшение стато-локомоторной функции на 23 балла (95% ДИ 13–27 баллов) в основной группе и на 7 баллов (95% ДИ 2–13 баллов) по шкале баланса Берга.

Заключение. Продемонстрировано положительное воздействие реабилитационных занятий в иммерсивной виртуальной реальности на восстановление стато-локомоторной функции у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. Метод продемонстрировал высокую безопасность и хорошую переносимость у данной категории пациентов. Усиление степени иммерсивности за счет использования эксплицитного взаимодействия с объектами виртуальной реальности позволит в будущем увеличить эффективность восстановления стато-локомоторной функции.

Ключевые слова: инсульт, иммерсивная виртуальная реальность, реабилитация, нижние конечности, шкала баланса Берга.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Захаров А.В., Хивинцева Е.В., Колсанов А.В., Повереннова И.Е., Пятин В.Ф., Чаплыгин С.С., Калинин В.А. **Результаты открытого исследования эффективности двигательной реабилитации пациентов в остром периоде ишемического инсульта с использованием иммерсивной виртуальной реальности.** *Наука и инновации в медицине.* 2019;4(2):38-42. doi: 10.35693/2500-1388-2019-4-2-38-42

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (Самара, Россия)

Финансирование. Проект выполнен при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60418X0208

Сведения об авторах

Захаров А.В. – к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии. ORCID: 0000-0003-1709-6195

Хивинцева Е.В. – к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии. ORCID: 0000-0002-1878-7951

Колсанов А.В. – д.м.н., профессор РАН, заведующий кафедрой оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий. *Web of Science Researcher IDB-6050-2018* ORCID: 0000-0002-4144-7090

Повереннова И.Е. – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой неврологии и нейрохирургии. ORCID: 0000-0002-2594-461X

Пятин В.Ф. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой физиологии с курсом безопасности жизнедеятельности.

ORCID: 0000-0001-8777-3097

Scopus Author ID: 6507227084

Loop profile: 398820

Чаплыгин С.С. – к.м.н., доцент кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий.

ORCID: 0000-0002-9027-6670

Калинин В.А. – д.м.н., профессор кафедры неврологии и нейрохирургии. ORCID: 0000-0003-3233-8324

Scopus Author ID: 34872360600

Scopus Author ID: 6506805041

Автор для переписки

Захаров Александр Владимирович

Адрес: Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099.

E-mail: zakharov1977@mail.ru

Тел.: +7 (846) 956 16 84.

BP – виртуальная реальность; лСМА – левая средняя мозговая артерия; пСМА – правая средняя мозговая артерия.

Рукопись получена: 27.05.2019

Рецензия получена: 20.06.2019

Решение о публикации принято: 23.06.2019

Nonblinded study of immersive virtual reality efficacy for motor rehabilitation in patients with acute ischemic stroke: results presented

Aleksandr V. Zakharov, Elena V. Khivintseva, Aleksandr V. Kolsanov,
Irina E. Poverennova, Vasily F. Pyatin, Sergey S. Chaplygin, Vladimir A. Kalinin

Abstract

Objectives – to evaluate the efficacy of the immersive virtual reality (VR) as a supplementary method of the motor function restoration in the lower extremities of the patients with acute ischemic stroke in the carotid territory. Berg balance scale dynamics was used for patients assessment.

Material and methods. The study included 33 patients with acute ischemic stroke in the carotid territory. The patients were randomized into two groups: the control group received the conventional treatment; the experimental group additionally received VR therapy with a sensory impact. The VR therapy included 10 sessions of 15 minutes duration each.

Results. On the 6th day of VR treatment, the static-locomotor function index on Berg balance scale was significantly improved in patients in the experimental group ($p=0.03$). On the last day of rehabilitation, the difference between the study groups in the static-locomotor function demonstrated the improvement on 23 points (95% CI 13–27 points) in the experimental group, the Berg balance scale improvement reached 7 points (95% CI 2–13 points).

Conclusion. The study revealed the positive input of the immersive VR sessions in static-locomotor function rehabilitation in patients in the acute period of ischemic stroke. The method demonstrated its safety and acceptability in this category of patients. Deeper immersion through the use of an explicit interaction with the VR objects could increase the efficiency of this rehabilitation method in static-locomotor function restoration.

Keywords: stroke, immersive virtual reality, rehabilitation, lower extremities, Berg balance scale.

Conflict of Interest: nothing to disclose.

