Дата публикации: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_25
УДК 616.831-005.1:004.946

Publication date: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_25
UDC 616.831-005.1:004.946

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИММЕРСИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ (ВИАРР100) В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ

Е.Ф. Туровинина[1], Д.Н. Плотников[1,2]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия
[2]Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Тюменской области «Областная больница № 23», г. Ялуторовск, Россия

Аннотация. Цель исследования – оценить эффективность реабилитации с применением иммерсивной виртуальной реальности с велокинезом у пациентов с двигательными нарушениями на фоне ишемического инсульта в остром периоде. Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование по оценке эффективности метода реабилитации с применением иммерсивной виртуальной реальности (ВИАРР100) в сочетании с велокинетическими занятиями на роботизированном тренажере. Всего в исследование включено 45 пациентов: пациенты, получающие реабилитацию с применением методики иммерсивной виртуальной реальности (n=15); пациенты, получающие программу реабилитации с лечебной физкультурой без применения виртуальной реальности (n=30). Оценка эффективности проведена с использованием динамики по шкале инсульта национального института здоровья, индексу мобильности Ривермид, шкале реабилитационной маршрутизации, шкале Рэнкина, шкале Берга, индексу ходьбы Хаузера, функциональной категории ходьбы Холдена. В группе с применением в программе реабилитации с виртуальной реальностью отмечено улучшение по показателям баланса и по динамике восстановления двигательной активности.
Ключевые слова: реабилитация, инсульт, виртуальная реальность.

EXPERIENCE OF USING IMMERSIVE VIRTUAL REALITY (VIARR100) IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH ACUTE ISCHEMIC STROKE

E.F. Turovinina[1], D.N. Plotnikov[1,2]
[1]Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia
[2]Oblast Hospital No. 23, Yalutorovsk, Russia

Abstract. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of rehabilitation using immersive virtual reality with cycling in patients with motor disorders against the background of acute ischemic stroke. A single-center prospective randomized study was conducted to evaluate the effectiveness of the rehabilitation method using immersive virtual reality (VIARR100) combined with cycling exercises on a robotic simulator. Forty-five patients were included in the study: patients receiving rehabilitation using the immersive virtual reality (n=15); patients receiving a rehabilitation program with exercise therapy and without virtual reality (n=30). Efficacy was assessed using the National Institutes of Health Stroke Scale, Rivermead Mobility Index, Rehabilitation Routing Scale, Rankin Scale, Berg Balance Scale, Hauser Ambulation Index, Functional Ambulation Category. In the group with the use of virtual reality, an improvement was noted in balance indices and in changes of motor activity recovery.
Keywords: rehabilitation, stroke, virtual reality.

Введение. Процесс реабилитации пациентов, перенесших нарушение мозгового кровообращения в остром периоде, начинается еще в палате реанимационного отделения, а затем – в отделении неврологии. Оптимальная пластичность мозга регистрируется в очень узком временном диапазоне, и отсрочка лечения приводит к

необратимым изменениям двигательных функций. Успешность нейрореабилитации тесно связана с ранним началом – сразу после развития инсульта, что напрямую ассоциируется с лучшими последствиями при высоком уровне доказательности [1-2]. Пик неврологического восстановления после инсульта приходится на первые три месяца [2]. Все вышесказанное подтверждает необходимость широкого применения высокоэффективных инновационных методов реабилитации на раннем этапе.

Приборы, основанные на виртуальной реальности, имитирующие условия среды с помощью компьютерных технологий и позволяющие достичь большей эффективности на фоне усиления обратной сенсорной связи, относятся к современным методам ранней нейрореабилитации [3]. Виртуальная реальность (ВР) с применением велокинетических занятий представляет собой перспективную методику реабилитации и восстановления двигательных функций после инсульта, которая оказывает воздействие на моторную кору головного мозга с лучшим восстановлением двигательной функции нижних конечностей.

Цель исследования – оценить эффективность реабилитации с применением иммерсивной виртуальной реальности с велокинезом у пациентов с двигательными нарушениями на фоне ишемического инсульта в остром периоде.

