На правах рукописи

Плотников Дмитрий Николаевич

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ЛИЦ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ В ОСТРОМ ПЕРИОДЕ

3.1.33. – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия и медико-социальная реабилитация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Ессентуки
2026

Работа выполнена на кафедре медицинской профилактики и реабилитации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: Туровинина Елена Фаридовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой медицинской профилактики и реабилитации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации;

Официальные оппоненты:

Михайлова Анна Андреевна, доктор медицинских наук, доцент, ученый секретарь, начальник научно-образовательного центра Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» (г. Москва);

Бобрик Юрий Валериевич, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры медицинской реабилитации, спортивной медицины и адаптивной физической культуры Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» (г. Симферополь).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Москва).

Защита диссертации состоится _____ _____ 2026 г. в ___ часов на заседании объединённого Диссертационного совета Д 999.237.02 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России и ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России» по адресу: 357501, Ставропольский край, г. Пятигорск, проспект Кирова, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России» (357501, г. Пятигорск, проспект Кирова, 30) и на сайте http://www.skfmba.ru.

Автореферат разослан «_____» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета Д 999.237.02,
кандидат медицинских наук, доцент Е.Н. Чалая

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Ишемический инсульт (ИИ) – это состояние, которое возникает в результате временного или постоянного прекращения поступления крови к определенным участкам мозга [Гусев Е. И. 2018]. ИИ – это не только медицинская, но и социальная проблема, которая несёт серьезный ущерб в экономической и социальной сфере [Camila Pantoja-Ruiz 2024, Marika Demers 2025, Lesli E Skolarus 2025].

Инвалидизация после инсульта наблюдается около 60% пациентов. От 19 до 35% нуждаются в постоянном постороннем уходе и лишь 15 – 20 % возвращаются к работе. По данным J.V. Bowler, через месяц после инсульта лишь 55% пациентов могут свободно передвигаться, через два месяца – 79%. Через полгода после инсульта сохраняются проблемы, влияющие на повседневную жизнь: 19% не могут самостоятельно пересаживаться с постели на стул, 15% не могут ходить [Скворцов Д. В. 2007, Beyaert C. 2015, Bonnechère B. 2014].

Значительное количество новаторских подходов, описанных в отечественной и зарубежной литературе, виртуальная реальность (ВР) в реабилитации, занятия с биологической обратной связью (БОС), проявляющие положительное влияние на улучшение двигательных функций, начинают все шире описываться в медицинской литературе с внедрением в практику, при этом имеют ряд ограничений [Joseph Morgan 2025, Paladugu, P 2025, Илларионов В.Е. Михайлова А.А. 2023].

Учитывая эти данные, необходимо продолжить научные исследования с всесторонней оценкой эффектов методов реабилитации с включением ВР и для формирования практических рекомендаций по их применению.

Степень разработанности темы исследования.

Программы реабилитации, использующие ВР для восстановления после ИИ, внедряются в практическую работу первичных сосудистых отделений (ПСО). В реабилитации требуется индивидуальный подход, с учетом личностных особенностей пациента для разработки новых программ восстановления для повсеместного

использования в структурах ПСО, реабилитационных центрах, и в амбулаторных условиях. Отсутствие стандартизации и индивидуальный подход, положительно сказываются на мотивации пациента, повышая его приверженность к лечению [Darekar A. 2015, Fonseca E. P. 2017].

Остается открытым вопрос о научном обосновании применения методик ВР в практической медицине, в совокупности с базовыми методиками лечения и реабилитации [Held J. PO. 2020, Hornby T. 2020].

Гипотеза исследования.

Моторные нарушения у больных после ИИ являются сложной задачей в медицине, ограничивая возможности пациентов и снижая их качество жизни.

Проведенное исследование достоверно показывает эффективность и безопасность восстановления больных в остром периоде ИИ на фоне применения программы реабилитации с включением ВР.

Интегративный подход в реабилитации, направленный на восстановление нейромоторных функций, может принести значимые улучшения. Внедрение ВР в комплексную реабилитационную программу, в сочетании с тренировками на роботизированном велотренажере и стандартной терапией, способствует повышению результативности реабилитационных мероприятий и, как следствие, улучшению качества жизни больных после ИИ.

Цель исследования

Оценить эффективность применения виртуальной реальности в сочетании с тренировками на роботизированном велотренажере, в комплексной реабилитации пациентов с ишемическим инсультом, включая результаты, полученные через шесть месяцев после начала исследования.

Задачи исследования:

1. Изучить результаты восстановления функциональных показателей мышечной силы и функции ходьбы у больных ишемическим инсультом, получавших реабилитационные процедуры в остром периоде с применением иммерсивной и дополненной реальности (ДР).

2. Сопоставить результаты показателей реабилитационного процесса в группах больных, получавших реабилитацию с использованием иммерсивной и ДР, и среди лиц, не получавших данные методы реабилитации.

3. Оценить результаты коррекции депрессии и тревоги с улучшением когнитивной функции на фоне реабилитации больных с ИИ в остром периоде с применением ВР и ДР в группах исследования.

4. Проанализировать результаты комбинированной медицинской реабилитации больных ИИ с применением иммерсивной ВР и ДР в группах пациентов при окончании раннего восстановительного периода (6 месяцев).

Положения, выносимые на защиту:

1. Интеграция технологий виртуальной и дополненной реальности в комплексную реабилитацию пациентов, перенесших ишемический инсульт, достоверно повышает эффективность восстановления двигательных и когнитивных функций.

