

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ
ORIGINAL ARTICLE<https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.CLIN.3>
УДК 616.831-005.1-036.11:615.82/.83

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

А.С. Лахов¹, М.Ю. Стариковский¹, И.Е. Повереннова¹, М.В. Куров¹, Н.П. Перстенёва²¹Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, д. 89, г. Самара, 443099, Россия²Самарский государственный экономический университет, ул. Советской Армии, д. 141, г. Самара, 443090, Россия

Резюме. Цель: оценить эффективность метода виртуальной реальности в восстановлении двигательной функции нижней конечности у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. Материал и методы. Исследовано 207 пациентов в остром периоде ишемического инсульта, которые путём рандомизации были поделены на две группы: группа исследования – 105 пациентов, группа сравнения – 102 пациента. Все пациенты получали необходимую стандартизированную терапию. Пациенты группы исследования дополнительно получали занятия на аппарате ReviVR. Оценка эффективности проводилась по шкалам NIHSS, FMA-LE, BBS. Результаты. По всем исследуемым шкалам пациенты группы исследования продемонстрировали лучшие результаты по отношению к группе сравнения как по итоговому результату, так и по уровню изменения показателей в процессе реабилитации. Применение виртуальной реальности позволило снизить инвалидизацию по шкале NIHSS до 7,0 (4,0; 9,0) баллов, что лучше результатов группы сравнения – 9,0 (5,0; 13,0) баллов, с высоким уровнем значимости $p < 0,001$. Нарастание моторной функции по FMA-LE в группе исследования оказалось выше и составило 21,0 (15,0; 24,0) баллов против 18,0 (7,0; 22,0) баллов группы сравнения с уровнем значимости $p = 0,002$. Исследуемая группа также показала лучшие результаты по шкале BBS – 26,0 (17,0; 34,0) против 18,0 (5,0; 29,0) баллов с уровнем значимости $p < 0,001$. Заключение. Применение виртуальной реальности совместно со стандартизированной терапией в остром периоде ишемического инсульта эффективно в отношении восстановления моторной функции поражённой нижней конечности, улучшения баланса и снижения общей инвалидизации в целом.

Ключевые слова: инсульт, виртуальная реальность, реабилитация.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая обязательное получение информированного согласия.

Для цитирования: Лахов А.С., Стариковский М.Ю., Повереннова И.Е., Куров М.В., Перстенёва Н.П. Оценка влияния виртуальной реальности на восстановление двигательной функции в остром периоде ишемического инсульта. Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье. 2024;14(4):60–67. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.CLIN.3>

ASSESSING THE IMPACT OF VIRTUAL REALITY ON THE RESTORATION OF MOTOR FUNCTION IN THE ACUTE PERIOD OF ISCHEMIC STROKE

Aleksandr S. Lakhov¹, Maksim Yu. Starikovskiy¹, Irina E. Poverennova¹, Maksim V. Kurov¹, Natalia P. Persteneva²¹Samara State Medical University, Chapaevskaya St., 89, Samara, 443099, Russia²Samara State University of Economics, Sovetskoy Armii St., 141, Samara, 443090, Russia

Abstract. Aim: to evaluate the effectiveness of using virtual reality to restore motor function in patients in the acute period of ischemic stroke. Material and methods. We studied 207 patients in the acute period of ischemic stroke, who were divided into two groups by randomization: study group – 105 patients, comparison group – 102 patients. All patients received all necessary standardized therapy. Patients in the study group additionally received classes using the ReviVR device. Efficacy was assessed using the NIHSS, FMA-LE, and BBS scales. Results. On all scales studied, patients in the study group demonstrated better results in relation to the comparison group, both in terms of the final result and in terms of the level of change in indicators during the rehabilitation process. The use of virtual reality made it possible to reduce disability on the NIHSS scale to 7.0 (4.0; 9.0) points, which is better than the results of the comparison group – 9.0 (5.0; 13.0) points with a high level of significance $p < 0.001$. The increase in motor function according to FMA-LE in the study group was higher and amounted to 21.0 (15.0; 24.0) points versus 18.0 (7.0; 22.0) points in the comparison group with a significance level of $p = 0.002$. The study group also showed better results on the BBS scale – 26.0 (17.0; 34.0) versus 18.0 (5.0; 29.0) points with a significance level of $p < 0.001$. Conclusion. The use of virtual reality together with standardized therapy in the acute period of ischemic stroke is effective in restoring motor function of the affected lower limb, improving balance and reducing general disability in general.