Методы и организация исследования. На базе ГБУЗ «Областная больница №23» Тюменской области в первично-сосудистом отделении (неврологический профиль) проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование по оценке эффективности метода реабилитации с применением иммерсивной виртуальной реальности (ВР) в сочетании с велокинетическими занятиями на роботизированном тренажере. Для создания визуального эффекта двигательного движения использована компьютерная программа «ВИ-APP100», очки-шлем Pico-4 [4]. Данная программа позволяет в очках-шлеме виртуальной реальности визуально имитировать движение на велосипеде. Пациент видит велосипедный руль вместе с руками на нем, набегающую дорожку с разметкой [4]. Занятия с ВР начинались после стабилизации состояния и завершения острейшего периода с третьих суток, проводились ежедневно 10 дней. Время занятия с ВР составило ежедневно по 15 минут.

Критерии включения: пациенты в возрасте от 18 лет до 70 лет, мужчины и женщины с впервые возникшим острым нарушением мозгового кровообращения; пациенты, имеющие двигательные нарушения в нижних конечностях 3 балла и меньше согласно шкале оценки мышечной силы Британского совета медицинских исследований; отсутствие применения тромболитической терапии; пациенты с оценкой по шкале реабилитационной маршрутизации (ШРМ) менее 6 баллов.

Критерии невключения: пациенты с когнитивными нарушениями со снижением балла по монреальской когнитивной шкале (МоСА) менее 24 баллов; наличие сопутствующих неврологических и соматических заболеваний, формирующих двигательные нарушения различной степени выраженности; пациенты с применением тромболитической терапии; пациенты с оценкой по ШРМ 6 баллов; пациенты с нарушением зрения; пациенты в остром психозе.

Протокол исследования, критерии включения и невключения были соблюдены в соответствии с разрешением этического комитета Тюменского ГМУ от 09.01.2021 г.

Всего в исследование включено 45 пациентов. 1 группа – пациенты, получающие реабилитацию с применением методики иммерсивной ВР; 2 – контрольная группа – пациенты, получающие программу реабилитации с лечебной физкультурой без применения ВР. Для формирования групп исследования применена процедура слепого рандомизирования.

В таблице 1 представлена программа реабилитации основной группы и контрольной группы.

На первом этапе в исследование с применением ВР включены 15 человек (8

мужчин, 7 женщин). Средний возраст пациентов – 54,3±12,7 лет. Давность инсульта – 3,1±2 дня. Все пациенты имели сохранные зрение и слух, соответствовали критериям включения, подписали добровольное информированное согласие.

Контрольная группа, получавшая раннюю реабилитацию по клиническим рекомендациям без ВР, включала 30 человек (24 мужчины, 6 женщин). Средний возраст пациентов – 55,9±11,1 лет (табл. 2). Давность инсульта – 3±1,5 дня.

Таблица 1

Методы реабилитации пациентов, включенных в исследование

Метод реабилитации	Основная группа			Контрольная группа		
	Продолжительность	Частота	Время занятия	Продолжительность	Частота	Время занятия
Лечебная гимнастика с инструктором	13 дней	Ежедневно	40 мин	13 дней	Ежедневно	40 мин
Лечебная гимнастика на стол Войта-Бобата	13 дней	Ежедневно	40 мин	13 дней	Ежедневно	40 мин
Циклические и силовые тренажёры под контролем гемодинамики	13 дней	Ежедневно	40 мин	13 дней	Ежедневно	40 мин
Стабилометрия	13 дней	Ежедневно	30 мин	13 дней	Ежедневно	30 мин
Магнитотерапия на пораженные конечности	13 дней	Ежедневно	10 мин	13 дней	Ежедневно	10 мин
Иммерсивная виртуальная реальность (ВИАРР100) с велокинезом	10 дней	Ежедневно	15 мин	-	-	-

Таблица 2

Характеристика пациентов, включенных в исследование

Основные характеристики		Основная группа (n=15)	Контрольная группа (n=30)
Пол	Мужчины	8 (53,4%)	24 (80%)
	Женщины	7 (46,6%)	6 (20%)
Возраст, лет, Me [5P;95P]		54,3 [40; 67]	55,9 [39; 67]

Для подтверждения диагноза и уточнения подтипа инсульта проводилась компьютерная томография головного мозга и дуплексное сканирование брахиоцефальных сосудов. Электроэнцефалография (ЭЭГ) проводилась перед курсом реабилитации и после завершения.

