



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА.

*Мирзаева Азизахон Анвар кизи*

*Университет Эму 1 курс педиатрии 101б группа*

**Аннотация:** Современная медицина сталкивается с серьезным вызовом реабилитации пациентов, перенесших инсульт, так как поражения центральной нервной системы после острого нарушения мозгового кровообращения часто вызывают выраженные двигательные, когнитивные и психологические функциональные расстройства. Восстановление моторных функций – одна из основных задач периода постинсультной реабилитации, поскольку двигательный дефицит приводит к утрате самостоятельности, снижает качество жизни и увеличивает длительность социальной и профессиональной дезадаптации. За последние годы быстрый прогресс информационных технологий, разработка и внедрение иммерсивных технологий (виртуальной реальности, дополненной реальности, интерактивных систем и симуляторов) открыли новые перспективы для повышения эффективности восстановления утраченных двигательных функций у лиц, перенесших инсульт.

**Ключевые слова:** инсульт, реабилитация, моторная функция, иммерсивные технологии, виртуальная реальность, дополненная реальность, геймификация, нейропластичность, восстановление, мотивация.

Иммерсивные технологии основываются на создании искусственно генерируемой смеси цифровых образов, звуков, ощущений и тактильных воздействий, которые индивидуально воспринимаются пациентом, погружают его в интерактивное пространство и стимулируют выполнение определённых двигательных заданий. Главным преимуществом подобных технологий



является моделирование безопасной, контролируемой, адаптируемой, увлекающей и мотивирующей виртуальной среды, в которой возможно индивидуальное повторение двигательных паттернов, тренировка координации, скорости, силы, ловкости, а также постепенное усложнение моторных задач. Восстановление после инсульта традиционно базируется на комплексной медикаментозной, физиотерапевтической и эрготерапевтической программе, однако иммерсивные технологии способны значительно расширить реабилитационный арсенал, повысить вовлеченность пациентов, ускорить формирование нейронных связей, активировать механизмы нейропластичности и способствовать закреплению двигательных навыков [1].

Использование виртуальной реальности (VR) в восстановительной медицине включает создание объёмных трёхмерных моделей окружающей среды, взаимодействие с которыми происходит посредством специальных гарнитур, контроллеров, датчиков движения. Виртуальная реабилитация позволяет воссоздавать реальные сценарии повседневной жизни — ходьба, захват предметов, манипулирование объектами, управление транспортом, выполнение бытовых и профессиональных заданий. Пациенты учатся адаптироваться к новым двигательным ограничениям, тренируют утраченные и ослабленные навыки, формируют новые стратегии компенсации при минимальной физической нагрузке и без риска получения травм. Дополненная реальность (AR) интегрирует виртуальные объекты или подсказки в реальное пространство, что позволяет проводить тренировки в привычной пациенту обстановке и усиливает связь между моторной задачей и реальностью. AR-решения применяются для визуализации терапевтических упражнений, отслеживания точности и качества движений, контроля уровня сложности тренировочного процесса. Благодаря мобильности устройств, терапии в формате AR проводятся не только в условиях лечебных центров, но и на дому,



что увеличивает доступность реабилитационных услуг, снижает утомляемость и сокращает сроки восстановления [2].

Иммерсивные технологии реализуются через современные компьютеризированные платформы, включающие датчики захвата движений, геймпады, интерактивные экраны, виброобратную связь, аудиовизуальные эффекты. Они позволяют врачам и специалистам в области реабилитации гибко настраивать тренировочные протоколы под индивидуальные особенности каждого пациента, фиксировать прогресс и динамику восстановления, своевременно корректировать нагрузку и поддерживать высокий уровень мотивации на протяжении всего курса. Нейрофизиологической основой эффективности иммерсивных технологий выступает способность их к активации двигательных областей мозга, стимулируя процессы синаптической пластичности, образования новых нейронных связей и возрождения функциональной активности в зонах, граничащих с инсультным очагом. Многократное повторение двигательных действий, обратная связь от системы, положительные эмоции, возникающие при прохождении этапов тренировки, способствуют закреплению нейромоторных паттернов, улучшают интеграцию опыта и уменьшают выраженность остаточных явлений. Важное место в иммерсивной реабилитации занимает геймификация — внедрение игровых элементов и механик для поддержания интереса, формирования соревновательного духа, достижения промежуточных целей и получения немедленного положительного подкрепления. Благодаря этому пациенты проявляют большую активность, легче справляются с чувством усталости и рутинностью, реже теряют мотивацию, а регулярность занятий становится привычкой [3].

Эффективность применения иммерсивных технологий подтверждена многочисленными клиническими исследованиями и метаанализами, свидетельствующими о значимом улучшении моторики верхних и нижних



конечностей, восстановлении походки, общего равновесия, точности движений, темпов реадaptации к самостоятельной жизни. Иммерсивные тренировки рекомендуются как самостоятельный элемент реабилитации, так и в составе комбинированных программ наряду с традиционными физическими и эрготерапевтическими методами.