Keywords: stroke, virtual reality, rehabilitation.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

Cite as: Lakhov A.S., Starikovskiy M.Yu., Poverennova I.E., Kurov M.V., Persteneva N.P. Assessing the impact of virtual reality on the restoration of motor function in the acute period of ischemic stroke. Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health. 2024;14(4):60–67. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.4.CLIN.3>

Введение

Одно из лидирующих мест в структуре первичной инвалидизации населения во всем мире занимает инсульт [1, 2], а в ряде стран является самой частой причиной и третьей по частоте причиной смерти после заболеваний сердца и опухолей [3, 4]. Ежегодно в Российской Федерации происходит свыше 450 тысяч случаев заболевания инсультом, большая часть которых приходится на ишемический инсульт (ИИ) [4, 5]. Самой распространённой группой симптомов при инсульте являются двигательные нарушения, среди которых более чем у 80% выживших пациентов наблюдается клиника гемипареза, являющаяся одним из самых инвалидизирующих состояний, препятствуя возврату к прежнему уровню жизни вплоть до невозможности самообслуживания и необходимости постоянной помощи окружающих лиц. Согласно статистике, только 20% пациентов с инсультом выписываются из первичного сосудистого отделения с успешным восстановлением моторных функций, а большая часть остаётся в той или иной степени инвалидами, причём у 40% двигательный дефицит остаётся пожизненно [6]. К концу первого года после инсульта гемипарез отмечается у половины больных, при этом треть всех пациентов составляют лица трудоспособного возраста, и лишь 25% из них возвращаются к труду [1]. Во всем мире около одной трети всех выживших пациентов с инсультом становятся инвалидами [7], и не более 15-20% пациентов могут возвратиться к труду, а остальные из-за инвалидности нуждаются в пожизненной медико-социальной поддержке [5, 8]. По разным данным, в результате перенесённого инсульта около 30% пациентов нуждаются в постоянном уходе, 20% не могут самостоятельно ходить [9]. В этой связи возникает необходимость совершенствования методов реабилитации и разработки принципиально новых подходов к ней.

Виртуальная реальность (ВР) – симуляция реальной среды с помощью компьютера, воспроизведение какой-либо ситуации через ощущения (зрительные, слуховые, обонятельные, осязательные и др.) с целью индуцировать ответные реакции и вовлечь пациентов в целенаправленное, повторяющееся и интенсивное обучение [2, 10-12]. В настоящее время технологии ВР широко применяются в различных областях человеческой деятельности, в том числе и в медицине. Исследователи из разных стран занимаются изучением влияния ВР на пациентов с различной патологией, а также в качестве метода постинсультной реабилитации.

Преимуществом данной технологии является возможность создания любой нужной для восстановительного лечения виртуальной среды, даже если в реальном мире это сделать затруднительно. Создаются условия как для тренировки определённых

двигательных навыков, так и для обычных бытовых [13, 14]. Как правило, для этого используется компьютер со специализированным программным обеспечением, очки или шлем, передающие изображение пациенту, датчики движения, а также специализированные устройства для рук и ног для воздействия с помощью системы биологической обратной связи (БОС). Применение БОС совместно с системой ВР обеспечивает активную мультисенсорную стимуляцию различных видов и, как следствие, усиление стимуляции пластичности [10].

В ряде исследований было показано, что применение ВР даёт явный положительный эффект относительно снижения степени инвалидизации при различной неврологической патологии. Есть данные о положительном влиянии ВР на равновесие, навыки ходьбы, моторику рук [2, 15]. На сегодняшний день лишь небольшое число исследований по комплексной оценке эффективности ВР в постинсультной реабилитации проведено с большим объёмом выборки, а в основном ограничиваются несколькими десятками пациентов [16-18]. Большинство исследований сосредоточены на реабилитации только верхней конечности [16, 18, 19].

Цель исследования: оценить эффективность метода виртуальной реальности в восстановлении двигательной функции нижней конечности у пациентов в остром периоде ишемического инсульта.

Материал и методы

Работа выполнена в виде клинического проспективного рандомизированного контролируемого исследования, в котором приняли участие 207 пациентов с двигательными нарушениями в нижней конечности вследствие ИИ (3 и менее баллов, согласно 5-балльной оценке мышечной силы), находившихся на лечении в Региональном сосудистом центре ГБУЗ СОКБ им. В.Д. Середавина г. Самары в период с 2018 по 2023 гг., которые путём рандомизации были поделены на две группы: в группу исследования (первая группа) вошло 105 пациентов, в группу сравнения (вторая группа) – 102 человека. Пациентам обеих групп осуществлялась базисная терапия ИИ согласно федеральным стандартам, проводилось лечение, направленное на коррекцию сопутствующих заболеваний и состояний. Пациенты первой группы дополнительно один раз в день по 15 минут в количестве 10 сеансов получали занятия на аппарате виртуальной реальности ReviVR (рис. 1), разработанном и созданном в Самарском государственном медицинском университете (регистрационное удостоверение № РЗН 2021/15373 от 23.09.2021, приказ № 9114 от 23.09.2021).