2. Совместное применение виртуальной и дополненной реальности в реабилитации больных ишемическим инсультом в остром периоде показало статистически значимое преимущество, нежели использование данных методов по отдельности, а также по сравнению с больными контрольной группы, с сохранением динамики восстановления неврологических нарушений при окончании раннего восстановительного периода.

Научная новизна работы

Получены новые данные об эффективности применения ВР в остром периоде при регрессии парезов нижней конечности и восстановления функции ходьбы у пациентов с ишемическим инсультом.

Установлена эффективность в восстановлении когнитивных и коррекции

психоэмоциональных нарушений при использовании методики ВР в реабилитации лиц с ИИ.

Показана возможность начала применения ВИААР 100 для аппаратно-программного комплекса Вело Виар с третьего дня после развития ИИ, в

дополнение к стандартной терапии.

Выявлена достоверная эффективность включения ВР в комплексную реабилитацию в раннем восстановительном периоде острого ишемического поражения головного мозга.

Защита инновационности разработанной методики обеспечена наличием: двух свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ (RU 2022685148, 21.12.2022 и ЭВМ RU 2024690842, 18.12.2024, одного патента на полезную модель RU 238278, 23.10.2025 и регистрационного удостоверения на медицинское изделие, номер №Г004-00110-00/04381304).

Теоретическая значимость работы

Благодаря научному обоснованию применения программы ВР (ВИААР 100) для аппаратно-программного комплекса Вело Виар, далее (АПК «Вело Виар»), установлена высокая эффективность данной методики включения в комплексную реабилитацию в остром периоде ИИ, с восстановлением функциональных показателей.

Исследование доказывает значимый вклад ВР в реабилитацию пациентов с изучаемой патологией, что подтверждается статистически выкладками, рандомизацией и достаточным количеством набранных пациентов.

Практическая значимость

Благодаря научному обоснованию, выявлено что сочетание реабилитационного комплекса ВР с ДР является наиболее эффективной методикой медицинской реабилитации пациентов с ИИ в остром периоде.

Внедрение предложенной методики позволяет улучшать моторные и когнитивные функции, начиная с острого до окончания раннего восстановительного периода, что является важным шагом лечения пациентов с ИИ.

Методология и методы 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 реальностью (ВР) в сочетании с велокинетическими занятиями на роботизированном тренажере. Для создания визуального эффекта двигательного движения использована компьютерная программа «ВИАРР100» для АПК «Вело Виар».

Показатели оценивались на третьи сутки по завершению острейшего периода ишемического инсульта и через 10 дней от момента начала реабилитационных мероприятий. Для комплексной объективной оценки равновесия использована стабилометрия. В качестве инструментов оценки результатов реабилитации и моторных функций использовались: шкала Берга, шкала Национального института здоровья по инсультам (NIHSS), шкала Рэнкин для определения степени инвалидности, индекс мобильности Ривермид, шкала для планирования реабилитации, индекс ходьбы по Хаузеру (S. Hauser, 1983), а также классификации функционального мобильного статуса (M. Holden), отражающие различные аспекты и уровни владения навыками ходьбы [Guzik A. 2021, Guzik A. 2020, Norouzi-Gheidari N. 2012].

Диагностика тревожно-депрессивных расстройств и определение выраженности когнитивных нарушений проводилась по госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS) в двух частях, Бриффской шкале психического статуса и Монреальской когнитивной оценке (MoCA).

Последствия инсульта и эффективность реабилитации оценивались по завершению раннего восстановительного периода, 6 месяцев с момента возникновения церебрального инсульта. Оценка осуществлялась по всем шкалам идентично первоначальному обследованию.

Анализ клинических данных был произведен через статистические методы с применением IBM SPSS Statistics версии 23 и MS Excel 2000 от Microsoft. Для проверки нормальности распределения данных в условиях ограниченного объема выборки применен критерий Шапиро-Уилка. При попарном сравнении применялся критерий Манна-Уитни. При сравнении показателя в зависимых группах применялся критерий Вилкоксон. При сравнении трех групп применялся критерий Краскела-Уоллиса. Критерий значимости $p < 0,05$.

Степень достоверности результатов исследования

Надежность полученных результатов обеспечивается репрезентативной выборкой пациентов и сопоставлением клинико-функциональных показателей в трех сопоставимых группах больных.

Применение метода рандомизации позволило достичь равномерного распределения участников по ключевым группам исследования, в том числе и контрольной. Все участвующие в исследовании прошли через стандартизированные процедуры диагностики, были подвергнуты стандартным методам лечения и реабилитации, цели и задачи которых соответствовали заявленным в исследовании. Для обеспечения достоверности результатов была проведена комплексная статистическая обработка полученных данных.

Апробация работы и внедрение результатов исследования

Ключевые аспекты научной работы были представлены на: Всероссийской научной конференции «Неделя молодежной науки – 2021» в Тюмени; Всероссийской научно-практической конференции МЦИИ ОМЕГА САЙНС 2022 год; «Терапевтическом форуме» (Тюмень 2022); XVIII Международной / XXVII Всероссийской Пироговской научной медицинской конференции молодых ученых (Москва, 2023); научно-практической конференции «Актуальные вопросы спортивной медицины и медицинской реабилитации» (Челябинск 2024).