Citation

Zakharov AV, Khivintseva EV, Kolsanov AV, Poverennova IE, Pyatin VF, Chaplygin SS, Kalinin VA. **Nonblinded study of immersive virtual reality efficacy for motor rehabilitation in patients with acute ischemic stroke: results presented.** *Science & Innovations in Medicine.* 2019;4(2):38-42. doi: 10.35693/2500-1388-2019-4-2-38-42

Samara State Medical University (Samara, Russia)

Study funding. The study was conducted under the sponsorship of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; project unique ID: RFMEFI60418X0208

Information about authors

Aleksandr V. Zakharov – PhD, Associate Professor of Department of neurology and neurosurgery. ORCID: 0000-0003-1709-6195

Elena V. Khivintseva – PhD, Associate Professor, Department of neurology and neurosurgery. ORCID: 0000-0002-1878-7951

Aleksandr V. Kolsanov – PhD, Professor, Head of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy with a course of innovative technologies. Web of Science Researcher IDB-6050-2018

ORCID: 0000-0002-4144-7090

Irina E. Poverennova – PhD, Professor, Head of the Department of neurology and neurosurgery. ORCID: 0000-0002-2594-461X

Vasily F. Pyatin – PhD, Professor, Head of the Department of Physiology with the course of health and safety.

ORCID:0000-0001-8777-3097

Scopus Author ID: 6507227084

Loop profile: 398820

Sergei S. Chaplygin – PhD, Associate Professor of the Department of Operative Surgery and Clinical Anatomy with a course of innovative technologies. ORCID: 0000-0002-9027-6670

Vladimir A. Kalinin – PhD, Professor of Department of neurology and neurosurgery. ORCID: 0000-0003-3233-8324

Scopus Author ID: 34872360600

Scopus Author ID: 6506805041

Corresponding Author

Alexander V. Zakharov

Address: Samara State Medical University, 89 Chapayevskaya st., Samara, Russia, 443099.

E-mail: zakharov1977@mail.ru

Phone: +7 (846) 956 16 84.

Received: 27.05.2019

Revision Received: 20.06.2019

Accepted: 23.06.2019

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт сохраняет высокую степень актуальности по причине высокой степени тяжелой инвалидизации и смертности [1, 2, 3]. У 80% пациентов, выживших после инсульта, формируется парез верхних конечностей, у 40% данный парез сохраняется в течение всей жизни. У 81,2% пациентов формируется стойкая инвалидизация по причине двигательных нарушений. Двигательные нарушения в нижних конечностях приводят к высокому риску падений и ограничению стато-локомоторной функции [4]. На данный момент парезу верхней конечности отводится более значимая роль в формировании стойких инвалидизирующих двигательных нарушений. Несмотря на это, именно первоначальное восстановление двигательной функции нижних конечностей способствует значительному увеличению реабилитационного потенциала в дальнейшем [5].

Нарушение мобильности пациентов, перенесших инсульт, выражается в нарушении выполнения ежедневных бытовых задач, нарушении баланса и координации. Порядка 37% пациентов, перенесших инсульт в каротидном бассейне, в течение полугода испытывают как минимум одно падение [6]. У 8% пациентов

из данной группы падение приводит к переломам различной локализации. Однократно возникший эпизод падения у больных приводит к формированию страха падения и как следствие – к ограничению мобильности и снижению качества жизни [7]. Фундаментальные исследования по оценке нейропластичности на основе функциональной магнитно-резонансной томографии демонстрируют наибольшие показатели в остром и подостром периодах инсульта [8, 9]. Следует отметить, что в данный период можно получить малоадаптивные эффекты реабилитации в виде формирования компенсаторного двигательного паттерна (для нижней конечности это гемипаретическая походка) или активации ипсилатеральной моторной зоны, что в последующем будет способствовать быстрому формированию «реабилитационного плато».

Современные методы двигательной реабилитации имеют высокий уровень доказательной базы, но в большинстве случаев являются ресурсоемкими и дорогостоящими, подразумевая использование дополнительных средств, обеспечивающих мобильность пациента. Это, к сожалению, значительно ограничивает масштабирование в использовании данных средств реабилитации [10, 11]. Сложность технической реализации реабилитаци-

онной методики требует от пациента высокого уровня ориентировочно-познавательной и речевой функций.

В современных условиях в реабилитации существует запрос на технологии и реализованные на их основе устройства, позволяющие комплексно решать данные ограничения.