Рисунок 1. Тренажер виртуальной реальности ReviVR
Figure 1. ReviVR virtual reality simulator

Оценку неврологической симптоматики проводили по шкалам NIHSS, Фугл-Мейер (FMA-LE) и Berg Balance Scale (BBS) в начале исследования и каждый день нахождения в стационаре. При использовании шкалы FMA-LE ориентировались на раздел «Е», который позволяет детально оценить двигательные функции от 0 до 28 баллов. Конечной точкой результата лечения явились показатели шкал на момент выписки пациентов из стационара. Начальной точкой для пациентов группы исследования являлся день начала занятий на аппарате ВР, а для пациентов группы сравнения – третий день после поступления в стационар или после стабилизации состояния для того, чтобы удовлетворять всем критериям включения и исключения, что составило максимум 11 дней. Такой период выбран с целью исключить влияние самопроизвольного восстановления или прогрессии неврологического дефицита в начале заболевания на результаты исследования [20].

На пациента надевался шлем виртуальной реальности, который передавал изображение вирту-

ального футбольного поля. Стандартная скорость ходьбы для всех пациентов составляла 5 км/ч. Изображение дублировалось на экране монитора, чтобы исследователь мог контролировать процесс, менять скорость ходьбы и интенсивность тренировки. На ноги пациента надевались специальные пневмоманжеты, которые путём подачи воздуха сокращались, оказывая тактильное воздействие на опорные зоны стоп. В виртуальной среде пациент видел вокруг себя виртуальное футбольное поле и шёл по нему, при этом в момент касания ногой земли в виртуальном мире в реальном происходило сокращение пневмоманжеты с раздражением опорной зоны стопы. Задачей пациента было пройти от одного края поля до другого, развернуться и пойти обратно. Во время занятия в ВР пациент мог находиться как в сидячем, так и в лежачем положении.

Статистический анализ полученных данных проводился на персональном компьютере с использованием пакета программ Microsoft Office 2021 и IBM SPSS Statistics 26.0. Проверку распределения количественных признаков на нормальность проводили с помощью критерия Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Для представления непараметрических данных использовали медиану (Me) и квартили (Q1; Q3). Для графического представления использовали box plot. Сравнение количественных признаков с распределением, отличным от нормального, в независимых выборках осуществляли с помощью критерия Манна – Уитни, в зависимых выборках использовали критерий Вилкоксона. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Сравнение качественных признаков проводили с помощью таблицы сопряженности с оценкой уровня значимости критерия Хи-квадрат с поправкой Йейтса. Для оценки разницы между показателями до и после лечения использовали Δ для каждой шкалы – Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS.

Результаты

Медианный возраст пациентов первой группы составил 67 (61; 73) лет, второй группы – 66 (59; 72) лет. Группы оказались сопоставимыми по возрасту ($p = 0,442$). Также было проведено сравнение обеих групп по половому признаку, данные представлены в таблице 1. Группы оказались сопоставимыми по полу ($p = 0,813$), а также по характеристикам инсульта и степени выраженности пареза в поражённой нижней конечности.

Таблица 1. Распределение пациентов по полу в первой и второй группах
Table 1. Distribution of patients by gender in the first and second groups

Группа	Мужчины		Женщины		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Первая	58	49,6	47	52,2	105	50,7
Вторая	59	50,4	43	47,8	102	49,3
Итого	117	100,0	90	100,0	207	100,0

С помощью критерия Вилкоксона был проведён анализ данных, полученных по шкалам NIHSS, FMA-LE и BBS на момент начала и окончания исследования у пациентов первой группы. Результаты анализа с описательной статистикой представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты лечения пациентов группы исследования
Table 2. Treatment results for patients in the study group

Шкала	Начало исследования		Окончание исследования		p
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	10,0	8,0; 12,0	7,0	4,0; 9,0	< 0,001
FMA-LE	9,0	4,0; 15,0	21,0	15,0; 24,0	< 0,001
BBS	4,0	0,5; 12,0	26,0	17,0; 34,0	< 0,001

Получены данные об эффективности применения БР по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. В результате совместного применения стандартизированных методик и БР инвалидизация пациентов снизилась по шкале NIHSS с 10,0 (8,0; 12,0) до 7,0 (4,0; 9,0) баллов, нарастание моторной функции по FMA-LE составило с 9,0 (2,0; 15,0) до 21,0 (15,0; 24,0) баллов, улучшение баланса согласно BBS – с 4,0 (0,5; 12,0) до 26,0 (17,0; 34,0) баллов.