Разработаны методические рекомендации и получены акты внедрения в практическую деятельность в ГБУЗ ТО «Областная больница № 23» (г. Ялуторовск). Разработаны методические рекомендации для врачей и ординаторов специальностей: «Физическая и реабилитационная медицина», «Лечебная физкультура и спортивная медицина», о чем получен акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы в ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет.

Научные публикации

По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, из них: 3 статьи в журналах категории К1 и К2 (рекомендованных ВАК при Минобрнауки

России для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата наук), два свидетельства о государственной регистрации программы ЭВМ, 1 патент на полезную модель, 1 государственная регистрация медицинского изделия.

Соответствие темы диссертационного исследования критериям, установленными перечнем специальностей ВАК Российской Федерации:

Диссертационное исследование соответствует специальности 3.1.33 – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация, пункт 2 и 4. В работе представлен новый комплекс, для которого научно подтверждено его положительное воздействие и эффективность.

Личное участие автора

Автором была разработана концепция исследования, сформулированы цели и задачи, изучена научная литература согласно выбранной темы диссертации. Автор лично проводил отбор пациентов с распределением их по группам, а также непосредственно осуществлял обработку полученного материала. После чего автором были сделаны научные выводы и разработаны методические рекомендации. Помимо исследовательской работы, автор активно участвовал в написании научных статей и процедуре регистрации формирования заявок для свидетельств об официальной регистрации программ и полезной модели.

Структура и объем диссертации

Данная диссертационная работа представлена в объеме 209 страниц и организована в структуру, содержащую пять основных разделов, вступительную часть, примеры из практики, обобщающие выводы, рекомендации для применения на практике, обзор направлений для будущих исследований, приложения и библиографический список, где упоминается 54 работы отечественных авторов и 157 исследований иностранных специалистов. Диссертация включает 27 таблиц и 17 графических изображений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Методология исследования: В медицинской организации государственного бюджетного учреждения здравоохранения "Областная больница №23" в 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 (рис. 1).

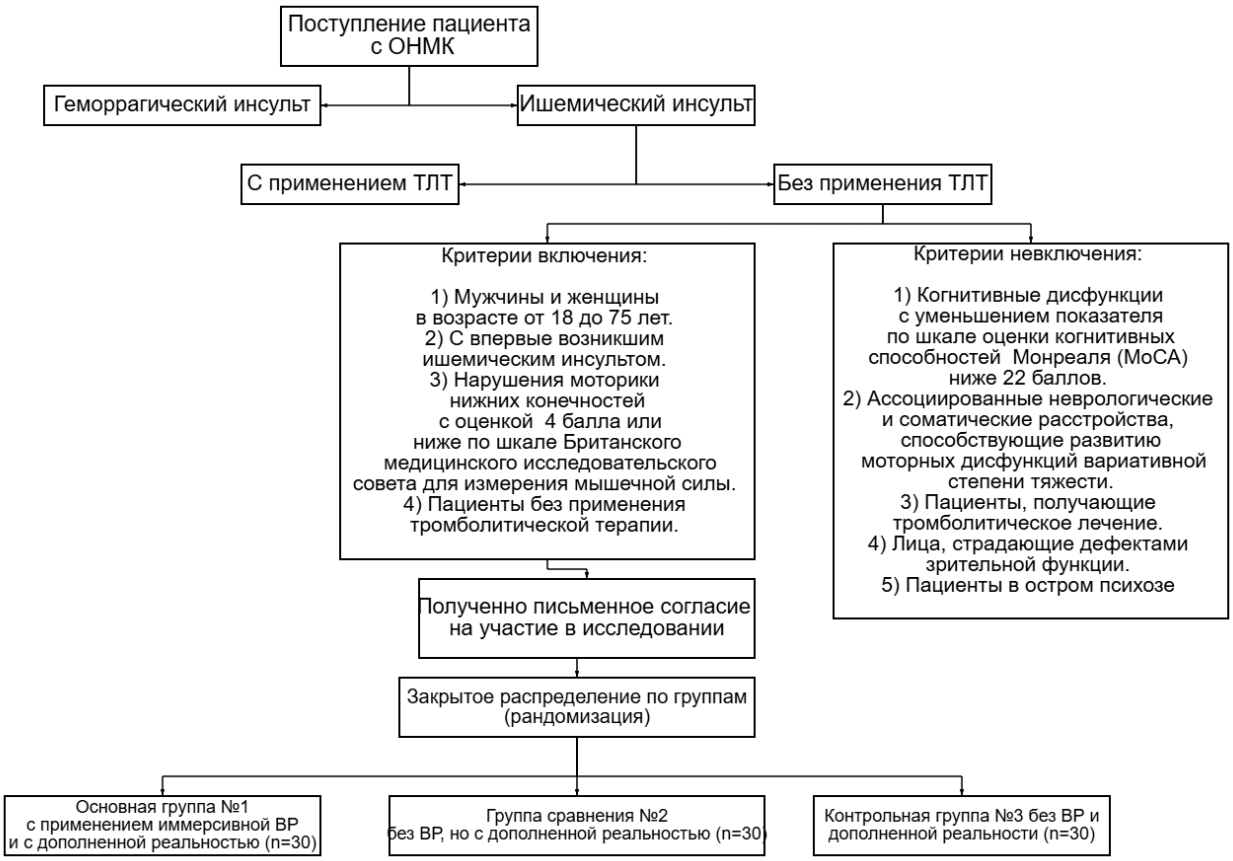


Рисунок 1. Дизайн исследования

Для создания визуального эффекта двигательного движения использована компьютерная программа «ВИАРР100» для АПК «Вело Виар».