Эффективность реабилитации оценивалась по шкалам и с используемыми методиками: стабилометрия; шкала Берга; шкала Инсульта национального института здоровья (NIHSS); шкала Рэнкина; индекс мобильности Ривермид; ШРМ; индекс ходьбы Хаузера; функциональные категории ходьбы Холдена.

Общая продолжительность курса реабилитации составила 14 дней. Динамику состояния пациентов оценивали на 3 день в

остром периоде, через 10 дней после проведенного курса реабилитации.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета программ IBM SPSS Statistics version 23, программного обеспечения MS Excel 2000 (Microsoft). Для оценки нормальности распределения с учетом малой выборки был использован критерий Шапиро-Уилка. По данному критерию показатели преимущественно соответствовали непараметрическому распределению, поэтому в тексте и таблицах представлены в виде Me [5P;95P] – медиана, 5 и 95 перцентили. Отсутствие достоверных различий клинико-функциональных показателей между группами и подгруппами проверено непараметрическим критерием Манна-Уитни. Статистически значимые различия количественных данных в связанных выборках определены непараметрическим критерием Вилкоксона (Wilcoxon signed-rank test) при доверительном интервале (ДИ) 95%, с уровнем достоверности $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ динамики состояния пациентов, включенных в исследование, выявил, что через 10 дней после начала реабилитации показатели в основной группе были лучше, чем в группе сравнения: по NIHSS, индексу мобильности Ривермид, шкале реабилитационной маршрутизации, шкале Рэнкина, шкале Берга, индексу ходьбы Хаузера, функциональным категориям ходьбы Холдена (табл. 3).

Таблица 3

Динамика показателей активности пациентов, включенных в исследование, Me [5P; 95P]

Показатель	Основная группа (n=15)			Контрольная группа (n=30)		
	Сроки оценки					
	На 3 день	Через 10 дней после начала реабилитации	P<	На 3 день	Через 10 дней после начала реабилитации	P<
NIHSS	9[5;15]	6[1;10]	0,05	10[5;23]	8[1;16]	0,05
Индекс мобильности Ривермид	3[0;7]	10[4;14]	0,05	1[0;7]	6[0;13]*	0,05
Шкала реабилитационной маршрутизации	4[3;5]	3[2;4]	0,05	4[3;5]	4[2;5]	0,05
Шкала Рэнкина	4[0;5]	3[2;4]	0,05	4[3;5]	4[2;5]	0,05
Шкала Берга	1[0;27]	36[9;51]	0,05	0[0;20]	21[0;48]*	0,05
Индекс ходьбы Хаузера	9[4;9]	4[1;8]	0,05	9[7;9]	6,5[2;9]	0,05
Функциональные категории ходьбы Холдена	0[0;2]	3[0;5]	0,05	0[0;0]	0[0;4]	0,05

Примечание: NIHSS – шкала инсульта национального института здоровья; * – $p<0,05$, значимые различия после лечения между основной группой и контрольной группой

Так, по шкале инсульта NIHSS в основной группе до реабилитации показатели пациентов с умеренными неврологическими нарушениями (9[5;15] баллов) снизились до уровня легкой степени (6 баллов) у 53,3% пациентов ($p<0,05$) (табл. 3). При этом у

46,7% пациентов остались умеренные неврологические нарушения, чего не наблюдалось в конрольной группе, где в начале лечения у 3,3% пациентов наблюдались легкие неврологические нарушения, а у 96,7% – умеренный неврологический дефицит (10 [5;23] баллов). После реабилитации без ВР в этой группе были зарегистрированы следующие изменения – 13,3% пациентов с легким неврологическим дефицитом, а 86,7% остались с умеренными неврологическими нарушениями.

Анализируя данные мобильности по шкале Ривермид в начале реабилитации, обнаружили, что в основной группе показатель составлял преимущественно у 60% пациентов 3[0;7] баллов (3-0 баллов), где 0 баллов – «Может повернуться со спины на бок без помощи», до 3 баллов – «Может сидеть более 10 с на краю постели». После курса реабилитации в основной группе показатель составил 10[4;14] баллов. Более того, 60% пациентов сами становятся способны вставать с постели с опорой и самостоятельно ходят по комнате с опорой и без нее ($p<0,05$) (табл. 3).

В контрольной группе динамика менее выраженная. Изначально были выявлены выраженные нарушения мобильности (1[0;7] баллов), после реабилитации показатель по шкале Ревермид составил 6[0;13] баллов ($p<0,05$) (табл. 3), и только 20% пациентов достигли результата в 14-11 баллов (легкие нарушения мобильности).

Определено увеличение активности пациентов в группе ВР на 36% в сравнении с контрольной группой ($p<0,05$). По шкале ШРМ в основной группе медиана снизилась от 4-х до 3-х баллов – умеренные нарушения (табл. 3). Внутри группы в конце курса реабилитации у 33,6% были обнаружены легкие нарушения (2 балла), у 40% – умеренные (3 балла), а у 26,4% – выраженные нарушения (4 балла), пациенты с грубыми нарушениями отсутствовали. В контрольной группе по ШРМ показатели медианы остались в градации тяжелых нарушений. Внутри контрольной группы также была обнаружена динамика: 16,6% с легкими нарушениями, 30% с умеренными и 30% в выраженными, 23,4% остались с грубыми нарушениями.

По шкале баланса Берга до реабилитации показатели основной (1[0;27] баллов) и контрольной групп (0[0;20] баллов) соответствовали высокому риску падений. По завершению курса реабилитации в группе ВР 13,3% имели высокий риск падений, 60% могли передвигаться с опорой, и 26,7% были независимы в передвижении. В конце курса реабилитации в контрольной группе 46,6% остались в группе с высоким риском падений, 43,5% передвигались с опорой, 10,1% независимы при передвижении.

По динамике индекса ходьбы Хаузера и функциональных категорий ходьбы Холдена лучшие показатели были обнаружены в группе ВР, где пациенты после курса реабилитации стали передвигаться без посторонней поддержки или с односторонней поддержкой 25 с и быстрее, при этом помощь сопровождающего заключалась в удержании равновесия. Напротив, в контрольной группе пациенты после курса реабилитации передвигаются с двухсторонней поддержкой, или с одним сопровождающим, который помогает в переносе веса тела пациента.

На сегодняшний день в Российской Федерации компьютеризация в реабилитации развивается в трех основных направлениях: телереабилитация, организационно-информационная поддержка и автоматизация реабилитационных, диагностических и лечебных методик. Хотя между указанными направлениями четкой границы провести нельзя, именно такая градация наиболее полно и правильно отражает современное состояние информатизационных процессов реабилитологии. Компьютеризация реабилитационной медицины в настоящее время далека от совершенства и требует интенсификации научно-практических исследований в этом направлении. Однако выявленные тенденции прогресса показывают вероятность достижения более высокого уровня функционирования пациентов после инсульта и повышения

качества медицинского обслуживания больных в остром периоде в целом, что может способствовать реформированию реабилитационных процессов. Так, более ранние сроки начала нейрореабилитации с использованием виртуальной реальности уже использованы в ряде зарубежных исследований [5-6].

В настоящий момент наиболее широко изучены эффекты реабилитации с ВР при нарушениях моторики верхней конечности [7-8]. Имеется ряд публикаций ученых по реабилитации пациентов с нарушениями двигательных функций нижних конечностей [9]. Изучается влияние виртуальных технологий на психологию и когнитивную функцию пациентов в процессе реабилитации [10-12]. Обсуждается также вопрос о приверженности персонала к применению инновационных методов реабилитации [13-14].

В нашем исследовании в группе на реабилитации с ВР пациенты с умеренными неврологическими нарушениями перешли в разряд пациентов с неврологическими нарушениями легкой степени, также снизилась зависимость от окружающих, повысилась мобильность. Улучшение данных показателей позволяет сократить время пребывания пациентов в круглосуточном стационаре, снизить затраты на лечение, переводя пациентов на амбулаторный этап реабилитации. Сочетание технологий, опосредованных вмешательствами на основе виртуальной реальности, может влиять на результаты моторно-когнитивной реабилитации и коррекции эмоциональной сферы на всех этапах восстановления и иметь последующее отражение в обычной жизни пациента [15]. Использование инновационных методов нейрореабилитации с виртуальной реальностью позволяет получить более высокие результаты по восстановлению утраченных двигательных функций у лиц с перенесенным церебральным инсультом, что подлежит дальнейшему всестороннему изучению. Ограничение использования данной технологии в широкой практике состоит в малом числе наблюдений, что требует продолжения настоящего исследования. Второе ограничение состоит в том, что врач, который будет применять данную методику, должен иметь навык работы с иммерсивной ВР.

Заключение. В процессе анализа полученных в исследовании данных отмечено, что включение в протокол реабилитации иммерсивной виртуальной реальности (ВИАРР100) позволило получить более высокие показатели по восстановлению утраченных двигательных функций у лиц с перенесенным церебральным инсультом. Так, у пациентов основной группы в сравнении с контрольной отмечено статистически значимое улучшение по показателям баланса и по динамике восстановления двигательной активности. Полученные данные свидетельствуют о наметившихся тенденциях и подлежат дальнейшему изучению.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долганов, М. В. Виртуальная реальность при нарушении функции руки: особенности применения в остром периоде инсульта / М. В. Долганов, М. И. Карпова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2019. – Т. 96. – № 5. – С. 19-28.
2. Virtual reality and motor imagery for early post-stroke rehabilitation / Choy C. S., Fang Q., Neville K. [et al] // BioMed Eng OnLine – 2023 – № 22. – P. 66 DOI: 10.1186/s12938-023-01124-9.
3. Elor A., Kurniawan S., Teodorescu M. Towards an immersive virtual reality game for smarter post-stroke rehabilitation / A. Elor, S. Kurniawan, M. Teodorescu // 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). – IEEE, 2018. – P. 219-225.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Автоматизированная система для нейрореабилитации «ВИАРР100»: N 2022685148, опубл. 21.12.2022 / Туровинина Е. Ф., Копытов А. А., Плотников Д. Н.