Иммерсивные реабилитационные решения имеют высокую степень индивидуализации – каждый пациент проходит специализированное тестирование, по итогам которого составляется персональный курс восстанавливающих занятий, адаптирующийся под текущий уровень моторного дефицита и динамику регресса. Компьютерная система фиксирует каждое упражнение, анализирует параметры движений, гибко регулирует сложность задач и интенсивность нагрузки, что минимизирует риск перенапряжения и обеспечивает физиологическую адаптацию.

Технологии дистанционной иммерсивной реабилитации позволяют повысить доступность и непрерывность занятий благодаря организации сеансов под контролем врача или инструктора в домашних условиях. Использование мобильных устройств и удалённых подключений существенно сокращает расходы на транспортировку пациентов, увеличивает соблюдение непрерывности терапии, способствует вовлечению семей в восстановительный процесс. Большое значение уделяется обратной связи и контролю результатов: пациент получает визуальные, аудиальные и тактильные сигналы о корректности и эффективности выполнения задач, что помогает корректировать осознанность движений, закреплять правильную двигательную стратегию, снижать тревожность и формировать уверенность в собственных силах. Медицинский персонал получает исчерпывающие данные о динамике и прогрессе, что позволяет гибко адаптировать курсы занятий, своевременно выявлять осложнения и разрабатывать новые терапевтические подходы [3].



Интердисциплинарное взаимодействие специалистов — неврологов, физиотерапевтов, психологов, программирующих инженеров — обеспечивает комплексное сопровождение пациентов, внедрение инновационных методик и постоянное совершенствование алгоритмов восстановления. Профессиональное обучение медицинских работников работе с иммерсивными системами становится неотъемлемой частью современного здравоохранения, что позволяет расширять масштаб применения технологий и обеспечивать их максимальное качество.

Иммерсивные технологии способствуют скорейшему преодолению социальной изоляции пациентов, увеличению их вовлечённости в активную жизнь, формированию психоэмоциональной устойчивости и положительного отношения к процессу восстановления. Поддержка со стороны близких, интеграция технологий в семейное пространство, участие в совместных занятиях способствуют гармонизации межличностных отношений, улучшению адаптации к изменившимся условиям и формированию новых жизненных ориентиров. Анализ перспективного развития данного направления указывает на быстрое расширение ассортимента иммерсивных решений, уменьшение стоимости приборов, упрощение интерфейсов, совершенствование алгоритмов анализа и обработки биомеханических данных, что позволяет сделать такие технологии массовыми не только в специализированных реабилитационных центрах, но и в амбулаторной и даже домашней практике [4].

Актуальные тенденции включают интеграцию нейроинтерфейсов, биологической обратной связи, искусственного интеллекта для автоматической коррекции тренировок, развитие мультисенсорных систем с тактильной и термической обратной связью, симуляцию сложных моторных сценариев реальной повседневной жизни, индивидуальную настройку игровой среды и контента в зависимости от потребностей и предпочтений пациента.



Огромный потенциал иммерсивных технологий заключается в их способности вовлекать не только моторные, но и когнитивные, эмоциональные компоненты реабилитационного процесса, что ускоряет комплексное восстановление после инсульта. Оценка эффективности, удобства и безопасности новых технических решений, регулярное обновление научно-методической базы, тесная интеграция с классическими формами терапии являются приоритетами на данном этапе развития отрасли [5].

### **Заключение:**

Иммерсивные технологии становятся инновационным и эффективным инструментом в восстановлении моторных функций после инсульта. Они обеспечивают создание индивидуализированной, мотивирующей, безопасной и контролируемой среды для тренировки двигательных навыков, способствуют активации механизмов нейропластичности, регулярному повторению двигательных паттернов и более скорому восстановлению утраченных функций. Внедрение подобных технологий в реабилитационные программы позволяет повысить доступность и результативность терапии, увеличить вовлечённость пациентов, улучшить долгосрочные исходы и качество жизни. Перспективы их широкого применения связаны с дальнейшим развитием технических решений, стандартизацией подходов, междисциплинарным сотрудничеством и научной каскадной поддержкой внедрения.

### **Использованная литература:**

1. Ляпина И.Ю., Афанасьева М.И. Иммерсивные технологии в медицинской реабилитации: новые возможности восстановления двигательных функций // Реабилитационная медицина, №2, 2022
2. Cramer S.C., Dodakian L., Le V. et al. "A Feasibility Study of Expanded Home-Based Virtual Reality Rehabilitation for Upper Extremity Recovery in



Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial.” *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2022

3. Levin M.F., Weiss P.L., Keshner E.A. “Emergence of virtual reality as a tool for upper limb rehabilitation: incorporation of motor control and motor learning principles.” *Phys Ther*, 2015

4. Баширов А.Б., Калюжная М.А. Перспективы применения технологий виртуальной реальности в постинсультной реабилитации // *Вопросы нейрореабилитации*, 2023

5. Laver K.E., Lange B., George S. et al. “Virtual reality for stroke rehabilitation.” *Cochrane Database Syst Rev*. 2017

6. Всемирная организация здравоохранения. Инновационные технологии в медицинской реабилитации: руководство для практиков, 2023

7. Соколов С.С. и соавт. Реабилитация после инсульта: современные технологии и интеграция в клиническую практику // *Журнал неврологии и психиатрии*, №8, 2021