Исследование сосредоточилось на оценке клинического и функционального статуса больных с ИИ при стандартной терапии, дополненной реабилитационными процедурами с использованием ВР. Протокол исследования, критерии включения и невключения были соблюдены в соответствии с разрешением этического комитета Тюменского ГМУ от 09.01.2021г.

Критерии исключения:

1) Отказ пациента от выполнения данного обследования.

2) Недостаток мотивации у пациентов к выполнению программы медицинской реабилитации, включая нарушения установленного режима лечения и выполнения дополнительных лечебных процедур;

3) Выполнение медицинских процедур, выходящих за рамки утвержденной методики исследования;

4) Нежелательные эффекты от основных лекарственных средств.

В исследовании приняли участие 90 пациентов с ИИ в остром периоде с диагнозами по МКБ-10: I63.3-I63.5. При поступлении в стационар проводилась первичная оценка состояния пациентов, а также повторная оценка по завершении острой фазы ИИ (на третий день) перед включением в исследовательскую группу. В соответствии с клиническими рекомендациями и нормативными актами Министерства здравоохранения России применялись субъективные методы оценки, включая все шкалы, указанные выше. Для объективной оценки результатов использовалась стабилометрия с применением стабилоплатформы Tymo Therapy Hlate. Дополнительная диагностика включала электроэнцефалографию для анализа электрической активности головного мозга. Это исследование проводилось до начала реабилитационного курса и по его завершении для исключения эпилептиформной активности. Через 10 суток после начала реабилитационных процедур проводилась еще одна оценка состояния. Повторная оценка показателей осуществлялась через 6 месяцев, в конце раннего восстановительного периода после инсульта, включая оценку эффективности реабилитационных мероприятий. Использовались идентичные методы клинической оценки. Пациенты были разделены на три группы методом слепой рандомизации. До начала исследования у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Все три группы проходили одинаковую программу реабилитации, соответствующую клиническим рекомендациям, начиная с третьего дня после стабилизации состояния после ИИ. Комплексная мультидисциплинарная реабилитация, включающая медикаментозное лечение, физические упражнения и

психологическую поддержку, проводилась во всех трех группах в соответствии с клиническими рекомендациями Минздрава России. Основное различие заключалось в использовании ВР, иммерсивной и/или дополненной. Первая группа (n =30) получала как иммерсивную ВР, так и неиммерсивную ДР (дополненная реальность) в дополнение к стандартному курсу реабилитации. Пациенты занимались с использованием компьютерной программы в течение 10 дней, ежедневно по 15 минут. В качестве виртуального окружения использовалась имитация езды на велосипеде с использованием шлема ВР, а движение нижних конечностей осуществлялось с помощью роботизированного велотренажера. Неиммерсивная ДР, представленная реабилитационной перчаткой "Аника" с БОС, применялась ежедневно в виде 15-минутных сеансов. Каждое движение отображалось на мониторе компьютера, что позволяло пациенту наблюдать за выполнением упражнений и корректировать их в режиме реального времени. Группа №2 (n =30) получала только ДР (занятия с реабилитационной перчаткой "Аника" с БОС) без иммерсивной ВР, ежедневно по 15 минут, в дополнение к основному курсу реабилитации. Группа №3 (n =30) получала только стандартный курс реабилитации без использования ДР и ВР.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ групп пациентов, выбранных случайным образом и сопоставленных на основе их первичных клинических и функциональных данных, не показал статистически подтвержденных различий. Данный результат обеспечил получение верифицированных данных о результативности использованных методов медицинской реабилитации пациентов с ИИ.

По итогам реабилитации, проведена оценка по шкале NIHSS, были получены следующие результаты (табл.1)

Таблица 1. Сравнительная межгрупповая характеристика клинико-функциональных показателей

National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)	Основная группа № 1 (n =30)		Группа сравнения № 2 (n =30)		Контрольная группа № 3 (n =30)	
	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев
Отсутствие симптомов, количество пациентов	1 (3,33%)	1 (3,33%)	0	0	4 (13,32%)	5 (16,65%)
Легкие неврологические нарушения, количество пациентов	15 (50%)	22 (73,33%) *	4 (13,32%)	7 (23,31%)	11 (36,63%)	11 (36,63%) **
Неврологические нарушения средней степени тяжести, количество пациентов	14 (46,62%)	7 (23,31%) #	24 (79,92%)	23 (76,59%)	14 (46,62%)	14 (46,62%) ##
Тяжелые неврологические нарушения, количество пациентов	0	0	2 (6,66%)	0	1 (3,33%)	0

Примечание: *- межгрупповые различия между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,0027. **- межгрупповые различия между 1 и 3 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,00046. #- межгрупповые различия между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,00018. ##- межгрупповые различия между 1 и 3 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,0005.

Более выраженная динамика показателей восстановления неврологических нарушений в группе № 1 по сравнению с группами № 2 и № 3 служит убедительным доказательством того, что применение современных технологий ВР и ДР может существенно повысить эффективность реабилитации.

Кроме того, следует отметить, что наличие легких неврологических нарушений в конце раннего восстановительного периода у 73,6% пациентов в группе № 1 свидетельствует о продолжающемся восстановлении и уменьшении неврологического дефицита, направленном на устранение дефицита функций. В отличие от группы № 2, где лишь 23,1% пациентов на тот же момент смогли продемонстрировать легкие неврологические нарушения, группа с ВР выделяется более выраженной положительной динамикой регресса очаговой неврологической симптоматики.