5. Virtual reality gait training versus non-virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the ViRTAS randomized controlled trial / I. J. M. de Rooij, I. G. L. van de Port, J. M. A. Visser-Meily, J. G. Meijer //Trials – 2019. – № 20. – P. 89. DOI: 10.1186/s13063-018-3165-7
6. The activation of the mirror neuron system during action observation and action execution with mirror visual feedback in stroke: a systematic review / J. Zhang, K. N. K. Fong, N. Welage, K. P. Y. Liu // Neural Plast. – 2018. – № 1. DOI: 10.1155/2018/2321045.
7. Аглямов, Ф. Р. Тренажер для реабилитации пациентов с проблемами мобильности руки, построенный с использованием технологий виртуальной реальности / Ф. Р. Аглямов, В. С. Кугураков // Программные продукты и системы. – 2022. – Т. 35. – № 3. – С. 285-292. DOI: 10.15827/0236-235X.139.285-292.
8. Эффективность реабилитации с виртуальной реальностью и биологической обратной связью в восстановлении функции кисти после инсульта / Е. В. Костенко, Л. В. Петрова, М. Ю. Мартынов, И. В. Погонченкова // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2023 – Т. 123. – № 3-2. – С. 68-75. DOI: 10.17116/jnevro202312303268.
9. Кашежев, А. Г. Возможности технологий виртуальной реальности в реабилитации пациентов с ишемическим инсультом / А. Г. Кашежев, Г. М. Лутохин // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2022. – Т. 99. – № 3-2. – С. 92-93. EDN: QOQIQU.
10. Применение технологии виртуальной реальности для психологической реабилитации пациентов после повреждений головного мозга / Сорокина В. С., Некрасова Ю. Ю., Штерн М. В. [и др.] // Виртуальные технологии в медицине. – 2022. – Т. 1. – № 1. – DOI: 10.46594/2687-0037_2022_1_1413.
11. Иванова, Н. Е. Когнитивная реабилитация при нейрохирургической патологии головного мозга с применением комплекса виртуальной реабилитации Habilect / Н. Е. Иванова, М. Ю. Ефимова, С. С. Кияшко // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова. – 2023. – № 15(2). – С. 34-40. DOI 10.56618/2071–2693_2023_15_2_34.
12. Faria, A. L. A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients / A. L. Faria, M. S. Pinho, S. B. Badia // J Neuroengineering Rehabil. – 2020. – № 17(1). – С. 1-15.
13. The Arrival of the Metaverse in Neurorehabilitation: Fact, Fake or Vision? / Calabrò R. S., Cerasa A., Ciancarelli I. [et al] // Biomedicines. – 2022. – № 10. – P. 2602. DOI: 10.3390/biomedicines10102602
14. Stockley, R. C. A focus group study of therapists' views on using a novel neuroanimation virtual reality game to deliver intensive upper-limb rehabilitation early after stroke / R. C. Stockley, D. L. Christian // Arch Physiother. – 2022. – № 12. – P. 15 DOI: 10.1186/s40945-022-00139-0.
15. Обзор показателей эффективности виртуальной реальности в двигательной и когнитивной реабилитации больных после церебрального инсульта / Климов Л. В., Шурупова М. А., Айзенштейн А. Д. [и др.] // Наука и здравоохранение. – 2022. – Т. 24. – № 5. – С. 149-156. DOI: 10.34689/SH.2022.24.5.019.

REFERENCES

1. Dolganov M.V., Karpova M.I. Virtual reality in upper extremity dysfunction: specific features of usage in acute stroke. *Problems of balneology, physiotherapy and exercise therapy*, 2019, vol. 96, no. 5, pp. 19-28. DOI: 10.17116/kurort2019-9605119 (In Russ.)
2. Choy C.S., Fang Q., Neville K., Ding B., Kumar A., Mahmoud S.S., Gu X., Fu J., Jelfs B. Virtual reality and motor imagery for early post-stroke rehabilitation. *BioMed Eng OnLine*, 2023, no. 22, p. 66. DOI: 10.1186/s12938-023-01124-9.
3. Elor A., Kurniawan S., Teodorescu M. Towards an immersive virtual reality game for smarter post-stroke rehabilitation. 2018 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). IEEE, 2018. pp. 219-225.
4. Turovinina, E.F., Kopytov A.A., Plotnikov D.N. Automated system for neurorehabilitation "VIARR100". Certificate for the computer program registration RU 2022685148, 2022. (in Russ.)
5. de Rooij I.J.M., van de Port I.G.L., Visser-Meily J.M.A., Meijer J.G. Virtual reality gait training versus non-virtual reality gait training for improving participation in subacute stroke survivors: study protocol of the ViRTAS randomized controlled trial. *Trials*, 2019, no. 20, p. 89. DOI: 10.1186/s13063-018-3165-7
6. Zhang J., Fong K.N.K., Welage N., Liu K.P.Y. The activation of the mirror neuron system during action observation and action execution with mirror visual feedback in stroke: a systematic review.