Использование виртуальной реальности (ВР) может стать одним из способов преодоления существующих ограничений. На данный момент существуют ВР, классифицируемые как иммерсивные и неиммерсивные системы [12, 13]. Неиммерсивные системы ВР подразумевают сохранность сенсорных ощущений физического мира. В иммерсивных системах ВР сенсорные потоки полностью замещаются на искусственные.

На данный момент происходит активное изучение неиммерсивных ВР в качестве метода, активирующего двигательную реабилитацию [14, 15]. Большинство исследований посвящено восстановлению двигательной функции верхней конечности с недостаточным акцентом внимания на восстановление стато-локомоторной функции. Также остается открытым вопрос о длительности и интенсивности реабилитационных занятий в ВР, позволяющих достичь клинически значимого результата.

ЦЕЛЬ

Изучение эффективности применения иммерсивной виртуальной реальности в качестве метода восстановления двигательной функции нижних конечностей у пациентов в остром периоде ишемического инсульта в каротидном бассейне на основании динамики шкалы Берга.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось в соответствии с международным стандартом надлежащего качества научных исследований (Good Clinical Practice). Получено одобрение локального этического комитета СОКБ им. В.Д. Середавина №146 от 14.03.2018 г. До включения в исследование все участники подписали письменное информированное согласие.

Критерии включения в исследование:

1) пациенты в возрасте от 18 до 80 лет с впервые возникшим острым нарушением мозгового кровообращения по ишемическому типу в каротидном бассейне в остром периоде;

2) двигательные нарушения в нижних конечностях в виде центрального пареза менее 3 баллов (согласно шкале оценки мышечной силы Британского совета медицинских исследований).

Критерии невключения:

1) когнитивные нарушения со снижением балла по Монреальской шкале оценки когнитивной функции (MoCA) менее 24 баллов;

2) сопутствующие неврологические и соматические заболевания, формирующие двигательные нарушения различной степени выраженности.

После подписания информированного согласия пациенты рандомизировались в две группы. Все больные получали реабилитационную помощь в объеме

стандарта оказания медицинских услуг пациентам с острым нарушением мозгового кровообращения в условия стационара регионального сосудистого центра. Пациентам основной группы дополнительно проводились занятия в ВР. Данные занятия начинались в условиях палаты пациента в положении лежа, после расширения двигательной активности продолжались в условиях реабилитационного кабинета в положении сидя.

При проведении занятий в ВР пациентам демонстрировалась ходьба по горизонтальной поверхности от первого лица, при этом каждый виртуальный шаг и контакт с виртуальной поверхностью земли были сопряжены с проприоцептивным воздействием на подошвенную поверхность стопы. Данное имплицитное проприоцептивное подтверждение совершаемого шага осуществлялось с помощью воздействия многокамерных пневмоманжет, раздуваемых с частотой и интенсивностью, идентичной физиологическому шагу пациента весом 70–80 кг, идущего со скоростью 5 км/ч. Длительность занятия составляла 10 сеансов по 15 минут. Пациентам проводилось исследование двигательной функции нижних конечностей по шкале Фугл – Мейера в день начала и на десятый день занятий.

Анализ данных проводили с использованием программного обеспечения Statistica 12.0 (StatSoft). В качестве статистических методов оценки выборок на предмет нормального распределения использовали критерий Шапиро – Уилка. Применяли критерий ранговых знаков Вилкоксона для связанных выборок и критерий Манна – Уитни для независимых выборок. Проводился корреляционный анализ Спирмана.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование было включено 35 пациентов. Из них 3 пациента выбыли из исследования по причине возникших нежелательных явлений, не связанных с использованием реабилитации в ВР. У одного пациента возникла тромбоэмболия мелких ветвей легочной артерии, у двух пациентов развилось острое психотическое состояние, по поводу которых дополнительно была назначена психотропная терапия. Все нежелательные явления полностью разрешились к моменту окончания исследования.

Сравниваемые группы были сопоставимы по клинико-демографическим данным (таблица 1).

Характеристика	Группа сравнения (n=16)				Основная группа (n=17)			
	М (9)		Ж (7)		М (10)		Ж (7)	
Пол	М (9)		Ж (7)		М (10)		Ж (7)	
Возраст (мин.–макс.)	62 (40–76)		70 (59–79)		64 (42–73)		65 (41–77)	
Средний возраст в группе (мин.–макс.)	65 (40–79)				64 (41–77)			
Локализация инсульта (количество случаев)	лСМА	пСМА	лСМА	пСМА	лСМА	пСМА	лСМА	пСМА
	5	4	7	0	5	5	4	3

Примечание. лСМА – левая средняя мозговая артерия, пСМА – правая средняя мозговая артерия.

Таблица 1. Клинико-демографическая характеристика исследуемых групп больных

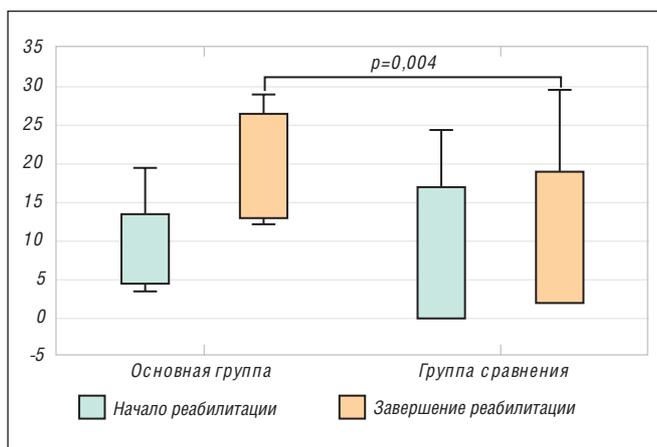


Рисунок 1. Показатели шкалы баланса Берга в начале и по окончании курса реабилитации.

Наличие различий в исследуемых группах относительно сторонности локализации инсульта не носило статистически достоверных различий.

В качестве основного критерия оценки эффективности реабилитации в ВР выбрана шкала баланса Берга, валидизированная для пациентов с острым периодом инсульта и имеющая высокую чувствительность по выявлению динамики двигательных нарушений.

Среднее значение увеличения балла шкалы Берга на протяжении исследования в основной группе составило 7 (95% ДИ 2–11) баллов ($p < 0,05$), что находилось практически на уровне минимальной чувствительности данной шкалы (7–8 баллов). В основной группе динамика составила 19 (95% ДИ 12–27) баллов ($p=0,004$) (рисунок 1).

В группе сравнения выраженная положительная корреляция исходного значения балла по шкале баланса Берга на динамику балла данной школы на момент окончания исследования: $r_s=0,78$; $p=0,001$. У пациентов с локализацией инсульта в лСМА наблюдалось более ошутимое восстановление двигательной функции ($r_s=0,54$; $p=0,024$).

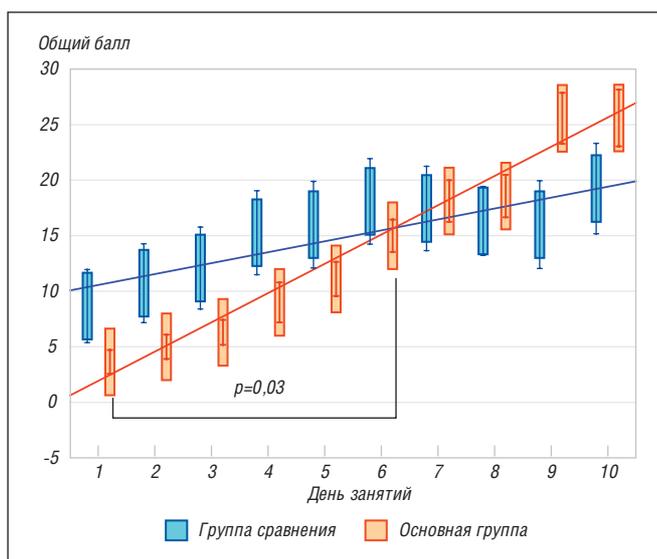


Рисунок 2. Динамика показателей шкалы Берга в зависимости от длительности реабилитации.

Шкала оценки (среднее, 95% ДИ)	Группа сравнения	Основная группа
NIHSS (начало реабилитации)	11 (8–14)	10 (8–11)
Рэнкин (начало реабилитации)	4 (3–4)	4 (3–4)
Ривермид (начало реабилитации)	3 (2–4)	2 (1–4)
NIHSS (завершающий визит)	9 (6–13)	7 (6–9)
Рэнкин (завершающий визит)	3 (1–4)	3 (2–4)
Ривермид (завершающий визит)	5 (4–6)	6 (4–7)

Таблица 2. Показатели шкал неврологического осмотра и показателей функционирования на этапе включения и завершения исследования

Дополнительной задачей исследования было изучение влияния длительности занятий в иммерсивной ВР на степень восстановления двигательной функции.

Статистически значимых различий балла по шкале баланса Берга в течение всего исследования не получено. Достоверные статистические различия в основной группе возникали уже на шестой день реабилитации ($p=0,03$) (рисунок 2).

У пациентов обеих групп на момент включения в исследование наблюдались выраженные нарушения жизнедеятельности, что соответствовало тяжелой или умеренной степени инвалидизации по шкале Рэнкин (таблица 2).

На момент окончания исследования отмечалась положительная динамика по всем шкалам оценки эффективности реабилитационных мероприятий. Так, индекс мобильности Ривермид у группы сравнения характеризовался способностью пациента самостоятельно стоять более 10 сек., а в основной группе пациенты могли самостоятельно передвигаться на расстояние до 10 м без посторонней помощи.

■ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование сенсорного взаимодействия с виртуальными объектами может рассматриваться в качестве метода, активизирующего нейропластичность центральной нервной системы на кортикальном и пирамидно-стриарном уровнях.

Очевидно, следующим этапом развития реабилитационных технологий с использованием виртуальной реальности будет повышение иммерсивности за счет сенсорного погружения в ВР при мультисенсорном воздействии. Также вероятно, что использование эксплицитного взаимодействия с объектами ВР будет способствовать увеличению эффективности реабилитации и расширению ее возможностей. Высокая степень безопасности данного реабилитационного метода позволяет использовать его у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. Интуитивно понятные занятия не имеют ограничений в виде сенсорных нарушений речи. ■

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Roger VL, et al. Heart disease and stroke statistics-2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;123(4):18–209. doi: 10.1161/CIR.0b013e31823ac046
2. Feigin VL, et al. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. *Lancet Neurology*. 2009;8(4):355–69. doi: 10.1016/S1474-4422(09)70025-0
3. Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2095–2128. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61728-0
4. Wang W, et al. Prevalence, incidence, and mortality of stroke in China: results from a nationwide population-based survey of 480 687 adults. *Circulation*. 2017;135(8):759–71. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025250
5. Prabhakaran S, et al. Inter-individual variability in the capacity for motor recovery after ischemic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2008;22(1):64–71. doi: 10.1177/1545968307305302
6. Batchelor FA, Mackintosh SF, Said CM, Hill KD. Falls after stroke. *Int J Stroke*. 2012;7(6):482–490. doi: 10.1111/j.1747-4949.2012.00796.x
7. Rodrigues-Baroni JM, Nascimento LR, Ada L, Teixeira-Salmela LF. Walking training associated with virtual reality-based training increases walking speed of individuals with chronic stroke: systematic review with meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2014;18(6):502–512. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0062
8. Gonzalez RG, Hirisch JA, Koroshetz WJ, et al. Acute ischemic stroke: imaging and intervention R.G. Gonzalez, Berlin–Heidelberg–New York: Springer, 2006. doi: 10.1007/978-3-642-12751-9
9. Richards CL, Malouin F, Nadeau S. Stroke rehabilitation: clinical picture, assessment, and therapeutic challenge. *Progress in Brain Research*. 2015;218:253–80. doi: 10.1016/bs.pbr.2015.01.003
10. Saposnik G, et al. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *Lancet Neurology*. 2016;15(10):1019–27. doi: 10.1016/S1474-4422(16)30121-1
11. Teasell R, et al. Stroke rehabilitation: an international perspective. *Top Stroke Rehabilitation*. 2009;16(1):44–56. doi: 10.1310/tsr1601-44
12. Laver KE, et al. Realidad virtual para la rehabilitación del accidente cerebrovascular. *John Wiley & Sons Ltd for the Cochrane Collaboration*, 2011. doi: 10.1002/14651858
13. Martín BP, et al. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Reviews Neurology*. 2010;51:481–8. doi: 10.33588/rn.5108.2009665
14. Park D, et al. Effects of virtual reality training using Xbox Kinect on motor function in stroke survivors: a preliminary study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2017;23:13–19. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.05.019
15. Lee S, Kim Y, Lee BH. Effect of virtual reality-based bilateral upper extremity training on upper extremity function after stroke: a randomized controlled clinical trial. *Occupational Therapy International*. 2016;23(4):357–68. doi: 10.1002/oti.1437