Проведён анализ данных пациентов группы сравнения. Стандартизированные методы реабилитации также показали хорошие результаты: балл по шкале NIHSS снизился с 10,5 (7,0; 14,0) до 9,0 (5,0; 13,0), восстановление моторной функции поражённой нижней конечности возросло с 16,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (7,0; 22,0) баллов, улучшение баланса – с 7,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (5,0; 29,0) баллов, все с высоким уровнем значимости $p < 0,001$. Результаты анализа с описательной статистикой представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты исследования пациентов группы сравнения
Table 3. Results of the study of patients in the comparison group

Шкала	Начало исследования		Окончание исследования		p
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	10,5	7,0; 14,0	9,0	5,0; 13,0	< 0,001
FMA-LE	16,0	4,0; 18,0	18,0	7,0; 22,0	< 0,001
BBS	7,0	4,0; 18,0	18,0	5,0; 29,0	< 0,001

Для сравнения полученных результатов между двумя группами использовали критерий Манна – Уитни, с помощью которого был проведён анализ показателей всех трёх шкал на момент окончания исследования. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4. Сравнение результатов реабилитации пациентов обеих групп
Table 4. Comparison of rehabilitation results for patients of both groups

Шкала	Группа исследования		Группа сравнения		p
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	7,0	4,0; 9,0	9,0	5,0; 13,0	< 0,001
FMA-LE	21,0	15,0; 24,0	18,0	7,0; 22,0	0,002
BBS	26,0	17,0; 34,0	18,0	5,0; 29,0	< 0,001

Применение метода виртуальной реальности оказалось эффективнее стандартизированных методик реабилитации в плане снижения уровня инвалидизации: балл по шкале NIHSS снизился до 7,0 (4,0; 9,0), что лучше результатов группы сравнения – 9,0 (5,0; 13,0) баллов с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$), что наглядно представлено на рисунке 2.

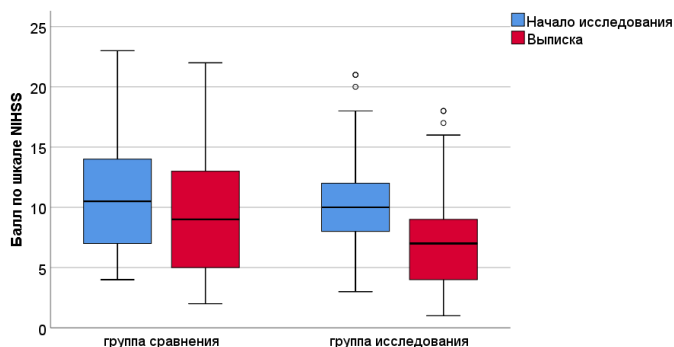


Рисунок 2. Результаты лечения пациентов первой и второй групп по шкале NIHSS

Figure 2. Treatment results for patients of the first and second groups according to the NIHSS scale

Применение БР показало более высокий результат относительно нарастания моторной функции нижней конечности. Так, по шкале FMA-LE в группе исследования балл составил 21,0 (15,0; 24,0) против 18,0 (7,0; 22,0) баллов группы сравнения с уровнем значимости $p = 0,002$. Динамика показателей у пациентов первой и второй групп по шкале FMA-LE с момента начала до окончания исследования представлена на рисунке 3.

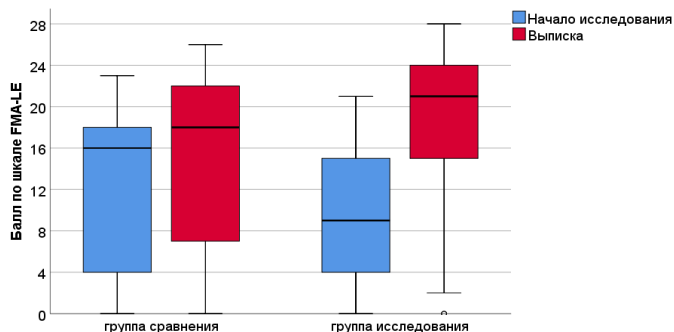


Рисунок 3. Результаты лечения пациентов первой и второй групп по шкале FMA-LE

Figure 3. Treatment results for patients of the first and second groups according to the FMA-LE scale

Оценка состояния функции баланса по шкале Берга показала более эффективную реабилитацию при использовании БР – итоговый балл 26,0 (17,0; 34,0) выше, чем в группе сравнения – 18,0 (5,0; 29,0) с уровнем значимости $p < 0,001$ (рис. 4).

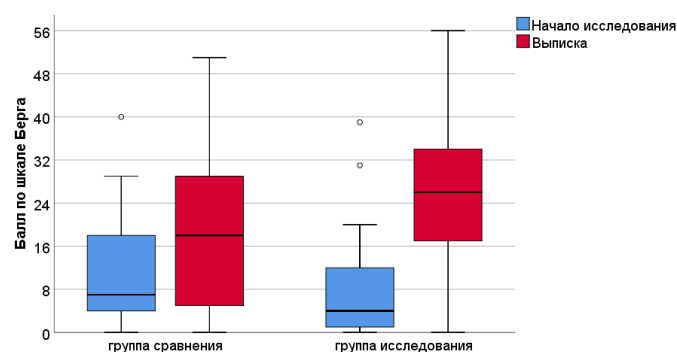


Рисунок 4. Результаты лечения пациентов первой и второй групп по шкале BBS

Figure 4. Treatment results for patients of the first and second groups according to BBS scale