Neural Plast, 2018, no. 1. DOI: 10.1155/2018/-2321045.
7. Aglyamov F.R., Kugurakov V.S. A rehabilitation simulator for patients with hand mobility problems using virtual reality technologies. *Software & Systems*, 2022, vol. 35, no. 3, pp. 285-292 DOI: 10.15827/0236-235X.139.285-292. (in Russ.)
8. Kostenko E.V., Petrova L.V., Martynov M.Yu., Pogonchenkova I.V. Effectiveness of rehabilitation with virtual reality and biofeedback in recovery of hand function after stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*, 2023, vol. 123, no. 3-2, pp. 68-75. DOI: 10.17116/jnevro2023-12303268. (in Russ.)
9. Kashezhev, A.G., Lutokhin G.M. The possibilities of virtual reality technologies in the rehabilitation of patients with ischemic stroke. *Problems of balneology, physiotherapy and exercise therapy*, 2022, vol. 99, no. 3-2, pp. 92-93. EDN: QOQIQU. (in Russ.)
10. Sorokina V.S., Nekrasova Yu.Yu, Stern M.V., Podolskaya Yu.A., Kryuchkova A.Yu. Application of virtual reality technology for psychological rehabilitation of patients after brain injuries. *Virtual Technologies in Medicine*, 2022, vol. 1, no. 1. DOI: 10.46594/2687- 0037_2022_1_1413. (in Russ.)
11. Ivanova N.E., Efimova M. Yu., Kiyashko S.S. Cognitive rehabilitation in neurosurgical pathology of the brain using the Habilect Virtual rehabilitation Complex. *The Russian Neurosurgical Journal named after prof. A.L. Polenov*, 2023, no. 15(2), pp. 34-40. DOI: 10.56618/2071–2693_2023_15_2_34. (in Russ.)
12. Faria A.L., Pinho M.S., Badia S.B. A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients. *J Neuroengineering Rehabil*, 2020, no. 17(1), pp. 1-15.
13. Calabrò R.S., Cerasa A., Ciancarelli I., Pignolo L., Tonin P. Iosa M., Morone G. The Arrival of the Metaverse in Neurorehabilitation: Fact, Fake or Vision? *Biomedicines*, 2022, no. 10, p. 2602. DOI: 10.3390/biomedicines10102602.
14. Stockley, R.C., Christian, D.L. A focus group study of therapists' views on using a novel neuroanimation virtual reality game to deliver intensive upper-limb rehabilitation early after stroke. *Arch Physiother*, 2022, no. 12, p. 15 DOI: 10.1186/ s40945-022-00139-0.
15. Klimov L.V., Shurupova M.A., Aizenshtein A.D., Trofimova A.K., Shamalov N.A., Ivanova G.E. Virtual reality efficiency in motor and cognitive rehabilitation in patients after cerebral stroke: a review. *Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]*, 2022, vol. 24, no. 5, pp. 149-156. DOI: 10.34689/SH.2022.24.5.019. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Елена Фаридовна Туровинина – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской профилактики и реабилитации, ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, Тюмень, e-mail: e_turov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6585-0554.
Дмитрий Николаевич Плотников – заведующий первично-сосудистым отделением, ГБУЗ ТО «Областная больница №23», Ялуторовск, e-mail: dmitrij0909@mail.ru, ORCID: 0009-0000-7648-3342.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Elena F. Turovinina – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: e_turov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6585-0554.
Dmitrij N. Plotnikov – Head of the Department of Vascular Surgery, Oblast Hospital No 23, Yalutorovsk, e-mail: dmitrij0909@mail.ru, ORCID: 0009-0000-7648-3342.

Для цитирования: Туровинина, Е. Ф. Опыт применения иммерсивной виртуальной реальности (ВИАРР100) в реабилитации пациентов с ишемическим инсультом в остром периоде / Е. Ф. Туровинина, Д. Н. Плотников // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_25

For citation: Turovinina E.F., Plotnikov D.N. Experience of using immersive virtual reality (VIARR100) in the rehabilitation of patients with acute ischemic stroke. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_25