Таким образом, использование ВР в сочетании с классическим подходом к реабилитации больных с ИИ может стать важным шагом в лечении пациентов с неврологическими расстройствами, способствуя быстрому восстановлению.

Анализ динамики состояния, с оценкой по шкале реабилитационной маршрутизации показал снижение количества пациентов с умеренными нарушениями жизнедеятельности, в 1-ой группе (табл. 2) через 6 месяцев, при сохранении доли таких нарушений в группе №2 и наличие пациентов с абсолютными нарушениями группах № 2 и № 3.

Таблица 2. Сравнительная межгрупповая характеристика клинико-функциональных показателей по ШРМ

Шкала реабилитационной маршрутизации	Основная группа № 1 (n =30)		Группа сравнения № 2 (n =30)		Контрольная группа № 3 (n =30)	
	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев
ШРМ 1, количество пациентов	5 (16,65%)	15 (50%)	0	3 (9,99%)	7 (23,31%)	9 (29,97%)
ШРМ 2, количество пациентов	11 (36,63%)	11 (36,63%)	5 (16,65%)	6 (19,98%)	7 (23,31%)	7 (23,31%)
ШРМ 3, количество пациентов	10 (33,3%)	3 (9,99%) *	11 (36,63%)	13 (43,29%)	3 (9,99%)	2 (6,66%)
ШРМ 4, количество пациентов	4 (13,32%)	1 (3,33%) **	8 (26,64%)	7 (23,31%)	8 (26,64%)	8 (26,64%) #
ШРМ 5, количество пациентов	0	0	6 (19,98%)	1 (3,33%)	5 (16,65%)	4 (13,32%)

Примечание *- межгрупповые различия ШРМ 3 между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p=0,0034.**- межгрупповые различия ШРМ 4 между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p=0,0225. #- межгрупповые различия ШРМ 4 между 1 и 3 группой через 6 месяцев после реабилитации p=0,00114.

Проведен сравнительный межгрупповой анализ по функциональным показателям (табл. 3).

Участники группы № 1 с ВР продемонстрировали значительные улучшения, как в двигательной активности, так и в уменьшении неврологических осложнений,

что указывает на эффективность комплексного подхода к реабилитации. Несмотря на положительные результаты в группе № 2 и в группе № 3, стоит отметить, что данные методы менее эффективны в сравнении с группой № 1 с применением ВР.

Таблица 3. Сравнительная межгрупповая характеристика динамики показателей мобильности пациентов

Функциональные шкалы	Основная группа № 1 (n =30); Me [5P; 95 P]			Группа сравнения № 2 (n =30); Me [5P; 95 P]			Контрольная группа № 3 (n =30); Me [5P; 95 P]		
	На 3 день	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев	На 3 день	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев	На 3 день	Через 10 дней после начала лечения	Через 6 месяцев
Индекс мобильности Ривермид, баллы	3 [0; 7]	10 [4; 14]	13,5 [8; 15]	1 [0; 7]	6 [0; 13]	9,5 [9,5; 14] ##	2 [0; 8]	10,5 [1; 14]	11 [2; 14]
Шкала реабилитационной маршрутизации, баллы	4 [3; 5]	3 [2; 4]	1,5 [1; 3]	4 [3; 5]	4 [2; 5]	3 [3; 4]	4 [3; 5]	2 [1; 5]	2 [1; 5]
Шкала Берга, баллы	0,5 [0; 28]	41 [9; 54]	48 [34; 54] *	0 [0; 20]	21 [0; 48]	37 [37; 48]	0 [0; 38]	41 [0; 51]	42 [0; 51] #
Индекс ходьбы Хаузера, баллы	9 [5; 9]	4 [1; 8]	1,5 [0; 4] **	9 [7; 9]	6,5 [2; 9]	4 [4; 9]	9 [3; 9]	3 [1; 9]	3 [1; 9]
Функциональные категории ходьбы Holden, баллы	0 [0; 2]	3 [0; 5]	5 [3; 5]	0 [0; 0]	0 [0; 4]	2,5 [2,5; 4]	0 [0; 4]	4 [0; 5]	4 [0; 5]

Примечание: *- межгрупповые различия между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,0004. **- межгрупповые различия между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,0009. #- межгрупповые различия между 1 и 3 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,031. ##- межгрупповые различия между 1 и 2 группой через 6 месяцев после реабилитации p =0,0006.

При оценке результатов восстановления нарушенного функционирования были выявлены увеличение силы в нижних конечностях на фоне проводимых реабилитационных мероприятиях во всех трех группах (табл. 4).

Таблица 4. Сравнительная межгрупповая характеристика динамики показателей стабилометрии

Стабилометрия	Основная группа № 1 (n =30) Me [5P; 95 P]		Группа сравнения № 2 (n =30) Me [5P; 95 P]		Контрольная группа № 3 (n =30) Me [5P; 95 P]	
	На 3 день	Через 10 дней после начала лечения	На 3 день	Через 10 дней после начала лечения	На 3 день	Через 10 дней после начала лечения
Распределение нагрузки слева, %	39 [13; 94]	46 [15; 63]	33 [3; 86]	44 [6; 82]	68 [12; 94]	59 [30; 91]
Распределение нагрузки справа, %	42,5 [6; 87]	51,5 [15; 84]	67 [14; 97]	55 [18; 94]	31,5 [6; 88]	41 [9; 71]
Усилие слева, кг	20,5 [5; 34]	26 [13; 36]	18 [4; 34]	23,5 [6; 35]	23 [9; 29]	24 [12; 30]
Усилие справа, кг	20 [5; 33]	26 [14; 35]	27,5 [6; 37]	29 [7; 39]	15 [5; 28]	20 [7; 29] *
Активное перенесение тяжести тела среднее значение, %	63 [39; 72]	79 [46; 96]	56 [41; 68]	69 [52; 84] **	60 [52; 68]	70,5 [56; 82] ***

Примечание: *— межгрупповые различия между группой сравнения и контрольной группой через 10 дней реабилитации p =0,012; **— межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 10 дней реабилитации p =0,032; *** — межгрупповые различия между основной группой и группой контрольной через 10 дней реабилитации p =0,018.