Для оценки различий по уровню нарастания моторной функции и снижения инвалидизации пациентов было рассчитано значение Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS, а также проведён анализ полученных данных с помощью критерия Манна – Уитни. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Сравнительная характеристика результатов в группах до и после проведённого лечения

Table 5. Comparative characteristics of results in the study and comparison groups before and after treatment

Δ	Группа исследования		Группа сравнения		p
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
Δ NIHSS	3,0	2,0; 5,0	2,0	0,75; 2,0	< 0,001
Δ FMA-LE	8,0	6,0; 11,0	2,0	1,0; 4,0	< 0,001
Δ BBS	18,0	12,0; 24,5	6,5	4,0; 11,0	< 0,001

Обсуждение

Проведённое исследование показало, что стандартизированные методы реабилитации как по отдельности, так и совместно с методом виртуальной реальности, позволили достичь хороших результатов восстановления двигательной функции нижней конечности. По всем используемым шкалам пациенты группы исследования продемонстрировали лучшие показатели по отношению к группе сравнения как по итоговому результату, так и по уровню показателей Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS. По шкале NIHSS снижение инвалидизации в первой группе составило 3,0 (2,0; 5,0) балла против 2,0 (0,75; 2,0) баллов у пациентов второй группы с высоким уровнем значимости $p < 0,001$. Полученные результаты сопоставимы с имеющимися данными литературы, согласно которым применение ВР даёт положительный эффект относительно снижения степени инвалидизации при разных неврологических заболеваниях, включая инсульт. В обзорных статьях и мета-анализах, как правило, для более детального анализа в отдельную категорию отбираются исследования по использованию иммерсивной ВР, так как технология полного погружения в виртуальную среду гипотетически должна оказывать большее влияние

на процесс восстановительного лечения [10, 11, 13, 14]. В настоящем исследовании также использовалась иммерсивная ВР.

Нарастание моторной функции в поражённой нижней конечности по шкале FMA-LE (раздел «Е») в группе использования ВР было больше и составило 8,0 (6,0; 11,0) баллов, чем в группе сравнения – 2,0 (1,0; 4,0) балла ($p < 0,001$). Большинство исследователей для оценки динамики двигательных нарушений используют именно раздел «Е» шкалы FMA-LE, поэтому полученные данные сопоставимы с данными других исследований в оценке эффективности влияния ВР на увеличение силы и активных движений в поражённых конечностях. Ранее не было единой точки зрения по данному вопросу. Часть авторов выявляла статистически значимое нарастание силы, другие же не отмечали подобного результата. Отчасти это было связано с отсутствием единого дизайна использования ВР, поскольку в разных работах используются различные ВР-системы, как специально созданные для реабилитации, так и обычные «игровые» приставки [12-14].

В ряде исследований, где не было обнаружено статистически значимого уровня нарастания моторных функций поражённой нижней конечности в процессе реабилитации с использованием ВР, был слишком малым размер выборки. Исследователи ограничивались максимум 50-ю наблюдениями, а во многих работах представлены результаты лишь нескольких случаев, по которым нельзя сделать обоснованное заключение. Приводя выводы своих работ, эти авторы подчеркивали необходимость более масштабных исследований [16, 17, 20].

Улучшение функции баланса по шкале BBS было более выражено у пациентов первой группы и составило 18,0 (12,0; 24,5) баллов, а во второй группе – 6,5 (4,0; 11,0) баллов ($p < 0,001$). Учитывая это обстоятельство, можно сделать вывод об эффективности ВР в восстановлении баланса у пациентов с ишемическим инсультом. Во многих исследованиях по оценке влияния ВР на двигательную реабилитацию используется именно шкала Берга, и полученные результаты подтверждают имеющиеся данные о положительном влиянии ВР на функцию баланса.

Также следует отметить, что, несмотря на то, что настоящее исследование изучало результативность воздействия на двигательные нарушения нижней конечности, у исследованных больных положительные результаты отмечены и в отношении двигательных нарушений верхней конечности, что свидетельствует о целесообразности использования методики виртуальной реальности у пациентов с постинсультными гемипарезами.

Была отмечена высокая мотивация пациентов относительно занятий по методике ВР, что также подчеркивается в работах отечественных и зару-

бежных авторов. Все пациенты проявили высокий интерес к использованию новых технологий в лечебном процессе, что побуждало их к занятиям в ВР и, несомненно, положительно сказывалось на всём реабилитационном процессе. Многие пациенты изъявляли желание продолжить занятия ВР после выписки из стационара.

Эффективность методики виртуальной реальности можно объяснить высоким уровнем стимуляции нейропластичности. Доказано, что важным механизмом реабилитации пациентов с инсультом является содействие повторениям движений, максимальная приближенность к обычной повседневной двигательной активности, улучшение эмоционального фона пациентов за счёт игрового компонента терапии, что как раз представлено в ВР-терапии [21, 22]. Использование в аппаратном комплексе ReviVR пневмоманжет оказывает воздействие на опорную афферентацию в процессе виртуальной ходьбы, благодаря чему пациенты быстрее вертикализируются, происходит стимуляция постуральных рефлексов за счёт активации рецепторных полей стоп и всех суставов нижних конечностей, что также положительно сказывается на процессе реабилитации в целом [23].

Важным моментом настоящего исследования является применение метода ВР у пациентов, находящихся в остром периоде инсульта, в то время как во многих исследованиях зарубежных авторов в качестве критерия включения в исследование называется «подострый» период, длительность которого составляет до 6 месяцев с момента возникновения заболевания, что в отечественной литературе соответствует раннему восстановительному периоду. При этом в одно исследование включаются пациенты со сроками от 1 до 5 месяцев от начала сосудистого события. Известно, что реабилитационный потенциал выше на ранних этапах заболевания и со временем снижается. Это подчёркивается и в обзорных статьях, и в мета-анализах, а в результате делается вывод о низком уровне доказательности таких исследований.

Относительно продолжительности занятий в ВР и их количества в литературе также не определяется единого мнения. Используемые схемы различны: по 30 минут ежедневно 5 дней в неделю в течение 4 недель; 15 сеансов по 30 минут; по 60 минут 4 раза в неделю в течение 6 недель; два 30-минутных сеанса в неделю в течение 6 недель общим числом 12 сеансов и др. В виду разной продолжительности занятий и суммарного количества сеансов сложно сравнивать результаты исследований между собой. В проведённом исследовании все пациенты основной группы проходили занятия каждый день по 15 минут в количестве до 10 сеансов.

В плане рекомендаций следует указать, что метод ВР не показан пациентам с выраженными зрительными нарушениями, так как зрительное ощущение, как основной метод воздействия на нервную систему, в этом случае будет нивелировано. Также не следует использовать данную технологию у пациентов с эпилепсией или предрасположенностью к ней. В настоящее исследование не включались лица с тяжёлым соматическим статусом, и рекомендуется использовать ВР только после стабилизации общего состояния больного. Кроме того, в наших наблюдениях ВР-терапия не проводилась пациентам с сопутствующими заболеваниями суставов нижних конечностей, в частности с поздними стадиями артрита или клинически значимым ограничением амплитуды пассивных движений в суставах, так как это могло бы исказить результаты.

Отмечен высокий уровень безопасности применения ВР у пациентов с ИИ. Ни один пациент из группы ВР-терапии не выбыл досрочно из исследования. В группе сравнения три пациента были исключены ввиду отсутствия очага ишемии при повторном нейровизуализационном исследовании, два – по причине утяжеления общего соматического статуса на фоне развившейся пневмонии у одного и острого холецистита у другого, один – из-за развившегося повторного инсульта. При применении ВР во время самого первого сеанса четыре пациента отметили быструю зрительную утомляемость и дискомфорт, в результате чего время первого сеанса было сокращено. При последующих сеансах этого не повторялось.

Занятия в ВР можно сочетать со всеми другими методами медицинской реабилитации и продолжать после выписки пациента из стационара на последующих этапах реабилитации.

Заключение

Применение технологии ВР совместно со стандартизированной терапией в остром периоде ишемического инсульта эффективно в отношении восстановления моторных функций поражённой нижней конечности – увеличения силы, объёма активных движений, улучшения баланса и снижения общей инвалидизации в целом. Положительные результаты получены как по итоговым результатам по всем исследуемым шкалам, так и в отношении степени снижения инвалидизации и нарастания моторных функций по сравнению с отдельным применением стандартизированных методов.

Использование ВР в остром периоде ИИ безопасно, если проводить терапию стабильным пациентам без тяжёлого неврологического или соматического статуса. За время исследования не было зафиксировано ни одного случая, из-за которого пациент был бы вынужден прервать терапию.

Лёгкий субъективный дискомфорт может наблюдаться только во время первых сеансов, продолжительность которых можно сократить.

Будучи эффективным методом восстановления двигательных функций, ВР обладает рядом преимуществ перед другими современными подходами, в частности перед роботизированной терапией. Во-первых, являясь пассивным методом реабилитации, ВР может применяться у большего числа пациентов, в том числе у тех, кому противопоказаны активные методы реабилитации. Во-вторых, аппарат ВР занимает мало места, и нет необходимости выделения отдельных больших реабилитационных кабинетов, сеансы можно проводить в палате у па-

циента. Также нет необходимости в длительном обучении персонала работе на аппарате ВР, так как он чрезвычайно прост в освоении. В-третьих, стоимость аппаратов ВР значительно меньше стоимости роботизированных устройств.

Занятия в виртуальной реальности с помощью аппарата ReviVR могут быть полезны пациентам с клиникой центрального пареза нижней конечности в остром периоде ишемического инсульта в дополнение к стандартизированной терапии, независимо от степени пареза, даже при низком уровне двигательной активности и невозможности использования более активных лечебных методик.