Так, в основной группе на стабилометрии через 10 дней показатель усилия в паретичной нижней конечности увеличился с 20,5 [5; 34] до 26 [13; 36] кг (p <0,05), сравнительно в других группах отмечена также положительная, но меньшая динамика. Во всех группах уменьшился также дисбаланс в распределении нагрузки при опоре (табл. 4). Лучшие результаты повышения силы в нижних конечностях и снижение диспропорции при опоре наблюдались в группе на фоне применения методики ВР в дополнение к основному курсу реабилитации.

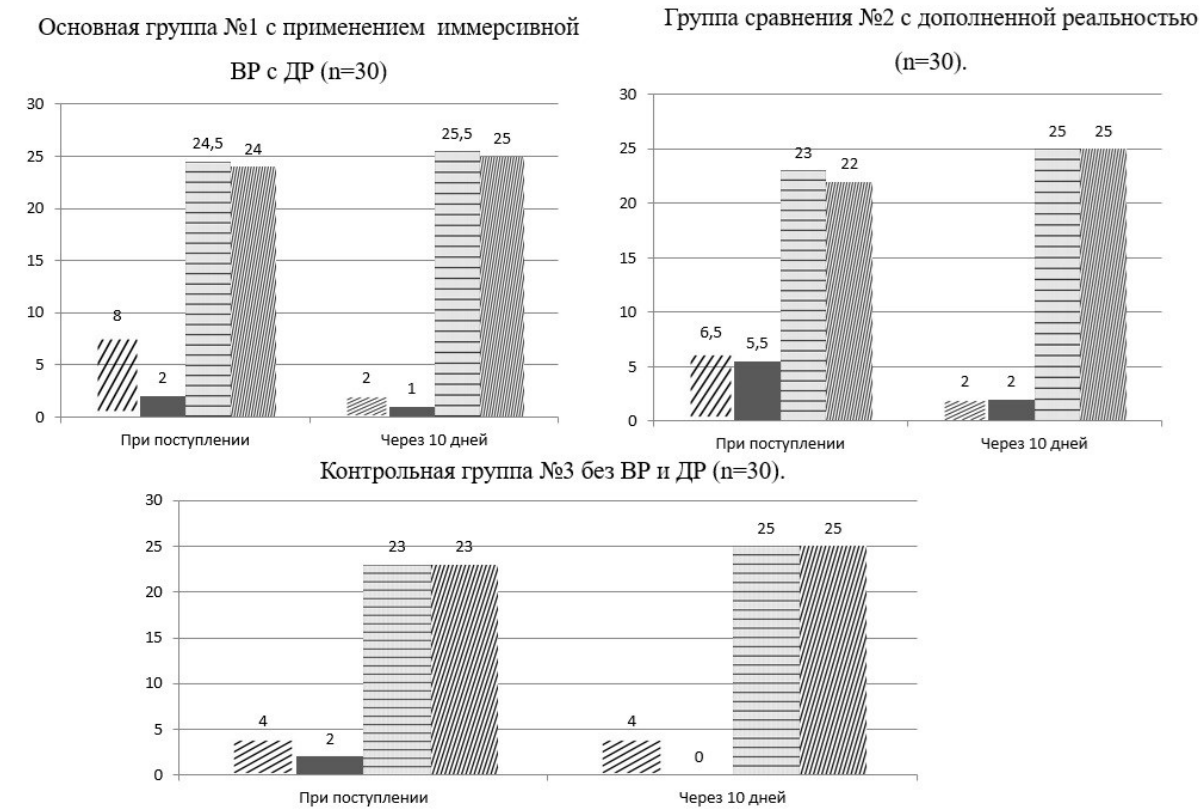


Рисунок 2. Сравнение межгрупповых данных психоэмоционального состояния пациентов.

При сравнении межгрупповых данных оценки тревоги и депрессии получено, что в группе пациентов № 1 и № 2 наблюдается снижение тревоги. В группе № 1 снижение тревоги с 8 баллов до 2 баллов (p =0,001); в группе №2 с 6,5 баллов до 2 баллов (p =0,0025); в группе №3 осталось без изменения 4 балла (p =0,39). Во всех трех группах после завершения процедур пациенты отмечают улучшение самочувствия и способность расслабиться. В то же время, в контрольной группе также наблюдаются улучшения, но в меньшей степени, в частности, борьба с беспокойством и напряжением оказалась сложнее (рис.2).

Отмечается, что динамика снижения депрессии по шкале HADS часть 2, и оценки когнитивных нарушений шкале (МоСа) в группах № 1 и 2, и 3 менее выражена.