Литература [References]

- 1 Пирадов М.А., Максимова М.Ю., Танашян М.М. *Инсульт: пошаговая инструкция*. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2019:272. Piradov M.A., Maksimova M.Yu., Tanashyan M.M. *Stroke: step-by-step instructions*. Moscow. 2019:272. (In Russ).
- 2 Cortés-Pérez I, Nieto-Escamez FA, Obrero-Gaitán E. Immersive Virtual Reality in Stroke Patients as a New Approach for Reducing Postural Disabilities and Falls Risk: A Case Series. *Brain Sciences*. 2020;10(5):296-309. <https://doi.org/10.3390/brainsci10050296>
- 3 Мументалер М., Маттле Х. *Неврология*. М.: МЕДпресс-информ. 2019:920. Mumenthaler M., Mattle H. *Neurology*. Moscow. 2019:920. (In Russ).
- 4 Никишин В.О., Голохвастов С.Ю., Бобков А.В. Ишемический инсульт у лиц молодого возраста. Особенности этиопатогенеза и вторичной профилактики. *Известия Российской Военно-медицинской академии*. 2020;39(15):102-105. Nikishin V.O., Golokhvastov S.Y., Bobkov A.V. Ischemic stroke in young people. Features of etiopathogenesis and secondary prevention. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2020;39(15):102-105. (In Russ). <https://doi.org/10.17816/rmmar43362>
- 5 Самсонова Н.А., Карпова М.И., Москвичева М.Г. Клиническая и экспертная характеристика больных с инсультом, впервые признанных инвалидами. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2016;18(10):35-41. Samsonova N.A., Karpova M.I., Moskvicheva M.G. Clinical and expert characteristics of patients with stroke, for the first time recognized as disabled. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2016;18(10):35-41. (In Russ). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskaya-i-ekspertnaya-harakteristika-bolnyh-s-insultom-vpervye-priznannyh-invalidami> (дата обращения: 13.06.2024).
- 6 Долганов М.В., Карпова М.И. Эффективность применения технологий виртуальной реальности при постинсультном парезе верхней конечности. *Пермский медицинский журнал*. 2018;35(1):60-67. Dolganov M.V., Karpova M.I. Efficacy of using virtual reality in post-stroke upper limb paresis. *Perm Medical Journal*. 2018;35(1):60-67. (In Russ). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_32556569_87870767.pdf
- 7 Дзюева С.С., Жамборова Ф.А., Арамисова Р.М., Какех М. Структура инсультов мозга и их факторов риска. *Евразийский союз ученых*. 2017;10-1(43):27-28. Dzueva SR, Zhamborova FA, Aramisova RM, Kakekh M. Structure of strokes of the brain and their risk factors. *Eurasian Union of Scientists*. 2017;10-1(43):27-28. (In Russ). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-insultov-mozga-i-ih-faktorov-riska/viewer>
- 8 Титов Б.В., Матвеева Н.А., Мартынов М.Ю., Фаворова О.О. Ишемический инсульт как комплексное полигенное заболевание. *Молекулярная биология*. 2015;49(2):224-247. Titov B.V., Matveeva N.A., Martynov M.Yu., Favorova O.O. Ischemic stroke as a complex polygenic disease. *Molecular Biology*. 2015;49(2):224-247. (In Russ). <https://doi.org/10.7868/S0026898415020135>
- 9 Назарова С.К., Оташехов З.И., Мирдадаева Д.Д. Постинсультная реабилитация больных как социально-гигиеническая. *Новый день в медицине*. 2020;2(30):449-452. Nazarova S.K., Otashexov Z.I., Mirdadaeva D.D. Postinsultal rehabilitation of patients as a socio-hygienic problem. *New day in medicine*. 2020;2(30):449-452. (In Russ). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_43138103_27981545.pdf
- 10 Воловик М.Г., Борзиков В.В., Кузнецов А.Н. и др. Технологии виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации пациентов с ограниченными возможностями (обзор). *Современные технологии в медицине*. 2018;10(4):173-182. Volovik M.G., Borzikov V.V., Kuznetsov A.N. et al. Virtual reality technology in complex medical rehabilitation of patients with disabilities (review). *Modern Technologies in Medicine*. 2018;10(4):173-182. (In Russ). <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21>
- 11 Riener R, Harders R. *Virtual reality in medicine*. London: Springer, 2012:294.
- 12 Khokale R.S., Mathew G., Ahmed S. et al. Virtual and Augmented Reality in Post-stroke Rehabilitation: A Narrative Review. *Cureus*. 2023;15(4):e37559. <https://doi.org/10.7759/cureus.37559>
- 13 Mekbib D.B., Zhao Z., Wang J. et al. Proactive motor functional recovery following immersive virtual reality-based limb mirroring therapy in patients with subacute stroke. *Neurotherapeutics*. 2020;17(4):1919-1930. <https://doi.org/10.1007/s13311-020-00882-x>
- 14 Hao J., Yao Z., Harp K. et al. Effects of virtual reality in the early-stage stroke rehabilitation: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physiotherapy theory and practice*. 2023;39(12):2569-2588. <https://doi.org/10.1080/09593985.2022.2094302>
- 15 Слепнева Н.И., Даминов В.Д., Новак Э.В., Карпов О.Э. Клиническая эффективность технологий виртуальной реальности в восстановлении функции верхней конечности после инсульта. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2021;16(2):80-85. Slepnyova N.I., Daminov V.D., Novak E.V., Karpov O.E. The clinical efficacy of virtual reality technologies in restoring functional abilities of the upper limb after stroke. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2021;16(2):80-85. (In Russ). <https://doi.org/10.25881/20728255-2021-16-2-80>
- 16 Ikbali Afsar S., Mirzayev I., Umit Yemisci O., Cosar Saracgil S.N. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases: the official journal of National Stroke Association*. 2018;27(12):3473-3478. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.08.007>
- 17 Cho D.R., Lee S.H. Effects of virtual reality immersive training with computerized cognitive training on cognitive function and activities of daily living performance in patients with acute stage stroke: A preliminary randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(11):e14752. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014752>
- 18 Kim W.S., Cho S., Ku J. et al. Clinical application of virtual reality for upper limb motor rehabilitation in stroke: review of technologies and clinical evidence. *Journal of clinical medicine*. 2020;9(10):3369. <https://doi.org/10.3390/jcm9103369>

- 19 Miclaus R., Roman N., Caloian S. et al. Non-Immersive Virtual Reality for Post-Stroke Upper Extremity Rehabilitation: A Small Cohort Randomized Trial. *Brain sciences*. 2020;10(9):655. <https://doi.org/10.3390/brainsci10090655>
- 20 Bernhardt J., Hayward K.S., Kwakkel G. et al. Agreed Definitions and a Shared Vision for New Standards in Stroke Recovery Research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable Taskforce. *International journal of stroke: official journal of the International Stroke Society*. 2017;31(9):793-799. <https://doi.org/10.1177/1545968317732668>
- 21 Aderinto N., Olatunji G., Abdulbasit M.O. et al. Exploring the efficacy of virtual reality-based rehabilitation in stroke: a narrative review of current evidence. *Annals of medicine*. 2023;55(2): 2285907. <https://doi.org/10.1080/07853890.2023.2285907>
- 22 Proffitt R., Lange B. Considerations in the efficacy and effectiveness of virtual reality interventions for stroke rehabilitation: moving the field forward. *Physical therapy*. 2015;95(3):441-448. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130571>
- 23 Rusu L., Paun E., Marin M.I. et al. Plantar Pressure and Contact Area Measurement of Foot Abnormalities in Stroke Rehabilitation. *Brain sciences*. 2021;11(9). <https://doi.org/10.3390/brainsci11091213>

Авторская справка**Лахов Александр Сергеевич**

Ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-9311-3041; nevrolog.alex@gmail.com

Вклад автора: сбор и обработка данных.

Стариковский Максим Юрьевич

Ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-2592-6614; max999_95@mail.ru

Вклад автора: редактирование текста.

Повереннова Ирина Евгеньевна

Д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой неврологии и нейрохирургии, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0002-2594-461X; ipover555@mail.ru

Вклад автора: концепция и дизайн исследования.

Куров Максим Владимирович

Канд. мед. наук, ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии, Самарский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0001-6041-0229; m.v.kurov@samsmu.ru

Вклад автора: написание текста.

Перстенёва Наталья Павловна

Канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры статистики и эконометрики, Самарский государственный экономический университет.

ORCID 0000-0003-3845-5011; persteneva_np@mail.ru

Вклад автора: анализ и интерпретация данных.

Author's reference**Aleksandr S. Lakhov**

Assistant Professor, Department of Neurology and Neurosurgery, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-9311-3041; nevrolog.alex@gmail.com

Author contributions: data collection and processing.

Maksim Yu. Starikovskiy

Assistant Professor, Department of Neurology and Neurosurgery, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-2592-6614; max999_95@mail.ru

Author contributions: text editing.

Irina E. Poverennova

Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Neurology and Neurosurgery, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0002-2594-461X; ipover555@mail.ru

Author's contribution: study concept and design.

Maksim V. Kurov

Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor of the Department of Neurology and Neurosurgery, Samara State Medical University.

ORCID 0000-0001-6041-0229; m.v.kurov@samsmu.ru

Author's contribution: writing the text.

Persteneva Natalia Pavlovna

Cand. Sci. (Econ.), Docent, Associate Professor of the Department of Statistics and Econometrics, Samara State University of Economics.

ORCID 0000-0003-3845-5011; persteneva_np@mail.ru

Author's contribution: data analysis and interpretation.