В заключение, результаты нашего исследования подчеркивают необходимость интеграции методики ВР в раннюю реабилитацию пациентов с ИИ. Это позволяет повысить эффективность лечебных мероприятий в целом, что делает данные подходы значимыми для нейрореабилитационной практики.

ВЫВОДЫ

1. Применение виртуальной реальности в ранней реабилитации является эффективным методом для устранения парезов в конечностях и улучшения функции ходьбы у пациентов с ишемическим инсультом, что подтверждается динамикой индекса ходьбы Хаузера в основной группе № 1 с 9 [5; 9] баллов до 4 [1; 8] (p =0,003), в группе 2 с 9 [7; 9] до 6,5 [2; 9] (p =0,04), и увеличением мышечной силы по данным стабилометрии по показателю усилия в паретичной конечности в группе № 1 с 20[5; 33] кг до 26 [14; 35] кг (p =0,042), в группе № 2 с 18 [4; 34] кг до 23,5 [6; 35] кг (p =0,043).

2. Комбинированное использование иммерсивной и дополненной реальности с начала реабилитационного процесса (начиная с третьего дня) позволяет добиться более выраженной положительной динамики в показателях реабилитации, в отличие от применения каждого из методов по отдельности, что подтверждается динамикой неврологического состояния пациентов по шкале NIHSS через 10 дней реабилитации в группе № 1с 9 [6; 15] до 4 [1; 10] баллов (p =0,0018) и группе № 2 с 10[5; 23] до 8[1; 16] баллов (p =0,123), сравнительно группы № 3 с 9[4; 18] баллов до 3,5 [0; 13] баллов (p =0,0023); на фоне оценки активного перенесения тяжести тела при стабилометрии определены значимые межгрупповые различия между группой № 1 – 79 [46;96] % и группой № 3 – 70,5 [56;82] % (p =0,0018).

3. Внедренный метод ВР с использованием компьютерной программы «ВИАР 100» и АПК «Вело Виар» продемонстрировал снижение тревоги в группе № 1 с 8 баллов до 2 баллов (p =0,001), и в группе № 2 с 6,5 баллов до 2 баллов (p =0,0025), по сравнению с группой № 3 без динамики 4 балла (p =0,39). Динамика

снижения депрессии по шкале HADS часть 2 определила значимые межгрупповые различия межу группой № 1 и контрольной группой (p =0,0001); улучшения выраженности когнитивных нарушений по шкале (МоСа) отмечены в группе № 1 с 24 [0; 28] баллов до 25 [7; 30] (p =0,0002) баллов и группе№ 2 с 22 [0; 26] балов до 25 [3; 30] баллов (p =0,0004), с меньшими различиями с группой № 3 (p =0,118).

4. При оценке результатов комплексной реабилитации через 6 месяцев динамика улучшения функциональных показателей (шкала NIHSS, ШРМ, шкала Берга, индекс ходьбы Хаузера и индекс мобильности Ривермид) подтверждает результативность совместного применения методик виртуальной и дополненной реальности, что выражается в количестве пациентов с легкими неврологическими нарушениями по шкале NIHSS, которых становится больше в группе № 1 – 73,3%, чем в группе № 2 – 23,3% (p =0,0027), и группе № 3 – 36,6% (p =0,00046).

РЕКОМЕНДАЦИИ

Рекомендуется применение занятий иммерсивной ВР (ВИАРР100) с роботизированным велокинезом для повышения эффективности реабилитационных мероприятий у пациентов с ИИ в остром периоде.

Комплекс медицинской реабилитации состоит из:

1. Реабилитация с применением ВР. Занятия иммерсивной ВР (ВИАРР100) с роботизированным велокинезом в течение 10 дней в ежедневном режиме продолжительностью 15 минут.

Во время сеанса у пациента появляется возможность управлять виртуальным велосипедом, используя имитацию руля с проекцией рук и визуализацией движущейся дороги с четко видимой дорожной разметкой. Применение данной виртуальной технологии начинается после устойчивого улучшения состояния здоровья, минуя острейший период заболевания, обычно на третий день госпитализации, с длительностью ежедневных сессий до 10 дней и продолжительностью каждого занятия в 15 минут. Для занятия использовался АПК «Вело Виар».

2. Занятия с дополненной реальностью на реабилитационной перчатке с БОС "Аника" для восстановления мелкой моторики и координации с оценкой функциональных возможностей при помощи биологической обратной связи. Занятия проводятся ежедневно на протяжении 10 дней продолжительностью 10 минут.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Для достижения оптимальных исходов в лечении и реабилитации пациентов с неврологическими расстройствами требуется применение передовых методов и новаторских решений. В контексте исследования акцентируется значимость виртуальной реабилитации как прогрессивного подхода, выстроенного на фундаменте информационных технологий для создания иммерсивных виртуальных сред, симулирующих повседневные задачи и условия, что обеспечивает интенсивную тренировку пациентов. Приложение виртуальной реабилитации в практике показало его высокую эффективность в улучшении мышечного тонуса и активности пациентов с ишемическим инсультом в остром и в раннем восстановительном периоде, способствуя росту моторики, координации движений и реставрации утраченных способностей. Предлагается идея интеграции виртуальной реабилитации с биологической обратной связью (БОС-терапия) для потенцирования их взаимодействия, что может принести значительные преимущества в ускорении восстановительного процесса. Детальный анализ возможностей и эффективности данного метода требует дополнительного исследования, включая изучение влияния на мышечный тонус и функциональное состояние пациентов. Ключевым этапом верификации новых подходов является их клиническая оценка и апробация. Только основываясь на объективных данных, можно будет определить реальные перспективы и эффективность комбинированного применения виртуальной реабилитации и ДР для реабилитации больных с ИИ.

Следовательно, применение технологий виртуальной реальности в реабилитации открывает значительные перспективы для совершенствования процесса восстановления у пациентов с неврологическими нарушениями, включая

пациентов с ишемическим инсультом. Продвижение научных исследований в этой области обещает вскрыть полный потенциал данной методики, что, в итоге, способствует повышению уровня жизни больных, облегчая их реинтеграцию в социальную, бытовую, профессиональную и семейную сферы жизнедеятельности.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Плотников, Д. Н. Аспекты организации медицинской реабилитации первично-сосудистого отделения (на примере областной больницы №23 г. Ялуторовск) / Д. Н. Плотников // В сб. Модели инновационных решений повышения конкурентоспособности отечественной науки. - Киров, 2022. – С. 162-168.

2. Плотников, Д. Н. Результаты мобильности на фоне реабилитации с применением виртуальной реальности у лиц после перенесённого острого нарушения мозгового кровообращения в остром периоде в условиях первично-сосудистого отделения областной больницы №23 г. Ялуторовск / Д. Н. Плотников // В сб. Материалы XVIII Международной XXVII Всероссийской Пироговской научной медицинской конференции студентов и молодых учёных (г. Москва, 16 марта 2023 г.), 2023. – С. 93-94.

3. Плотников, Д. Н. Аспекты медицинской реабилитации первично-сосудистого отделения областной больницы № 23 Г. Ялуторовск / Д. Н. Плотников // Неделя молодежной науки - 2021 : Материалы Всероссийского научного форума с международным участием, посвященного медицинским работникам, оказывающим помощь в борьбе с коронавирусной инфекцией, Тюмень, 26–28 марта 2021 года. – Тюмень: Рекламно-издательский центр "Айвекс", 2021. – С. 188-189.

4. Плотников, Д. Н. Терапевтический эффект реабилитации с виртуальной реальностью коморбидных пациентов после инсульта в остром периоде / Д. Н. Плотников, Е. Ф. Туровинина // Сборник тезисов VII форума «Мультидисциплинарный больной». Конференция молодых терапевтов 23-24 мая

2024 г., Екатеринбург. Приложение к журналу Терапия. – 2024. – Т. 10, № S3(75). – С. 129.

5. **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. (К2)**

6. Плотников, Д. Н. Оценка эффективности применения виртуальной реальности у пациентов с ишемическим инсультом в остром периоде / Д. Н. Плотников, Е. Ф. Туровинина // Интеграция наук - 2024 : Материалы V Международной научно-практической конференции, Краснодар, 29 июля 2024 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2024. – С. 264-267.

7. Влияние реабилитации с применением виртуальной реальности на когнитивную функцию пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения в стационарных условиях в остром периоде / Е. Ф. Туровинина, Д. Н. Плотников // Научно-практический медицинский журнал. – 2024. – № 2(40). – С. 80-81.

8. Система реабилитации двигательных нарушений верхних и нижних конечностей виртуальная, без поддержки, клиническая "VELO VR (Вело Виар)": гос. регистрация от 30.11.2024 №1684 / произв. Тюменский гос. мед. ун-т МЗ РФ. – [Тюмень], 2024. – Регистрационный номер №Г004-00110-00/04381304. Ссылка на ТУ: ТУ 32.50.50-001-01963551-2024.

9. **Туровинина, Е. Ф. Влияние постинсультной реабилитации с применением виртуальной реальности на психоэмоциональное состояние пациентов / Е. Ф. Туровинина, Д. Н. Плотников // Курортная медицина. - 2024. – № 3 - С. 51-59. (К2)**

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685148 Российская Федерация. Автоматизированная система для нейрореабилитации "ВИАРР100" : № 2022685306 : заявл. 21.12.2022 : опубл.

21.12.2022 / Е. Ф. Туровинина, А. А. Копытов, Д. Н. Плотников ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024690842 Российская Федерация. Программа для аппаратно-программного комплекса Velo VR (Вело Виар) : № 2024690799 : заявл. 18.12.2024 : опубл. 18.12.2024 / Е. Ф. Туровинина, Д. Н. Плотников, М. Д. Гаммер [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации.

12. **Туровинина, Е. Ф. Реабилитация пациентов с ишемическим инсультом с применением виртуальной реальности: проспективное рандомизированное исследование / Е. Ф. Туровинина, Д. Н. Плотников // Вестник восстановительной медицины. - 2025. – Т. 24, № 4. (К1)**

13. Патент на полезную модель № 238278 U1 Российская Федерация, МПК A61H 1/00, A63B 69/16. Велотренажер для реабилитации двигательных нарушений верхних и нижних конечностей : заявл. 31.10.2024 : опубл. 23.10.2025 / Е. Ф. Туровинина, Д. Н. Плотников, М. Д. Гаммер [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тюменский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БОС – биологическая обратная связь
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ВР – виртуальная реальность.
ГБУЗ ТО – Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Тюменской области
ДР – дополненная реальность
ИИ – ишемический инсульт
ЛФК – лечебная физическая культура
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
ПСО – первичное сосудистое отделение
ШРМ – шкала реабилитационной маршрутизации
ЭЭГ – Электроэнцефалографиия
HADS – Hospital Anxiety and Depression Scale
MoCA – Montreal Cognitive Assessment
NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale