

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

ЛАХОВ

Александр Сергеевич

ВЛИЯНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ФУНКЦИЙ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ В ОСТРОМ
ПЕРИОДЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА

3.1.24. Неврология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель
доктор медицинских наук,
профессор И.Е. Повереннова

Самара – 2024

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БОС – биологическая обратная связь

ВР – виртуальная реальность

ИИ – ишемический инсульт

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

СМА – средняя мозговая артерия

ФЭС – функциональная электрическая стимуляция

ЦНС – центральная нервная система

ШРМ – шкала реабилитационной маршрутизации

FMA-LE - шкала Фугл-Мейера для оценки функций нижней конечности

BBS – шкала баланса Берга

BDNF – Brain-Derived Neurotrophic Factor – нейротрофический фактор мозга

NGF – Nerve Growth Factor – фактор роста нервов

NIHSS – National Institutes of Health Stroke Scale – Шкала Инсульта
Национального Института Здоровья

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1. Острое нарушение мозгового кровообращения: понятие, распространенность, ведущие синдромы.....	11
1.2. Лечение и реабилитация при парезе нижней конечности	15
1.3. Роботизированные системы реабилитации для нижней конечности	23
1.4. Виртуальная реальность как метод восстановления функций нижней конечности	28
ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОБСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
2.1. Общая характеристика собственных наблюдений	35
2.2. Дизайн исследования	36
2.3. Методы исследования.....	37
2.3.1. Клинико-неврологическое исследование	37
2.3.2. Компьютерная и магнитно-резонансная томография головного мозга	38
2.3.3. Тестирование по шкале NIHSS.....	39
2.3.4. Тестирование по шкале FMA-LE.....	40
2.3.5. Тестирование по шкале BBS	40
2.4. Методы статистической обработки данных.....	41
ГЛАВА 3. КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОБСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ.....	43
3.1. Распределение больных по группам исследования и возрастная характеристика групп	43
3.2. Клиническая характеристика пациентов первой и второй групп	43
3.3. Клиническая характеристика пациентов, проходивших занятия с использованием роботизированного метода.....	46
Резюме	49
ГЛАВА 4. ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В КОМПЛЕКСНОЙ ПОСТИНСУЛЬТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ	52

4.1. Методика реабилитации с использованием виртуальной реальности	52
4.2. Результаты, полученные у пациентов группы исследования.....	55
4.3. Методика роботизированной реабилитации	57
4.4. Результаты реабилитации с применением роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы	60
4.5. Результаты совместного применения роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы и виртуальной реальности	62
Резюме	66
ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В КОМПЛЕКСНОЙ ПОСТИНСУЛЬТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ В НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ.....	68
5.1. Результаты исследования пациентов группы сравнения	68
5.2. Сравнительный анализ результатов исследования пациентов основной группы и группы сравнения	70
5.3. Сравнительный анализ результатов реабилитации пациентов, получавших только роботизированную терапию и роботизированную терапию с виртуальной реальностью	72
5.4. Попарное сравнение динамики неврологической симптоматики по исследуемым шкалам у пациентов исследованных групп.....	75
Резюме	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
ВЫВОДЫ	90
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	92
ЛИТЕРАТУРА	93
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	117

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Инсульт занимает первое место в мире среди всех причин первичной инвалидизации и одно из лидирующих мест в структуре общей смертности (Пирадов М.А. и соавт., 2019; Яхно Н.Н., 2021; Cortes-Perez I. et al., 2020). Ежегодно в Российской Федерации возникает свыше 450 тысяч случаев заболевания инсультом, большая часть которых приходится на ишемические инсульты (Яхно Н.Н., 2021; Скоромец А.А. и соавт., 2024). Более чем у 81% выживших пациентов наблюдается клиника гемипареза, и только около 20% из них выписываются из стационара с успешным восстановлением моторной функции пораженных конечностей, причем у 40% двигательный дефицит сохраняется пожизненно. Следовательно, большая часть больных остается инвалидами, и большинство из них нуждается в постороннем уходе (Долганов М.В. и соавт., 2018; Левин О.С. и соавт., 2020; Севастьянов Д.В. и соавт., 2021).

Согласно данным статистики, 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 (Пирадов М.А. и соавт., 2019). С учетом прямых и непрямых расходов на лечение, реабилитацию и потери в сфере производства определяется колоссальный ущерб экономике страны, который по данным Министерства здравоохранения Российской Федерации составляет 361 млрд рублей в год (Стаховская Л.В. и соавт., 2018). Следовательно, инсульт является не только медико-социальной, но и значимой экономической проблемой (Пирадов М.А. и соавт., 2019). В связи с этим возникает необходимость совершенствования методов реабилитации и разработки принципиально новых подходов к постинсультной реабилитации.

Степень разработанности темы исследования. За последние годы появилось большое количество технологий и методов, применение которых способствует значительному ускорению процесса восстановления после перенесенного инсульта. Среди них можно выделить технологию виртуальной реальности, технической основой которой является компьютерное моделирование

и имитация трехмерной окружающей среды (Riener R. et al., 2012; Klimov L.V et al., 2022). Виртуальная реальность может являться альтернативой традиционной терапии, представляя виртуальную среду и мультисенсорное воздействие для тренировки двигательной функции у постинсультных пациентов (Краснова-Гольева В.В. и соавт., 2015; Cortes-Perez I. et al., 2020). Созданная таким образом виртуальная окружающая среда призвана помочь пациентам адаптироваться к имеющимся двигательным нарушениям. Иными словами, при невозможности совершения каких-либо движений в реальной жизни у человека появляется возможность виртуально делать все необходимые ему действия и видеть их результат (Слепнева Н.И. и соавт., 2021). В связи с этим данный метод представляется весьма перспективным.

К настоящему моменту проведен целый ряд исследований по применению виртуальной реальности у постинсультных больных (Пирадов М.А. и соавт., 2015; Хижнякова А.Е. и соавт., 2016; Воловик М.Г. и соавт., 2018; Долганов М.В. и соавт., 2018; Слепнева Н.И. и соавт., 2021; Iosa M. et al., 2015; Kiper P. et al., 2015; Cortes-Perez I. et al., 2020; Xie H. et al., 2021; Chen J. et al., 2022; Dabrowska M. et al., 2023; Huang Q. et al., 2023). Большинство исследований направлено на использование виртуальной реальности для восстановления моторной функции верхней конечности или двигательной функции в целом. Нижней же конечности в этом отношении уделяется значительно меньше внимания.

Цель исследования: оценить эффективность применения виртуальной реальности в восстановлении двигательной функции нижней конечности у пациентов в остром периоде ишемического инсульта для оптимизации результатов реабилитации.

Задачи исследования.

1. Изучить динамику неврологической симптоматики и провести сравнительный анализ результатов реабилитации относительно пораженной нижней конечности у получающих и не получающих занятия на аппарате виртуальной реальности пациентов, находящихся в остром периоде ишемического инсульта.

2. Определить динамику и провести сравнительный анализ результатов реабилитации относительно функции баланса у получающих и не получающих занятия на аппарате виртуальной реальности пациентов, находящихся в остром периоде ишемического инсульта.

3. Провести сравнительный анализ результатов реабилитации нарушенной двигательной функции нижней конечности при использовании виртуальной реальности и роботизированной методики.

4. На основании полученных данных оценить влияние виртуальной реальности на восстановление моторной функции пораженной нижней конечности у больных в остром периоде ишемического инсульта.

Научная новизна исследования. Проведен комплексный анализ эффективности применения у пациентов с двигательными нарушениями в нижней конечности реабилитационных мероприятий с помощью мультисенсорного тренажера пассивной реабилитации, совмещающего технологии виртуальной реальности и биологической обратной связи ReviVR (Ривайвер), разработанного в Самарском государственном медицинском университете и не имеющего аналогов в мире (регистрационное удостоверение № РЗН 2021/15373 от 23.09.2021, приказ № 9114 от 23.09.2021). На основании полученных данных сделаны выводы о целесообразности применения методики виртуальной реальности у пациентов, находящихся в остром периоде ишемического инсульта.

Практическая значимость результатов исследования. Проведен сравнительный анализ показателей оценочных шкал у пациентов до и после занятий на аппарате виртуальной реальности. Дана оценка эффективности применения методики виртуальной реальности и возможности внедрения данной технологии в клиническую практику, что будет способствовать оптимизации реабилитационного процесса и снижению степени инвалидизации пациентов после ишемического инсульта. На основе проведенного исследования сформирована доказательная база, позволяющая повысить эффективность существующей модели ранней вертикализации и назначения двигательного режима, а также профилактики падений у больных в остром периоде ишемического инсульта на этапе ранней реабилитации.

Методология и методы диссертационного исследования. Методология диссертационного исследования основана на оценке уровня моторного дефицита у пациентов в остром периоде ишемического инсульта до начала реабилитационных мероприятий и после проведения терапии с помощью ряда валидных клинических шкал.

Работа выполнена в дизайне проспективного рандомизированного контролируемого исследования с использованием клинических и статистических методов. В исследование включено 223 пациента, находившихся в остром периоде ишемического инсульта.

Положения, выносимые на защиту.

1. Виртуальная реальность является эффективным методом улучшения баланса у пациентов с клиникой пареза нижней конечности в остром периоде ишемического инсульта.

2. Использование виртуальной реальности в комплексной реабилитации у пациентов в остром периоде ишемического инсульта более эффективно в отношении восстановления силы и активных движений пораженной нижней конечности, чем применение только стандартизированной методики.

3. Эффективность реабилитации двигательной функции пораженной нижней конечности у пациентов в остром периоде ишемического инсульта с помощью методики виртуальной реальности сопоставима с результатами роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы.

Личное участие автора в получении результатов. Диссертантом лично сформулированы цель и задачи исследования, получены научные результаты, изложенные в диссертации.

На всех этапах работы самостоятельно проведено неврологическое обследование всех больных, реабилитационные мероприятия, выполнен анализ полученных данных и их статистическая обработка, оформлен текст научных публикаций и диссертации.

На основании проведенного исследования и полученных результатов достоверно обоснованы выводы и представлены практические рекомендации.

Степень достоверности полученных результатов. Достоверность полученных результатов основывается на изучении и глубоком анализе в ходе исследования достаточного по объему фактического материала и использовании высокоинформативных методов клинического и инструментального обследования с применением критериев доказательной медицины. Статистический анализ данных проводился с помощью программного обеспечения SPSS для Windows (версия 26.0).

Внедрение в практику. Результаты диссертационного исследования внедрены в работу отделения для больных с острым нарушением мозгового кровообращения, неврологического и реабилитационного отделений ГБУЗ СОКБ им. В.Д. Середавина, а также в лекционный курс и практические занятия со студентами Института клинической медицины, Института профилактической медицины и ординаторами кафедры неврологии и нейрохирургии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Апробация результатов исследования. Материалы исследования доложены на III Всероссийской научной конференции молодых учёных «Будущее неврологии» (Казань, 2019), VIII Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы диагностики и лечения заболеваний нервной системы» (Саратов, 2019), X конференции молодых ученых-неврологов «Третьяковские чтения» (Саратов, 2021), научно-практической конференции «Тольяттинская осень – 2023» (Тольятти, 2023), VIII Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы амбулаторно-поликлинического звена» (Тольятти, 2024), VII Международном конкурсе молодежных проектов в области медицинской реабилитации «Реабилитация +» (Ульяновск, 2024), Поволжской научно-практической конференции «Неврология сегодня» (Самара, 2024).

По результатам исследования опубликовано 13 печатных работ, из них 2 – в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций. Получено свидетельство о государственной регистрации базы данных «Влияние виртуальной реальности на

восстановление функций нижней конечности у пациентов в остром периоде ишемического инсульта».

Соответствие паспорту специальности. Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 3.1.24. Неврология п. 3 «Сосудистые заболевания нервной системы» (медикаментозные и немедикаментозные, физические, психотерапевтические, психологические методы лечения, реабилитация пациентов с различной сосудистой патологией нервной системы).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 126 страницах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, описания материала и методов исследования, трех глав собственных наблюдений, заключения, выводов, практических рекомендаций и приложения. Работа иллюстрирована 16 таблицами и 32 рисунками. Указатель литературы включает 190 источников, из них 94 отечественных и 96 – зарубежных авторов.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Острое нарушение мозгового кровообращения: понятие, распространенность, ведущие синдромы

Острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) – сосудистое заболевание головного мозга, характеризующееся внезапным появлением неврологической очаговой и / или общемозговой симптоматики, которое подразделяется на преходящие нарушения мозгового кровообращения и мозговые инсульты, среди которых выделяются ишемические и геморрагические (Одинак М.М., 2014; Мументалер М., 2019; Гусев Е.И. и соавт., 2022).

В развитых странах инсульт является самой частой причиной ранней инвалидизации населения и третьей по частоте причиной смерти после заболеваний сердца и опухолей (Мументалер М., 2019; Голохвастов С.Ю. и соавт., 2020). В ряде стран инсульт занимает второе место в структуре общей смертности населения (Султанова И.В. и соавт., 2015; Скворцова В.И. и соавт., 2018; Севастьянов Д.В. и соавт., 2021), а в некоторых регионах Российской Федерации смертность от инсульта преобладает над смертностью от инфаркта миокарда (Клочихина О.А. и соавт., 2014; Тайманова И.В., 2017).

Каждые 53 секунды в мире происходит ОНМК (Дзужева С.С., 2017). Ежегодно инсульт поражает 0,2% или 2000 человек на 1 млн населения (Утеулиев Е.С. и соавт., 2017). В Российской Федерации инсульт ежегодно возникает более чем у 450-500 тысяч человек (Кандыба Д.В., 2016; Самсонова Н.А. и соавт., 2016; Яхно Н.Н., 2021). ОНМК может возникнуть в любом возрасте, однако заболеваемость инсультом пропорциональна возрасту и достигает 600-800 случаев на 100 тысяч населения среди возрастной группы 65-74 лет, что почти в 6 раз чаще, чем у лиц 45-54 лет. Чаще страдают мужчины. Также существуют географические различия, к примеру, финны, шотландцы и японцы болеют чаще, чем жители Северной Америки и Центральной Европы, относящиеся к европеоидной расе (Мументалер М., 2019; Яхно Н.Н., 2021).

Во всем мире около одной трети всех выживших пациентов с ОНМК

становятся инвалидами (Дзуева С.С. и соавт., 2017), и не более 15-20% пациентов могут возвратиться к труду (Титов Б.В. и соавт., 2015; Самсонова Н.А. и соавт., 2016), а остальные из-за инвалидности нуждаются в пожизненной медико-социальной поддержке (Севастьянов Д.В. и соавт., 2021). По разным данным, в результате перенесенного инсульта около 30% пациентов нуждаются в постороннем уходе, 20% не могут самостоятельно ходить (Назарова С.К. и соавт., 2020). В Российской Федерации проживает более 1 млн людей, перенесших инсульт, причём 80% из них являются инвалидами (Левин О.С. и соавт., 2020; Яхно Н.Н., 2021).

Большая часть, около 80% всех ОНМК, приходится на ишемический инсульт (ИИ), при этом две трети нарушений происходят в бассейне сонных артерий и одна треть – в вертебробазилярном бассейне (Утеулиев Е.С. и соавт., 2017; Мументалер М., 2019; Голохвастов С.Ю. и соавт., 2020; Яхно Н.Н., 2021). Ишемический инсульт – это патологическое состояние, возникающее вследствие недостаточности кровоснабжения головного мозга по причине различных заболеваний сердечно-сосудистой системы (Гусев Е.И. и соавт., 2022). Ишемическое поражение головного мозга, как правило, вторично: у 90% больных оно возникает в результате изменений сердца и магистральных артерий головы и шеи на фоне артериальной гипертензии, атеросклероза, сахарного диабета, нарушений ритма сердца и иных причин (Одинак М.М., 2014).

В зависимости от ведущей причины выделяют несколько подтипов ИИ: атеротромботический, кардиоэмболический, гемодинамический, лакунарный, инсульт по типу гемореологической микроокклюзии, а также инсульт не установленной этиологии (Одинак М.М., 2014; Кандыба Д.В., 2016).

В течении ИИ выделяют несколько периодов: острейший – первые 3 суток, острый – до 28 суток, ранний восстановительный – до 6 месяцев, поздний восстановительный – до 2 лет, период остаточных явлений – после 2 лет (Гусев Е.И. и соавт., 2022). Симптоматика ИИ зависит от бассейна поражения. В табл. 1 представлены основные очаговые неврологические синдромы, возникающие при инсульте (Кандыба Д.В., 2016; Мументалер М., 2019; Яхно Н.Н., 2021; Гусев Е.И. и соавт., 2022).

Ведущие неврологические синдромы при наличии одного очага

Бассейн	Клинические проявления	Ведущие синдромы
Каротидная система мозгового кровоснабжения (артерии: сонные, глазничные, средние мозговые, передние мозговые)	Двигательные нарушения	Центральный контралатеральный моно- или гемипарез (плегия)
	Чувствительные нарушения	Контралатеральная моно- или гемианестезия, контралатеральная моно- или гемигипестезия, парестезии
	Речевые нарушения	Афазии: моторная, сенсорная, сенсомоторная (глобальная или тотальная), кондуктивная, аномическая
	Зрительные нарушения	Контралатеральная верхне- и нижнеквадрантная гемианопсия, монокулярная слепота
	Глазодвигательные нарушения	Парез взора в противоположную от очага сторону
	Асимметрия лица	Контралатеральный центральный парез лицевого нерва
	Девияция языка	Контралатеральный центральный парез подъязычного нерва
	Координаторные нарушения	Корковая атаксия
Вертебрально-базилярная система кровоснабжения мозга (артерии: позвоночные, основная / базилярная, внутренние слуховые, задние мозговые).	Двигательные нарушения	Центральный контралатеральный моно- или гемипарез (плегия), центральный тетрапарез (плегия); альтернирующие синдромы, бульбарный синдром, псевдобульбарный синдром
	Чувствительные нарушения	Контралатеральная моно- или гемианестезия, контралатеральная моно- или гемигипестезия, альтернирующая гемигипестезия, парестезии
	Речевые нарушения	Бульбарный синдром (дизартрия)
	Координаторные нарушения	Вестибуло-атактический синдром, мозжечковая атаксия
	Зрительные нарушения	Гомонимные и гетеронимные гемианопсии, зрительная агнозия
	Асимметрия лица	Ипсилатеральный периферический парез лицевого нерва
	Девияция языка	Ипсилатеральный периферический парез подъязычного нерва

Самым частым неврологическим синдромом при инсульте является центральный парез, который развивается более чем в 80% случаев (Мирютова Н.Ф. и соавт., 2017; Долганов М.В. и соавт., 2018; Куташов В.А. и соавт., 2018; Левин О.С. и соавт., 2020). Одновременно с этим двигательные расстройства являются самыми инвалидизирующими, так как приводят к существенному ухудшению

качества жизни, снижению мобильности пациентов, невозможности вернуться к прежнему уровню активности, самостоятельной ходьбе, в худшем случае приводят к невозможности самообслуживания и вынуждают пациента постоянно находиться в лежачем положении, требуя помощи окружающих людей (Епифанов В.А. и соавт., 2015; Шергешев В.И. и соавт., 2016; Miller E.L. et al., 2010).

Парезом называют снижение мышечной силы в пораженных мышцах. Крайней степенью пареза является плегия, при которой происходит полная утрата произвольных движений в тех или иных группах мышц. Монопарез – изолированное поражение одной конечности, гемипарез – поражение руки и ноги с одной стороны, парапарез – двух верхних или нижних конечностей, трипарез – трех конечностей, тетрапарез – всех четырех конечностей. Центральный парез, характерный для инсульта – снижение мышечной силы, возникающее при поражении центрального мотонейрона или пирамидного тракта, характеризующееся повышением мышечного тонуса по спастическому типу, повышением глубоких рефлексов, появлением патологических рефлексов, патологических синкинезий и клонусов (Мокиенко О.А. и соавт., 2018; Мументалер М., 2019; Гусев Е.И. и соавт., 2022). Мышечную силу оценивали по пятибалльной системе (McPeak, L., 1996; Weiss, M., 1986), представленной в табл. 2 вместе с характеристиками степени пареза (Скоромец А.А. и соавт., 2022).

Таблица 2

Характеристика мышечной силы в баллах соответственно степени пареза

Балл	Объем движений	Степень пареза
5	Движение в полном объеме при действии силы тяжести с максимальным противодействием	Нет
4	Движение в полном объеме при действии силы тяжести и небольшим противодействием	Легкий
3	Движение в полном объеме при действии силы тяжести, но невозможно преодолеть даже небольшое противодействие	Умеренный
2	Активные движения возможны лишь при устранении силы тяжести (на опоре)	Выраженный
1	Слабое сокращение и ощущение напряжения при попытке произвольного движения	Грубый
0	Отсутствие движений и признаков напряжения мышц при попытке произвольного движения	Плегия

Парез нижней конечности имеет свои особенности клинических проявлений и методов их выявления. При ИИ с очагом в прецентральной извилине или другой области с поражением корково-спинномозгового пути возникает центральный парез ноги с характерными для него симптомами на противоположной от очага стороне тела, который может сочетаться с центральным парезом руки на той же стороне. В первые дни и даже недели после развития ОНМК тонус в ноге может не меняться или быть пониженным. Затем происходит постепенное повышение мышечного тонуса преимущественно в разгибателях голени, в результате чего происходит разгибание и приведение бедра, выпрямление ноги в коленном суставе, сгибание стопы и её супинация. Пациент вынужден в процессе ходьбы «очерчивать полукруг» пораженной нижней конечностью, при этом туловище несколько наклоняется в противоположную сторону, что в совокупности с частым односторонним поражением обеих конечностей приводит к гемипаретической походке или позе Вернике-Манна (Одинак М.М., 2014; Кандыба Д.В., 2016). Длительное существование пареза с высоким мышечным тонусом приводит к изменению биомеханических свойств мышц, тугоподвижности, контрактуре, быстро возникают вторичные изменения в суставах и других частях тела, которые крайне трудно поддаются лечению или делают его неэффективным (Хатькова С.Е. и соавт., 2019). Постинсультный центральный парез нижней конечности нарушает опорную функцию паретичной конечности, снижает скорость ходьбы, уменьшает длину шага, вызывает постуральные нарушения, асимметрию походки и ведёт к перераспределению избыточной нагрузки на здоровую сторону (Хатькова С.Е. и соавт., 2019). В ряде случаев мышечная спастичность сочетается с приступами болезненных мышечных спазмов (Ковальчук В.В. и соавт., 2018). Доля пациентов со спастичностью на протяжении 3 месяцев после инсульта достигает 40% (Левин О.С. и соавт., 2020).

1.2. Лечение и реабилитация при парезе нижней конечности

Постинсультная инвалидизация отражает не только специфические клинические проявления инсульта, но и качество помощи больным, в связи с чем большое значение придается реабилитации больных, перенесших инсульт,

включая медицинскую, психологическую, социальную и профессиональную её составляющие (Самсонова Н.А. и соавт., 2016). Современное понимание реабилитации включает в себя комплекс медицинских, педагогических, профессиональных и юридических мер, направленных на восстановление или компенсацию нарушенных функций организма и трудоспособности больных и инвалидов. Под медицинской реабилитацией понимается совокупность мероприятий лечебного, социального, психологического, образовательного и трудового характера, направленных на полное или частичное восстановление утраченных функций, предупреждение снижения или утраты трудоспособности, профилактику осложнений, улучшение качества жизни, а также социальную адаптацию и реинтеграцию в общество (Епифанов В.А. и соавт., 2015; Иванова Г.Е. и соавт., 2018; Пономаренко Г.Н., 2018; Фахретдинов В.В. и соавт., 2019; Гусев Е.И. и соавт., 2022).

Реабилитация, направленная на восстановления нервной системы – нейрореабилитация – представляет собой сложнейший патогенетически обоснованный процесс междисциплинарного комплексного лечения и проведения восстановительных мероприятий с обязательным применением методов медицинского, медико-психологического, медико-педагогического и медико-социального воздействия, значение и интенсивность которых меняются на разных этапах заболевания (Иванова Н.Е. и соавт., 2014; Иванова Г.Е. и соавт., 2018).

Основой нейрореабилитации является свойство нейропластичности – способности центральной нервной системы (ЦНС) изменять свою функциональную и структурную реорганизацию и вовлекать различные структуры ЦНС в разные формы деятельности, которые были не свойственны ей до момента повреждения (Комарницкий В.С. и соавт., 2023; Bernhardt J. et al., 2017; Li S. et al., 2021). Основой реорганизации нервной системы является мультифункциональность нейрона и нейронального пула, иерархичность структур головного мозга и спраутинг – прорастание и дальнейшее анастомозирование нервных волокон (Кадыков А.С. и соавт., 2014; Доян Ю.И. и соавт., 2018; Турузбекова Б.Д. и соавт., 2023; Strother M.K. et al., 2016; Tosti B. et al., 2024).

Одним из основных физиологических механизмов нейропластичности является нейрогенез, который представляет собой многоступенчатый регулируемый процесс трансформации мультипотентных нейрональных клеток и интеграцию образовавшихся нейронов в существующую нейрональную сеть (Павлов К.И. и соавт., 2021; Батчаева М.М. и соавт., 2022).

Процессы нейропластичности ограничены и со временем замедляются (Романчук Н.П. и соавт. 2017; Захаров А.В. и соавт., 2021; Murphy T.H. et al., 2009). У постинсультных пациентов естественные компенсаторные механизмы, направленные на восстановление утраченных функций, особенно выражены на ранних этапах заболевания, поэтому необходима ранняя активизация больных (Турузбекова Б.Д. и соавт., 2023). Это подтверждает тот факт, что наибольшая эффективность реабилитации наблюдается в течение первого года после развития заболевания, при этом реабилитационный потенциал максимален в течение 3 месяцев от момента начала ОНМК (Иванова Н.Е. и соавт., 2019). Поэтому ключевым моментом в нейрореабилитации является раннее начало, которое способствует ускорению темпов восстановления, а также снижает вероятность декомпенсации соматической патологии и развития постинсультных осложнений (Самсонова Н.А. и соавт., 2016; Пономаренко Г.Н., 2018; Фахретдинов В.В. и соавт., 2019). Начало реабилитации именно в остром периоде инсульта определяет успех восстановительного лечения в целом и реабилитационный прогноз. Доказано, что при ранней реабилитации происходит профилактика развития возможных осложнений, более быстрое и полное восстановление моторной функции при центральных парезах, нормализация проприоцептивной чувствительности, нормализация психоэмоционального состояния пациента, повышение мотивации пациента к лечению. И напротив, спустя 1-6 месяцев после инсульта могут возникнуть грозные осложнения: при центральных парезах развиваются спастические контрактуры, которые в дальнейшем трудно поддаются терапии, либо не излечиваются вовсе (Скворцова В.И. и соавт., 2013; Кадыков А.С. и соавт., 2014; Белкин А.А. и соавт., 2016; Сорокоумов В.А. и соавт., 2016; Ковальчук В.В., 2017; Колчина Е.Ю., 2023).

Ещё одним важным принципом нейрореабилитации является мультидисциплинарный подход, который представляет собой комплекс мер медицинского, педагогического, профессионального и социального характера при взаимодействии специалистов разного профиля, включая различные виды помощи по преодолению последствий заболевания, изменению образа жизни, снижению воздействия факторов риска с целью определения цели реабилитации, необходимости и достаточности, продолжительности, последовательности и эффективности участия каждого специалиста в каждый конкретный момент времени текущего реабилитационного процесса (Иванова Н.Е. и соавт., 2014; Данилов А.Б. и соавт., 2017; Иванова Г.Е. и соавт., 2018). Мультидисциплинарная бригада должна включать таких специалистов, как невролог, реаниматолог, врач лечебной физкультуры, врач-физиотерапевт, логопед, медицинский психолог, эрготерапевт, медицинские сестры, социальный работник, а также специалисты других профилей при необходимости. Доказано, что ведение больных с инсультом мультидисциплинарной бригадой специалистов позволяет сократить летальность и инвалидизацию пациентов на 30% (Иванова Н.Е. и соавт., 2014; Барулин А.Е. и соавт., 2021).

Важным моментом в нейрореабилитации двигательных нарушений является ранняя вертикализация, которая считается одним из самых эффективных средств восстановления двигательных функций и всего реабилитационного процесса в целом, а также является эффективным методом профилактики многих осложнений, включая тромбоз глубоких вен нижних конечностей и пневмонию (Мирютова Н.Ф. и соавт., 2017; Пономаренко, Г.Н., 2017; Таламова И.Г. и соавт., 2023; Турузбекова Б.Д. и соавт., 2023; Selves C. et al., 2020).

Вертикализации часто препятствует неустойчивость при ходьбе и высокий риск падений, который развивается у пациентов с клиникой гемипареза из-за смещения центра тяжести в сторону здоровой ноги. Считается, что это происходит не только из-за слабости мышц, но и за счёт уменьшения проприоцептивной афферентации от пораженной конечности, а в более тяжелых случаях – неглектом. С целью коррекции данного состояния могут использоваться

специальные столы, тренажеры, роботизированные методы с биологической обратной связью – БОС (Сидякина И.В., 2011; Епифанов В.А. и соавт., 2015; Мамбетова Г.Ш. и соавт., 2018; Конева Е.С. и соавт., 2020).

Параллельно с увеличением двигательной активности пациента и переводом его в вертикальное положение приступают к активным методам реабилитации (Шахпаронова Н.В. и соавт., 2012; Мирютова Н.Ф. и соавт., 2017). В первую очередь применяется активная лечебная гимнастика. Лечебный эффект физических упражнений направлен на восстановление правильной «пусковой афферентации» и рефлекторной деятельности, увеличение амплитуды и точности движений, профилактику болевого синдрома и контрактур, концентрацию внимания на последовательность и правильность включения мышц в конкретный двигательный акт (Белова А.Н. и соавт., 2010; Бандаков М.П. и соавт., 2011; Маркин С.П., 2013; Ильина И.В., 2024). Кинезиотерапия как форма лечебной гимнастики включает лечение положением, пассивные и активные движения (Колчина Е.Ю., 2023; Ильина И.В., 2024). Кроме предотвращения развития осложнений кинезиотерапия оказывает общетонизирующее воздействие на организм, тренировку сердечно-сосудистой системы, активизацию мозговой гемодинамики и воздействие на двигательные нарушения (Ибрагимов М.Ф. и соавт., 2012). Наряду с восстановлением движений, в задачи лечебной гимнастики входит обучение ходьбе и элементам самообслуживания, что значительно ускоряет восстановление моторной функции пораженных конечностей, особенно нижних. В случае грубого пареза или плегии, а также невозможности пациента находиться в вертикальном положении, сначала могут использоваться методы пассивной реабилитации, включая специальные механизированные устройства или роботы-ортезы, которые обеспечивают пассивные движения и имитируют шаг (Барулин А.Е. и соавт., 2021; Ильина И.В., 2024).

Для уменьшения спастичности и предотвращения развития контрактур используются разные методы физиотерапии. Помимо стандартных упражнений и лечения положением применяют криотерапию, гидротерапию, электростимуляцию мышц (Ибрагимов М.Ф. и соавт., 2012). Применение

рефлексотерапии в комплексной восстановительной терапии способствует более эффективному восстановлению неврологических нарушений, уменьшению спастичности и улучшению двигательной активности (Бектемирова С.Н. и соавт., 2021; Ясинская А.С. и соавт., 2022; Павлущенко Е.В. и соавт., 2023). Массаж, как наиболее применяемый вид пассивной физиотерапии, является эффективным методом улучшения двигательной функции и уменьшения спастичности у перенесших инсульт пациентов, особенно в подострой стадии заболевания (Cabanas-Valdes R. et al., 2021).

Широкое применение импульсных токов в лечении двигательных расстройств обусловлено тем, что наряду с анальгезирующим эффектом они обладают выраженным действием на периферическую гемодинамику, повышают сократительную способность мышечных волокон и предупреждают развитие атрофических процессов в мышечной ткани (Максимов А.В. и соавт., 2017; Венцак Е.В., 2020).

Тепловые процедуры, такие как парафиновые и озокеритовые аппликации, оказывают расслабляющее действие на мышцы, способствуют улучшению регионарного кровотока и активации метаболических процессов в тканях. Ручной массаж применяется в целях снижения рефлекторной возбудимости спастичных мышц, предотвращения формирования или ослабления мышечных контрактур, восстановления нарушенных двигательных функций (Венцак Е.В., 2020; Таламова И.Г. и соавт., 2023).

Для лечения центральных парезов хорошо зарекомендовал себя метод визуальной стимуляции головного мозга под названием зеркальная терапия. Для его проведения на стол перед пациентом устанавливается зеркало между руками и ногами. Пациент может видеть в зеркальном отражении движения здоровых конечностей, при этом создается визуальная иллюзия нормальных движений в пораженных конечностях. Такая система позволяет стимулировать различные области мозга, приводит к уменьшению степени гемипареза, увеличению двигательной активности паретичных конечностей, а также оказывает положительное влияние не только на восстановление моторной функции, но и на

снижение уровня боли (Мирютова Н.Ф. и соавт., 2017; Thieme H. et al., 2018).

Как один из перспективных методов восстановительного лечения у больных с патологией ЦНС в настоящее время рассматривается транскраниальная магнитная стимуляция, особенно учитывая тот факт, что наиболее распространенной зоной стимуляции является первичная моторная кора (Мещерякова А.В. и соавт., 2023). Данный метод способен активировать сохраненные двигательные нейроны, формировать новые синаптические связи, повышать регионарный мозговой кровоток и таким образом влиять на общее моторное восстановление, в том числе и у пациентов с инсультом (Ибрагимов М.Ф. и соавт., 2012; Назарова М.А. и соавт., 2020; Пирадов М.А. и соавт., 2024; McDonnell M.N., Stinear C.M., 2017).

Кроме всего вышеперечисленного, во все периоды инсульта продолжается консервативная терапия как с целью вторичной профилактики повторных ОНМК, так и для улучшения восстановления после перенесенного ИИ (Ибрагимов М.Ф. и соавт., 2012). В первую очередь необходима коррекция факторов риска: контроль уровня артериального давления, компенсация сахарного диабета, нормализация липидного профиля и других сопутствующих заболеваний. Основу вторичной профилактики в настоящее время составляют антиагреганты, а в случае кардиоэмболического инсульта допустимо применение непрямых антикоагулянтов (Гусев Е.И. и соавт., 2022). Наряду с методами физиотерапии, для снижения уровня спастичности пораженных конечностей используются миорелаксанты (Кожина А.В. и соавт., 2015). Нейропротективная консервативная терапия позволяет ускорить регресс двигательной симптоматики после инсульта за счет влияния на процессы ишемического каскада, оказывая антиоксидантное, антигипоксантное и другие действия в области ишемии (Романенко А.В. и соавт., 2021; Танашян М.М. и соавт., 2022).

Таким образом, к эффективным средствам медицинской реабилитации пациентов с клиникой центрального пареза после перенесённого инсульта относится медикаментозная терапия, лечебная гимнастика и различные виды кинезотерапии и физиотерапии, массаж, транскраниальная магнитная стимуляция,

роботизированные техники (Ибрагимов М.Ф. и соавт., 2012).

Кроме самой методики очень важна правильная система организации медицинской реабилитации пациентов с инсультом, порядок которой прописан в Приказе Министерства здравоохранения Российской Федерации от 31.07.2020 г. № 788н «Об утверждении Порядка организации медицинской реабилитации взрослых», согласно которому выделяется три реабилитационных этапа. Первый этап медицинской реабилитации рекомендуется осуществлять в структурных подразделениях медицинской организации, оказывающих специализированную, в том числе высокотехнологичную, медицинскую помощь в стационарных условиях. В случае пациентов с ОНМК это должно осуществляться в сосудистых центрах в острейший и острый периоды заболевания ежедневно. Согласно приказу, медицинская реабилитация на всех этапах осуществляется мультидисциплинарной бригадой.

По окончании лечения в профильном отделении наступает ранний восстановительный период инсульта и второй этап реабилитации, основными задачами которого являются дальнейшее развитие активных движений, преодоление синкинезий, снижение спастичности, совершенствование ходьбы, тренировка устойчивости в вертикальной позе. Вторым этапом реабилитации является оказание специализированной помощи в условиях реабилитационного стационара для пациентов с нарушением функции центральной нервной системы медицинских и санаторно-курортных организаций. При определении медицинской организации для второго этапа медицинской реабилитации (Иванова Г.Е. и соавт., 2018) оценивается уровень мобильности пациентов по шкале реабилитационной маршрутизации – ШРМ (Приложение 1).

Третий этап может осуществляться в условиях дневного стационара, амбулаторного поликлинического реабилитационного отделения, а также отделения реабилитации санаторного типа (Барулин А.Е. и соавт., 2021; Хатькова С.Е. и соавт., 2016).

На всех этапах постинсультной реабилитации с учетом преемственности и определения реабилитационного потенциала должна формироваться

индивидуализированная реабилитационная программа с использованием перспективных для реабилитации патофизиологических механизмов (Иванова Н.Е. и соавт., 2014; Иванова Г.Е. и соавт., 2018).

1.3. Роботизированные системы реабилитации для нижней конечности

В настоящее время новым перспективным подходом к восстановлению утраченных моторных функций вследствие различных заболеваний нервной системы является применение роботизированных систем, обладающих широкими возможностями моделирования степени двигательного участия пациента с помощью разгрузки веса, имитации естественной ходьбы и других механизмов (Пономаренко Г.Н., 2017; Фахретдинов В.В. и соавт., 2019; Юденко И.Э. и соавт., 2023; Nankaku M. et al., 2020). Данные устройства всё шире внедряются в медицинскую практику (Фролов А.А. и соавт., 2017; Ушаков Д.И. и соавт., 2021).

Реабилитационная робототехника – относительно молодая и быстро развивающаяся область с растущим проникновением в клиническую среду. Проведенный анализ современных исследований в области реабилитации постинсультных больных показал, что в настоящее время в восстановлении моторных функций нижней конечности у постинсультных больных широко используются экзоскелеты с программным управлением (Трифонов А.А. и соавт., 2021; Nankaku M. et al., 2020; Narayan J. et al., 2021). Специальные роботизированные устройства способствуют длительному многократному повторению определённых движений и изменению их сложности со временем, что позволяет контролировать включённость конкретных мышечных групп и всё больше задействовать собственные силы пациента. Было показано, что такой подход обеспечивает максимальную стимуляцию нейропластичности (Su F., Xu W., 2020; Campagnini S. et al., 2022). Это в итоге приводит к более эффективному результату (Конева Е.С. и соавт., 2020; Янчева М.А., 2024).

Терапевтическую реабилитационную робототехнику можно классифицировать на основе различных критериев. Во-первых, можно выделить роботов для верхних и нижних конечностей, а во-вторых – экзоскелеты и отдельные исполнительные устройства в виде ортеза на ноги с электроприводом,

специальных перчаток и др. (Esquenazi A. et al., 2019; Hong R. et al., 2024). Экзоскелеты тесно связаны с корпусом пользователя и обеспечивают прямую физическую поддержку, активно помогая движениям ног для компенсации слабости и обеспечения правильных паттернов походки (Chang W.H et al., 2023). Устройства с конечным эффектором, такие как роботизированные беговые дорожки, предлагают уникальные механизмы для помощи в тренировке ходьбы, фокусируясь на направлении стоп по predetermined пути (Nedergard H. et al., 2021; Park Y.H. et al., 2024). В большинстве роботизированных систем для тренировки нижних конечностей присутствует жилет и ремни безопасности, помогающие разгружать вес пациента, а также специальные приспособления для крепления ног к системе с помощью двух платформ для создания имитации движений и ходьбы на беговой дорожке. Также в данных устройствах может использоваться БОС и множество других вспомогательных методов (Kim H.Y. et al., 2019; Selves C. et al., 2020; Bhardwaj S. et al., 2021; Choi W., 2022; van Dellen F. et al., 2023).

За последние годы проведено много рандомизированных контролируемых исследований по оценке влияния различных роботизированных устройств на восстановление моторных функций при нарушении движений в нижних конечностях (Kim H.Y. et al., 2019; Ogino T. et al., 2020; Kayabinar B. et al., 2021; Li D.X. et al., 2021; Yu D. et al., 2021; Choi W., 2022; Jiae K. et al., 2022; Lin Y.N. et al., 2022; Miyagawa D. et al., 2023). В целом получены далеко не однозначные данные об их эффективности. Так некоторые исследователи сообщили о значительном улучшении моторных функций, в то время как другие не обнаружили существенных различий между исследуемыми и контрольными группами. В целом в большинстве исследований показано положительное влияние на походку, скорость ходьбы, баланс, но отмечается отсутствие значимого влияния на спастичность в нижних конечностях (Bergmann J. et al., 2018; Kim H.Y. et al., 2019; Kayabinar B. et al., 2021; Choi W., 2022; Lee J. et al., 2022). Был сделан вывод, что для значимого влияния на спастичность необходимо создание сложной роботизированной системы, способной координировать движения в

голеностопных, коленных и тазобедренных суставах, что будет способствовать увеличению объема активных движений (Hong R. et al., 2021).

Y.N. Lin et al. (2022) провели исследование, в котором приняли участие 40 пациентов с ишемическим или геморрагическим инсультом с клиникой пареза нижней конечности и невозможностью стоять или ходить самостоятельно даже с посторонней поддержкой. Пациенты группы контроля в дополнение к стандартизированному лечению проходили занятия на роботизированном комплексе, состоящем из двух пластин для постановки стоп, экзоскелета с приводами, сгибающими бедро и колено, а также трёхточечной системы поддержки коленей, таза и живота для обеспечения вертикального положения во время тренировки ходьбы. Каждому пациенту было проведено 15 сеансов по 30 минут. Исследователи сообщили о значительном влиянии роботизированной терапии на снижение степени пареза у пациентов с инсультом по сравнению с контрольной группой, где использовались методики традиционной реабилитации. Балл по шкале FMA-LE вырос с 7,0 ($\pm 4,7$) до 16,5 ($\pm 7,2$) по сравнению с группой контроля, где улучшение было с уровня 8,1 ($\pm 4,9$) до 13,2 ($\pm 5,9$) баллов с высоким показателем значимости $p = 0,014$ (Lin Y.N. et al., 2022).

В другом рандомизированном контролируемом исследовании J. Lee et al. (2022) у 47 пациентов с инсультом использовали роботизированный комплекс с конструкцией в виде системы поддержки веса с ремнями безопасности, а также системой, обеспечивающей движения в коленных и тазобедренных суставах, вращение таза и боковое перемещение в процессе тренировки ходьбы, что увеличивало диапазон движений нижних конечностей. Данная технология позволила пациентам достигнуть лучших результатов относительно увеличения силы в нижних конечностях, а также баланса и ходьбы по сравнению с пациентами, использовавшими традиционную терапию.

В российском исследовании 2019 г. проводилась оценка эффективности ранней реабилитации пациентов с ИИ с применением вспомогательных роботизированных механизмов путем корреляционного анализа клинико-лабораторных маркёров пластичности (Королева Е.С. и соавт., 2019). В качестве

последних использовали мозговой нейротрофический фактор (BDNF) и фактор роста нервов (NGF), которые определяли в сыворотке крови методом твердофазного иммуноферментного анализа и на мультиплексном анализаторе. Были получены данные, показывающие положительную корреляционную взаимосвязь между уровнем BDNF и приростом моторной функции пораженных конечностей, то есть применение роботизированных методов оказывало положительное влияние на нейропластичность.

В другом российском исследовании 2019 г. Тихоплав О.А. с соавторами изучали эффективность применения локомоторной терапии у пациентов с инсультом на первом этапе реабилитации. В ходе исследования использовали комплекс Lokomat Pro, на котором проходили занятия пациенты основной группы, начиная с 5-7 дня от начала ИИ. Минимальное время тренинга составляло 5 минут. Занятия начинались с 100% разгрузкой веса тела пациента и при полном контроле ходьбы со стороны комплекса Lokomat. Применение локомоторной терапии привело к статистически значимому снижению спастичности в верхних и нижних конечностях, нарастанию мышечной силы у пациентов основной группы по сравнению с контрольной, причём у лиц с правосторонним гемипарезом – в большей степени (Тихоплав О.А. и соавт., 2019).

Li Y. et al. (2021) провели многоцентровое рандомизированное контролируемое исследование по оценке эффективности и безопасности экзоскелетного робота нижних конечностей BEAR-H1 для локомоторной функции у пациентов с инсультом. В исследовании приняли участие 114 пациентов в возрасте до 75 лет, которые были поделены на группу исследования и группу контроля. Контрольная группа проходила рутинную тренировку ходьбы, в то время как в группе исследования для локомоторной тренировки использовался экзоскелетный робот нижних конечностей BEAR-H1. Обе группы получали два сеанса по 30 минут ежедневно 5 дней в неделю в течение 4 недель. В результате роботизированный метод оказался эффективен в отношении увеличения силы в поражённой нижней конечности и скорости ходьбы по сравнению с исходными данными с уровнем значимости $p < 0,05$, однако не было получено статистически

значимой разницы с группой сравнения. Несмотря на то, что эффект был эквивалентен обычным тренировкам ходьбы, применение роботизированного метода позволило быстрее достичь лучших результатов теста 6-минутной ходьбы (Li Y. et al., 2021).

Систематические обзоры и мета-анализы исследований по оценке влияния роботизированных устройств на двигательную реабилитацию пациентов с инсультом в целом показали положительное влияние на восстановление баланса и улучшение походки. Эффект данного метода лучше или в ряде исследований сопоставим с традиционной физиотерапией (Baronchelli F. et al., 2021; Warutkar V. et al., 2022; Wu L. et al., 2023), причём лучшие результаты наблюдаются у пациентов с грубыми двигательными нарушениями в нижней конечности и у неспособных к самостоятельной ходьбе даже с поддержкой в первые три месяца после инсульта (Mehrholz J. et al., 2020; Loro A. et al., 2023).

Современные роботизированные системы для реабилитации снабжены функциональной электрической стимуляцией – ФЭС (На К.Н. et al., 2016). И в мета-анализах, и в систематизированных обзорах определяется подтверждение эффективности ФЭС в отношении увеличения мышечной силы у больных после инсульта (Tong R.K. et al., 2006; Cazenave L. et al., 2023). ФЭС также может быть совмещена с БОС, что дает вполне успешные результаты (Исмаилова С.Б. и соавт., 2019; Янчева М.А., 2024). Одной из особенностей рассматриваемых технологий является эффективное воздействие на механизмы стимуляции нейропластичности (Gassert R. et al., 2018; Su F., Xu W., 2020).

Из минусов роботизированных систем реабилитации стоит отметить невозможность применения технологии у всех пациентов из-за ограничений по росту. Пациенты слишком высокого или низкого роста не могут комфортно получать процедуру на многих таких устройствах. Роботы, специально предназначенные для детей, тщательно разрабатываются с учетом разнообразных характеристик роста и размера детей различных возрастных групп (Eguren D. et al., 2019). Другим минусом являются высокие материальные затраты на оборудование и его техническое обслуживание (Calabro R.S. et al., 2020; Zhang X.

et al., 2024).

Большое разнообразие роботизированных систем реабилитации свидетельствует об актуальности использования данных технологий и активном их изучении, однако, это приводит к трудностям единой оценки их эффективности. В многочисленных исследованиях применяются разные устройства, и хотя многие из них имеют схожую конструкцию, но порой всё же они значительно отличаются друг от друга и имеют разные механизмы воздействия на пациентов. Это объясняет неоднозначные результаты и отсутствие единой точки зрения о влиянии данной технологии на восстановление моторного дефицита у пациентов с неврологическими заболеваниями, в том числе при ИИ.

1.4. Виртуальная реальность как метод восстановления функций нижней конечности

Виртуальная реальность (VR) – 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 (Воловик М.Г. и соавт., 2018; Riener R. et al., 2012; Cortes-Perez I. et al., 2020; Khokale R. et al., 2023). В настоящее время технологии VR широко применяются в различных областях человеческой деятельности, в том числе и в медицине. Исследователи из разных стран занимаются изучением влияния VR на пациентов с различной патологией, в том числе в качестве метода постинсультной реабилитации (Карпов О.Э. и соавт., 2020; Klimov L.V. et al., 2022).

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 (Mekbib D.V. et al., 2020; Nao J. et al., 2023). 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 БОС.

Аппараты с БОС – современная система, позволяющая осуществлять коррекцию функциональных расстройств пациентов, перенёсших инсульт, методом психофизиологического тренинга. Аппаратно-программный комплекс БОС осуществляет высокоточную регистрацию индивидуальных физиологических сигналов организма человека и с помощью внешней обратной связи подаёт информацию о состоянии физиологических процессов, что позволяет пациенту научиться контролировать физиологические параметры и закреплять эти навыки для дальнейшего использования их в повседневной жизни (Фахретдинов В.В. и соавт., 2019; Cortes-Perez I. et al., 2020). Применение БОС совместно с системой ВР обеспечивает активную мультисенсорную стимуляцию различных видов и, как следствие, способствует усилению стимуляции пластичности (Воловик М.Г. и соавт., 2018;).

В настоящее время существуют различные ВР-системы как на основе игровых приставок, так и специально созданные для двигательной реабилитации пациентов. Среди них принято выделять два типа в зависимости от полноты погружения в виртуальную среду: не иммерсивные и иммерсивные (с полным погружением). В специфических ВР-системах используются различные датчики отслеживания и регистрации движений, которые либо фиксируются на теле пациента, либо располагаются рядом с больным (Хрулев А.Е. и соавт., 2022; Kim W.S. et al., 2020).

Для передачи изображения виртуального мира может использоваться обычный компьютерный монитор, являющийся наиболее привычным и простым инструментом. Более сложную конструкцию имеют так называемые комнаты ВР, оснащённые со всех сторон экранами, показывающими синхронизированное изображение, а человек находится в центре комнаты, причём для придания большей вовлечённости в виртуальный мир он может стоять на беговой дорожке или специальной платформе с датчиками захвата движений и видеокамерами, а также иметь дополнительные приспособления для контактирования с виртуальным пространством. Ещё один путь передачи изображения – использование шлема ВР, который обеспечивает наибольшую иммерсивность,

подстраивая картинку виртуального мира под положение человека в зависимости от поворота головы. Такой шлем может быть оснащён функцией дополненной реальности, то есть создавать искусственное изображение поверх настоящего (Klimov L.V. et al., 2022).

Одним из ключевых звеньев положительного воздействия ВР на пациента является стимуляция пластичности, представляющей собой сложный механизм, который может привести к «чрезвычайной степени спонтанного восстановления», а реабилитационные тренировки могут изменить и усилить процессы пластичности нейронов и улучшить функциональное восстановление (Hara Y., 2015; Garrett B. et al., 2018; Su F., Xu W., 2020). Так было показано, что применение ВР для нижней конечности способствовало двусторонней активации сенсомоторной коры (Xiao X. et al., 2017).

Для достижения данной цели используется сразу несколько методов воздействия. Это метод «наблюдения-подражания», в основе которого лежит активизация зеркальных нейронов, то есть отображение виртуального мира в специальных очках и возможность пациента видеть в реальный момент времени результат своих «правильных» движений (Wang Z.R. et al., 2017; Mekbib D.V. et al., 2020). Было продемонстрировано, что визуальная обратная связь, полученная в процессе наблюдения за действием, выполняемым другим человеком, способствует улучшению моторного обучения (Трифонов А.А. и соавт., 2021). Также существует метод положительной обратной связи, который достигается периферической сенсорной стимуляцией, необходимой для модуляции корковой возбудимости, обеспечивающейся за счет механического воздействия на опорные зоны стоп, посредством чего активируется опорная афферентация. Восходящий афферентный поток стимулирует влияние на центральные структуры мозга. В ряде работ показано, что проприоцептивные стимулы вызывают изменения функциональных свойств нейрона, увеличивая таким образом восприимчивость к стимулам различной модальности, а одним из основных источников проприоцептивного сенсорного потока являются опорные отделы стоп. Методы, задействующие сенсомоторные механизмы, стимулируют нейропластичность

(Morton S.M. et al., 2006). Отсюда можно сделать вывод, что под влиянием опорной афферентации происходит стимуляция нейропластичности (Stefan K. et al., 2005; Ewan L.M. et al., 2010; Spencer J. et al., 2021; Rusu L. et al., 2023). Кроме того, вертикализация на ранних этапах реабилитации более интенсивно стимулирует постуральные рефлексy, так как включает рецепторные поля стоп, а также всех суставов нижних конечностей (Mehrholtz J. et al., 2014; Епифанов В.А. и соавт., 2015).

Важным аспектом применения ВР в реабилитации постинсультных пациентов является стимулирование повторения движений, что положительно влияет на двигательное переобучение и содействует нейропластичности (Захаров А.В. и соавт., 2021; Bailey R.B., 2022). Занятия в виртуальной среде можно настроить таким образом, что они будут максимально приближены к реальным действиям для решения повседневных задач, таких как дотягивание до предметов, наливание напитка в стакан, одевание и прочее.

Системы ВР могут быть тщательно адаптированы к возможностям и потребностям каждого пациента, что позволяет калибровать уровни сложности упражнений в режиме реального времени. Такой подход позволяет пациентам приспособиться к самостоятельной активности после выписки из стационара и меньше нуждаться в посторонней помощи (Proffitt R. et al., 2015; Aderinto N. et al., 2023).

Ещё одним полезным эффектом ВР считается обеспечение и поддержание более высокого уровня мотивации и вовлечённости пациентов в процесс восстановительного лечения по сравнению со стандартизированными методами, что способствует большей эффективности применения данной технологии (Захаров А.В. и соавт., 2019; Хрулев А.Е. и соавт., 2022; Wang Z.R. et al., 2017; Mekbib D.B. et al., 2020; Malik A.N. et al., 2022). Игровой компонент ВР считается исключительным преимуществом перед другими методами, благодаря которому улучшается эмоциональный фон пациента, снижаются симптомы тревожности и степень выраженности депрессии (Шурупова М.А. и соавт., 2021; De Rooij, I.J.M. et al., 2016; Fregna G. et al., 2022).

В ряде исследований было показано, что применение ВР даёт явный положительный эффект относительно снижения степени инвалидизации при разной неврологической патологии (Краснова-Гольева В.В. и соавт., 2015). Есть данные о положительном влиянии ВР на равновесие, навыки хождения, моторику рук (Слепнева Н.И. и соавт., 2021; Yang S. et al., 2011; De Rooij, I.J.M. et al., 2016; Cortes-Perez I. et al., 2020; Su F., Xu W., 2020).

На сегодняшний день отмечается небольшое число исследований по комплексной оценке эффективности ВР в постинсультной реабилитации с большим объёмом выборки, в основном ограничиваются несколькими десятками пациентов (Ikbali Afsar S. et al., 2018; Cho D.R. et al., 2019; Kim W.S. et al., 2020; Miclaus R. et al., 2020; Mekbib D.B. et al., 2021; Xie H. et al., 2021; Dabrowska M. et al., 2023; Huang Q. et al., 2023). Множество исследований сосредоточены на оценке только верхней конечности (Черникова Л.А. и соавт., 2011; Каерова Е.В. и соавт., 2021; Rand D. et al., 2014; Brunner I. et al., 2017; Ikbali Afsar S. et al., 2018; Kiper P. et al., 2018; Karamians R. et al., 2020; Kim W.S. et al., 2020; Miclaus R. et al., 2020; Mekbib D.B. et al., 2021; Xie H. et al., 2021; Chen J. et al., 2022).

N. Anwar et al. (2021) сравнили эффективность ВР и традиционной физиотерапии относительно восстановления равновесия и функции нижних конечностей у пациентов с инсультом. 68 участников исследования случайным образом были распределены в две группы. Группа исследования проходила занятия в ВР с использованием домашней игровой консоли Nintendo Wii, а группа сравнения получала сеансы физиотерапии, все вмешательства по 60 минут 4 раза в неделю в течение 6 недель. Исследователи пришли к выводу, что обучение в ВР оказалось более эффективным для восстановления равновесия и функций нижних конечностей по сравнению с традиционной физиотерапией у пациентов, перенёсших инсульт, с высоким уровнем статистической значимости. Также было отмечено, что существенной разницы в улучшении сенсорной сферы не наблюдалось (Anwar N. et al., 2021).

В другом слепом рандомизированном контролируемом исследовании с двумя группами Пона J.M. de Rooij et al. (2021) изучали влияние тренировки

ходьбы в ВР на походку и повседневную активность. В исследование было включено 50 пациентов в период от 2 недель до 6 месяцев после инсульта в возрасте от 18 до 80 лет, которые случайным образом распределены на две группы. Тренировка в ВР на беговой дорожке с датчиками захвата движений и полуцилиндрическим экраном на 180° для передачи изображения виртуального мира состояла из двух 30-минутных сеансов в неделю в течение 6 недель, всего 12 сеансов. Исследование не обнаружило статистически значимой разницы, однако авторы отметили высокую безопасность и хорошую переносимость пациентами ВР (De Rooij I.J.M. et al., 2021).

В российском исследовании 2021 г. изучалось влияние ВР в постинсультной реабилитации на параметры поструральной устойчивости, походки, повседневной активности и состояния аффективной сферы. 34 пациента в остром периоде ИИ проходили курс ВР-терапии – 10 занятий по 40 минут в течение 2 недель. Были получены данные о положительном влиянии ВР на улучшение функции баланса и ходьбы у большинства пациентов, а также улучшение состояния аффективной сферы, снижение симптомов тревожности и депрессии (Шурупова М.А. и соавт., 2021).

Анализируя обзорные статьи, посвящённые сравнению многих исследований по оценке влияния ВР на двигательные функции пациентов с инсультом, можно отметить противоречивые данные. Так I. Patsaki et al. (2022) проанализировали 432 статьи, из которых отобрали 12 исследований по использованию полной иммерсивной ВР, в том числе 4 – по оценке баланса и походки. В трёх исследованиях были получены данные об эффективности занятий в виртуальной среде по сравнению с традиционными методами, а в одном статистически значимых различий не наблюдалось. Однако авторы пришли к выводу, что ВР мотивирует пациентов к активному участию, увеличивая количество выполняемых задач и сконцентрированность на процессе реабилитации (Patsaki I. et al., 2022).

F. Poursaeed и N. Nokhostin Ansari проанализировали 33 статьи по оценке влияния ВР на баланс у пациентов с инсультом, описывающие в общей сложности

930 больных. Были также получены противоречивые данные. Авторы отмечают слишком малый размер выборки в ряде исследований, по которым нельзя сделать обоснованный вывод об эффективности ВР. Только в одном исследовании использовалось случайное распределение 30 пациентов с инсультом в остром периоде, в котором во всех группах отмечалось улучшение баланса без статистически значимой разницы между ними (Poursaeed F. et al., 2024).

Мета-анализ, проведенный J. Shen et al. (2023) и включающий 14 рандомизированных контролируемых исследований с участием 423 пациентов с инсультом, показал лучшее влияние ВР на равновесие, походку и повседневную активность по сравнению с традиционными методами. Авторы пришли к выводу, что долгосрочное использование ВР сроком более 5 недель эффективнее всего влияет на реабилитацию пациентов с инсультом, а также отметили необходимость проведения крупных рандомизированных контролируемых исследований в остром периоде инсульта с большой выборкой пациентов (Shen J. et al., 2023).

Как видно, технология ВР оказывает положительное влияние на процессы нейропластичности и используется в ходе реабилитации пациентов с двигательными нарушениями. Однако малочисленные исследования с малыми выборками по оценке влияния ВР на восстановление поражённой нижней конечности у пациентов с инсультом не позволяют сделать вывод об эффективности данного метода. Эти обстоятельства послужили постановке цели и задач настоящего исследования.

ГЛАВА 2

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОБСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика собственных наблюдений

В исследовании приняли участие 223 пациента с ишемическим инсультом, находившихся на лечении в Региональном сосудистом центре ГБУЗ СОКБ им. В.Д. Середавина г. Самары в 2018-2024 гг.

Критерии включения в исследование:

- возраст от 18 до 80 лет;
- впервые возникшее ОНМК;
- острый период ОНМК, длительность с момента возникновения инсульта не более 14 дней;
- один очаг ИИ супратенториальной локализации, согласно данным компьютерной томографии (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) головного мозга;
- двигательные нарушения в нижней конечности в виде пареза от 3 баллов и менее (согласно пятибалльной оценке мышечной силы);
- возможность и готовность пациента соблюдать требования протокола;
- наличие письменного информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии невключения:

- выраженные когнитивные нарушения;
- сопутствующие неврологические заболевания, вызывающие снижение мышечной силы или повышение мышечного тонуса в нижних конечностях;
- поздние стадии артрита или клинически значимое ограничение амплитуды пассивных движений;
- любое медицинское состояние, включая психическое заболевание или эпилепсию, которое может повлиять на интерпретацию результатов исследования, проведение исследования или безопасность пациента;

- выраженные зрительные нарушения;
- проведение тромболизиса;
- отказ от подписания письменного информированного согласия на участие в исследовании.

Критерии исключения:

- повторный инсульт;
- подтверждение иного очага ИИ, отличного от супратенториального, на повторной КТ или МРТ головного мозга;
- утяжеление общего соматического состояния пациента;
- отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании.

2.2. Дизайн исследования

Работа выполнена в виде клинического проспективного экспериментального рандомизированного контролируемого исследования, в которое вошли все пациенты, согласно критериям включения и невключения, проходившие лечение на базе Регионального сосудистого центра СОКБ им. В.Д. Середавина в период с 2017 по 2024 гг.

Все пациенты случайным образом с помощью генератора случайных чисел были поделены на две группы. При выпадении цифры 0 пациент относился к группе сравнения, 1 – к группе исследования (основная группа). Пациенты обеих групп получали всю необходимую стандартизированную терапию ИИ, а пациенты первой группы (группа исследования или основная группа) дополнительно один раз в день по 15 минут получали занятия на аппарате BP ReviVR в количестве 10 сеансов.

В первую группу было включено 105 пациентов, во вторую – 102 больных. Наблюдение за больными обеих групп проводили с момента первого визита до момента выписки из стационара. Оценку неврологического дефицита проводили согласно стандартизированным шкалам, включая шкалу инсульта национального института здоровья (NIHSS), а также для детального анализа двигательных функций использовали дополнительные шкалы – шкала Фугл-Мейера (FMA-LE) для оценки моторных функций пораженной нижней конечности и шкала Берга

(BBS) для оценки баланса. Анализ по данным шкалам проводился каждый день с момента включения пациента в исследование до выписки из стационара.

Конечной точкой результата лечения явились данные 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 невключения, что составило максимум 11 дней. Данный период выбран с целью исключения влияния самопроизвольного восстановления или прогрессию неврологического дефицита в начале заболевания на результаты исследования (Bernhardt J. et al., 2017; Li S. et al., 2021).

В 2023 г. в Региональном сосудистом центре СОКБ им. В. Д. Середавина появился аппарат роботизированной терапии RT-600 – тренажёр для локомоторной терапии ходьбы с ФЭС. Для проведения сравнительного анализа влияния ВР на восстановление моторной функции поражённой нижней конечности было сформировано ещё две группы, согласно всем критериям, действенным для первой и второй групп. Путем рандомизации пациенты составили группы 3 и 4. В обе группы было включено по 8 пациентов, полностью удовлетворявших критериям включения и невключения в исследование, имевших степень пареза 3 и менее баллов, согласно пятибалльной шкале оценки мышечной силы. Пациенты всех групп получали всю необходимую стандартизированную терапию ИИ, пациенты третьей группы дополнительно ежедневно получали занятия на аппарате RT-600 в количестве 10 занятий по 15 минут, а пациенты четвертой группы получали занятия на аппаратах RT-600 и ReviVR по 10 занятий на каждом тренажёре, также по 15 минут.

2.3. Методы исследования

2.3.1. Клинико-неврологическое исследование

При обследовании пациентов подробно выясняли жалобы и анамнез. Обращали внимание на соответствие критериям включения и невключения в исследование. Тщательно анализировали жалобы пациента, связанные со

слабостью поражённой нижней конечности.

При оценке неврологического статуса выявляли общемозговые и менингеальные симптомы. Детально оценивали наличие и выраженность двигательных нарушений, силу мышц, тонус, поверхностные, глубокие, защитные и патологические рефлексы, наличие или отсутствие синкинезий, клонусов, фасцикуляций. Проводили исследование координаторных нарушений с помощью пробы Ромберга, пальценосовой пробы, пяточно-коленной пробы, пробы на диадохокинез. Оценивали функцию черепных нервов, чувствительные расстройства, состояние высших психических функций.

2.3.2. Компьютерная и магнитно-резонансная томография головного мозга

Визуализация головного мозга является важным инструментом в клинической диагностике ОНМК (Kakkar P. et al., 2021; Liebeskind D.S., 2009). Согласно рекомендациям Европейской организации инсульта, рутинная КТ является обязательным методом, позволяющим подтвердить диагноз и исключить иные заболевания, а также дифференцировать ишемический и геморрагический инсульт.

Для визуализации очага ИИ в исследовании проводили обследование на КТ-сканере Philips. КТ-исследование проводили по общепринятой методике. Оценивали дифференцировку серого и белого вещества, наличие или отсутствие очагов патологической плотности, смещение срединных структур мозга, ликворосодержащие пространства – субарахноидальные пространства, цистерны мозга и желудочки, наличие изменений селлярной области, краниовертебрального перехода, расположение миндалин мозжечка. Последовательно оценивали костные структуры и полости.

КТ головного мозга выполняли всем пациентам в течение 40 минут с момента поступления больного в приёмный покой Регионального сосудистого центра, при необходимости исследование повторяли через 3-4 дня.

Пациентам с отсутствием изменений на КТ выполняли МРТ головного мозга на аппарате General Electric Optima 450 с напряженностью магнитного поля

1,5 TL. Получали T1-взвешенное и T2-взвешенное изображения, а также изображения в режиме FLAIR. МРТ-исследование также проводили по стандартному протоколу. Оценивали размеры и локализацию очага поражения вещества головного мозга, базальных ганглиев, внутренней капсулы, мозолистого тела, ствола, мозжечка, наличие или отсутствие смещения срединных структур, дополнительных образований в области мостомозжечковых углов, состояние ликворной системы, турецкого седла, гипофиза, параселлярных структур, внутренних слуховых проходов, краниовертебрального перехода, глазниц, околоносовых пазух и ячеек сосцевидных отростков височных костей, выраженность лейкоареоза и атрофических изменений головного мозга.

2.3.3. Тестирование по шкале NIHSS

В неврологической практике для оценки тяжести инсульта используется международная шкала Национального института здоровья – NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale, 1989) (Brott T. et al., 1989). Она представляет собой последовательное выполнение тестов, за каждое из которых выставляются определённые баллы.

В первую очередь проводили оценку уровня сознания, ответов на вопросы, выполнения инструкций. Далее исследовали движения глаз и поля зрения. Следующим этапом оценивали наличие пареза лицевой мускулатуры.

Важным моментом в исследовании явилась оценка силы в пораженных конечностях. По данной шкале оценка силы происходит по 4-балльной шкале, где 0 баллов – отсутствие пареза, 1 – пациент вначале удерживает конечность в заданном положении, затем она начинает опускаться, 2 – конечность начинает падать сразу, но больной несколько удерживает её против силы тяжести, 3 – конечность сразу падает, больной не может преодолеть силу тяжести, 4 – полное отсутствие активных движений.

Далее оценивали наличие или отсутствие нарушений координации в конечностях, чувствительных нарушений, реакцию на болевые раздражители, речь (Приложение 2).

2.3.4. Тестирование по шкале FMA-LE

Для более детальной оценки двигательных функций пораженной нижней конечности на всех этапах исследования только шкалы NIHSS недостаточно, так как она оценивает уровень инвалидизации в целом по всем системам, поэтому была использована шкала FMA-LE, являющаяся широко используемым инструментом для комплексной оценки двигательной функции паретичной ноги после инсульта (Fugl-Meyer A.R. et al., 1975; Kwakkel G. et al., 2017; Duncan Millar J. et al., 2019; Hong R. et al., 2024). Данная шкала поделена на несколько разделов: E – оценка силы, движений и рефлексов в пораженной нижней конечности, F – координации, H – чувствительности, J – пассивные движения в суставах.

В данном исследовании ориентировались на раздел E, для которого последовательно производили оценку рефлексов поражённой нижней конечности, сгибательной и разгибательной синергии, сгибание колена из положения произвольного или пассивного сгибания и тыльное сгибание лодыжки в сравнении со здоровой стороной, сгибание колена под прямым углом и тыльное сгибание лодыжки в сравнении со здоровой стороной. Оценка данного раздела может составлять от нуля (при полном отсутствии движений) до 28 баллов, что является нормой (Приложение 3).

2.3.5. Тестирование по шкале BBS

У пациентов с ИИ большое значение имеет нарушение баланса, которое может препятствовать возврату к прежнему уровню жизни и ранней вертикализации, являющейся важным фактором восстановления двигательных функций. Для оценки баланса использовали тест баланса Берга (Супонева Н.А. и соавт., 2021; Berg K. et al., 1989).

Исследование включало в себя 14 заданий, позволяющих оценить равновесие. За каждое задание ставился балл от 0 (неспособность выполнить задание) до 4 (норма). В первую очередь пациенту демонстрировалось правильное выполнение каждого задания и давалась чёткая инструкция. Последовательно пациента просили встать из положения сидя и находиться в этом положении без поддержки в течение 2 минут, сесть из положения стоя и сидеть в течение 2 минут.

Затем рядом с кроватью ставились два стула с подлокотниками и без, пациенту нужно было поочередно пересесть на них с кровати. Следом оценивалась возможность пациента стоять с закрытыми глазами в течение 10 секунд, с поставленными вместе стопами в течение 1 минуты, возможность уверенно вытянуть руки вперед на 25 см, поднять предмет с пола, обернуться и посмотреть назад сначала через левое плечо, затем правое, развернуться на месте на 360°.

При выполнении предыдущих заданий приступали к более сложным тестам, оценивали возможность пациента самостоятельно стоять в течение 20 секунд с поставленной на степ-платформу каждой ногой 4 раза; стоять со стопами, поставленными по одной линии, в течение 30 секунд и стояние на одной ноге более 10 секунд.

При выставлении баллов записывался худший результат, полученный при выполнении задания, как требуется в инструкции к данному тесту. При успешном выполнении всех пунктов ставился максимальный балл – 56.

Данная шкала позволяет оценить риск падения, согласно которому 41-56 баллов – низкий риск падения, 21-40 – средний риск и 0-20 – высокий. 0 баллов говорит о грубом нарушении баланса, невозможности пациента даже сидеть в течение 10 секунд без поддержки (Приложение 4).

2.4. Методы статистической обработки данных

Анализ результатов исследования, построение графиков и диаграмм производили на персональном компьютере с использованием пакета программ Microsoft Office 2021 и IBM SPSS Statistics 26.0.

Оценку необходимого числа наблюдений в исследовании не проводили в связи с тем, что отбирались все пациенты, которые удовлетворяли критериям включения и невключения.

Проверку распределения количественных признаков на нормальность проводили с помощью критерия Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса для групп более 50 человек и Шапиро-Уилка для групп менее 50 человек. Для представления непараметрических данных использовали медиану (Me) и квартили (Q1;Q3). Для графического представления использовали box plot.

Для представления параметрических данных использовали среднюю арифметическую (M) и стандартное отклонение (SD). Для представления качественных данных использовали абсолютные значения и проценты.

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 количественных признаков с нормальным распределением в независимых выборках осуществляли с помощью t-критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Сравнение качественных признаков проводили с помощью таблицы сопряжённости с оценкой уровня значимости критерия Хи-квадрат с поправкой Йейтса, или точного критерия Фишера в зависимости от количества ожидаемых частот.

Для оценки разницы между показателями до и после лечения использовали Δ для каждой шкалы – Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS.

ГЛАВА 3

КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОБСТВЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

3.1. Распределение больных по группам исследования и возрастная характеристика групп

207 пациентов путем рандомизации были поделены на две группы: в группу исследования (первая группа) вошло 105 пациентов, в группу сравнения (вторая группа) – 102 больных.

Распределение пациентов в группах по возрасту проверили с помощью критерия Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса, распределение оказалось отличным от нормального ($p < 0,001$). Медианный возраст пациентов первой группы составил 67 (61; 73) лет, второй группы – 66 (59; 72) лет. Как видно, группы оказались сопоставимыми по возрасту ($p = 0,442$).

Также была произведена оценка групп по половому признаку с помощью таблицы сопряженности и оценкой уровня значимости критерия Хи-квадрат с поправкой Йейтса. Группы оказались сопоставимыми по полу ($p = 0,813$). Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3

Распределение пациентов по полу в первой и второй группах

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

3.2. Клиническая характеристика пациентов первой и второй групп

Пациенты обеих групп имели степень пареза пораженной нижней конечности 3 или менее баллов, согласно пятибалльной шкале оценки мышечной силы.

Для оценки статистически значимой разницы между пациентами двух групп на момент начала исследования по всем трём шкалам использовали критерий Манна-Уитни, который вместе с данными описательной статистики представлен в табл. 4.

Описательная статистика пациентов первой и второй групп
на момент начала исследования

Шкала	Первая группа (n = 105)		Вторая группа (n = 102)		p-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	10,0	8,0;12,0	10,5	7,0;14,0	0,809
FMA-LE	9,0	4,0;15,0	16,0	4,0;18,0	0,004
BBS	4,0	0,5;12,0	7,0	4,0;18,0	0,005

Данные по шкалам на момент начала исследования у пациентов первой и второй групп представлены на рис. 1, 2 и 3.

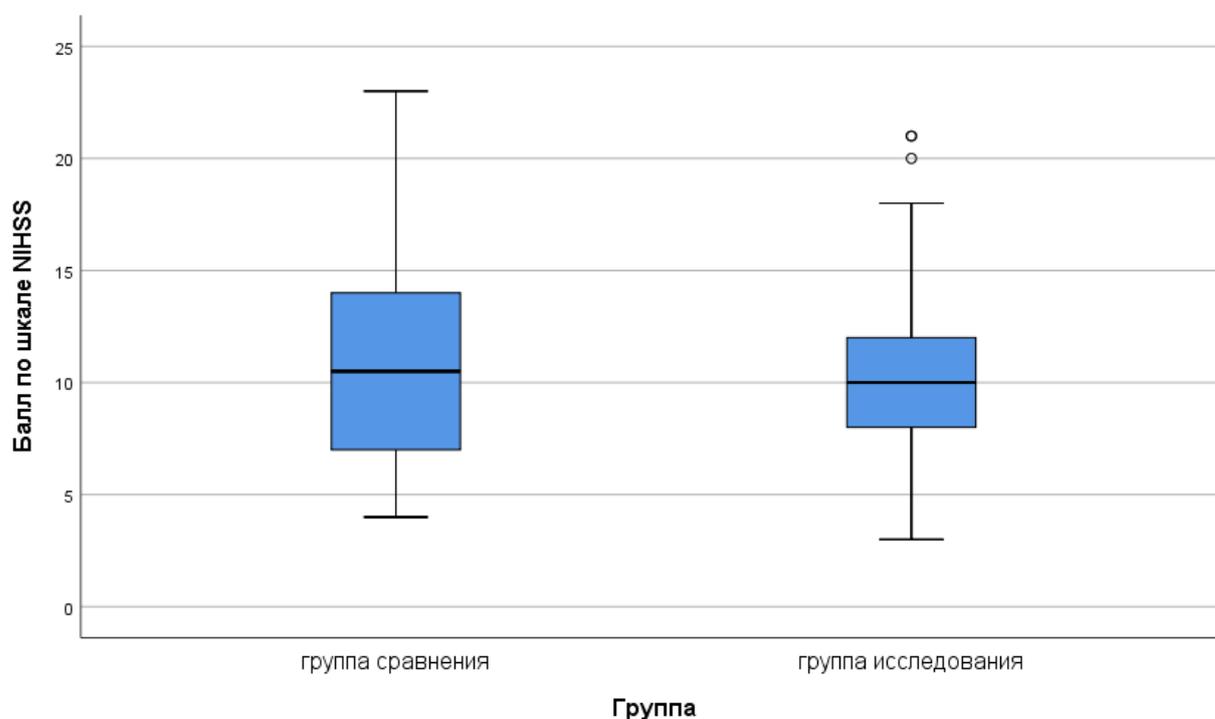


Рисунок 1. Сравнительная характеристика пациентов первой и второй групп на момент начала исследования по шкале NIHSS

На момент начала исследования по шкале NIHSS пациенты обеих групп оказались сопоставимы ($p = 0,809$), а по шкалам FMA-LE и BBS были выявлены различия ($p = 0,004$ и $p = 0,005$ соответственно). По шкале FMA-LE уровень моторного дефицита различался сильнее, так как данная шкала даёт комплексную оценку функций нижней конечности (целевым для исследования явился показатель значения «E» данной шкалы от 0 до 28 баллов).

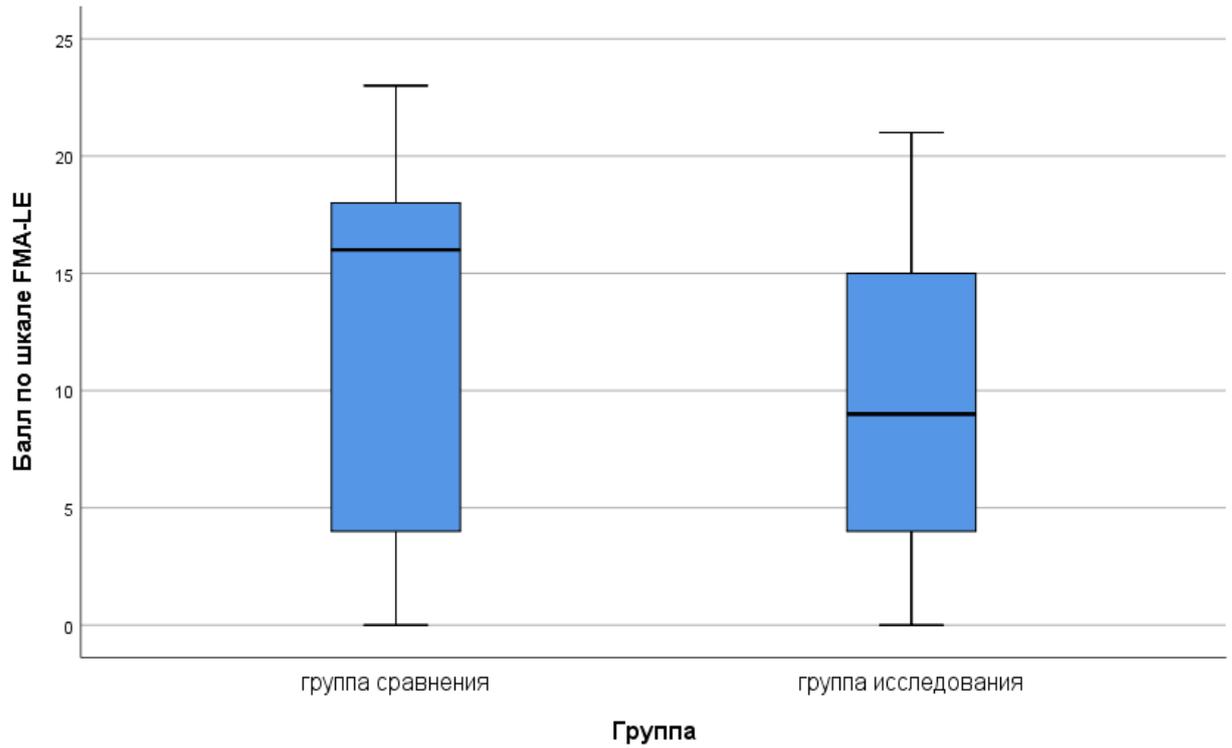


Рисунок 2. Сравнительная характеристика пациентов первой и второй групп на момент начала исследования по шкале FMA

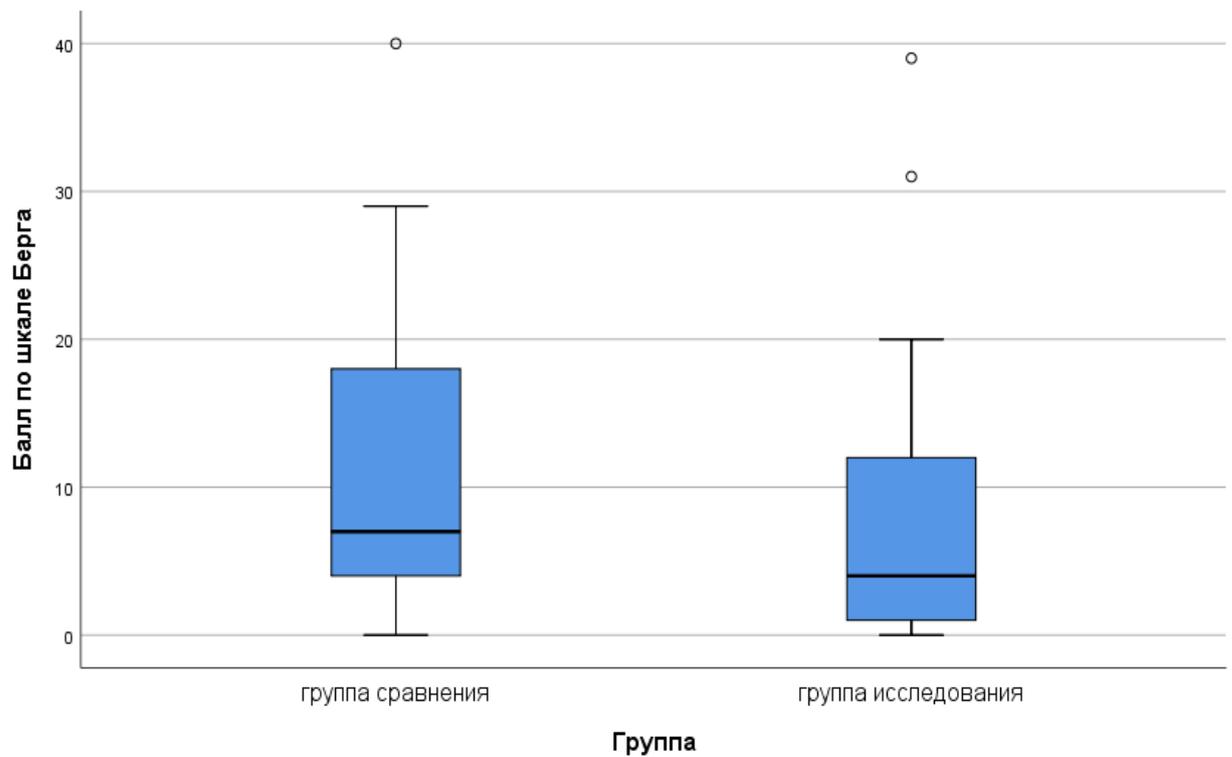


Рисунок 3. Сравнительная характеристика пациентов первой и второй групп на момент начала исследования по шкале BBS

Если сравнить показатель первой и второй групп, которые составили 9,0 (4,0;15,0) и 16,0 (4,0;18,0) баллов соответственно, то пациенты со значениями 9 и 16 баллов клинически удовлетворяют требованиям критериев включения в исследование относительно наличия пареза в 3 или менее баллов по пятибалльной шкале оценки мышечной силы.

Уровень мобильности и баланса отличался в зависимости от тяжести неврологического дефицита. Согласно полученным данным по шкале BBS, у пациентов первой и второй групп на момент начала исследования балл составил 4,0 (0,5;12,0) и 7,0 (4,0;18,0) соответственно. При этом пациенты с 4 и 7 баллами являются тяжелыми с точки зрения нарушений баланса и способны, как правило, удерживать равновесие сидя, но не могут самостоятельно передвигаться.

Кроме двигательных расстройств пациенты также могли иметь чувствительные нарушения. Раздел «Н» шкалы FMA-LE позволяет оценить чувствительные расстройства в нижней конечности от 0 баллов, что соответствует анестезии, до 12 баллов, что является нормой. В первой группе оказалось 60 пациентов с результатом по данному разделу от 0 до 6 баллов, что говорит об умеренном или грубом сенсорном дефиците, и 45 пациентов с отсутствием или легким нарушением чувствительности.

В начале исследования предполагалось, что наличие чувствительных нарушений может повлиять на результаты терапии в ВР, однако последующий анализ показал отсутствие влияния чувствительных нарушений на результат терапии в ВР, поэтому данный раздел не был вынесен в критерии включения и невключения в исследование, и оценка динамики чувствительных расстройств не производилась.

3.3. Клиническая характеристика пациентов, проходивших занятия с использованием роботизированного метода

Дополнительно исследованные 16 пациентов были случайным образом распределены на третью и четвёртую группы. Распределение пациентов по возрасту проверили с помощью критерия Шапиро-Уилка, распределение нормальное ($p = 0,717$). Следовательно, для описания возраста были использованы

средняя арифметическая и стандартное отклонение при 95% доверительного интервала. Средний возраст пациентов третьей группы составил 65 (8,384) лет, четвертой группы – 61,75 (9,254) лет. Группы оказались сопоставимыми по возрасту ($p = 0,474$).

Также была произведена оценка групп по половому признаку с помощью таблицы сопряженности и оценкой точного критерия Фишера. Группы оказались сопоставимыми по полу ($p > 0,05$). Данные представлены в табл. 5.

Таблица 5

Распределение пациентов по полу в третьей и четвёртой группах

Группа	Мужчины		Женщины		Всего	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Третья	5	45,5	3	60,0	8	50,0
Четвертая	6	54,5	2	40,0	8	50,0
Итого	11	100,0	5	100,0	16	100,0

На момент начала занятий оценка неврологической симптоматики проводилась по шкалам NIHSS, FMA-LE и BBS. Сравнение двух групп проводили с помощью критерия Манна-Уитни. Данные вместе с описательной статистикой представлены в табл. 6.

Таблица 6

Описательная статистика пациентов третьей и четвёртой групп на момент начала исследования

Шкала	Группа 3 (n = 8)		Группа 4 (n = 8)		p-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	12,0	6,5; 13,75	9,0	8,0; 12,0	0,791
FMA-LE	9,0	5,0; 14,75	10,0	8,25; 14,75	0,791
BBS	5,5	4,0; 7,5	4,0	4,0; 14,25	0,822

Группы оказались сопоставимыми по всем трём шкалам. Результаты по исследуемым шкалам на момент начала исследования у пациентов третьей и четвёртой групп представлены на рис. 4, 5 и 6.

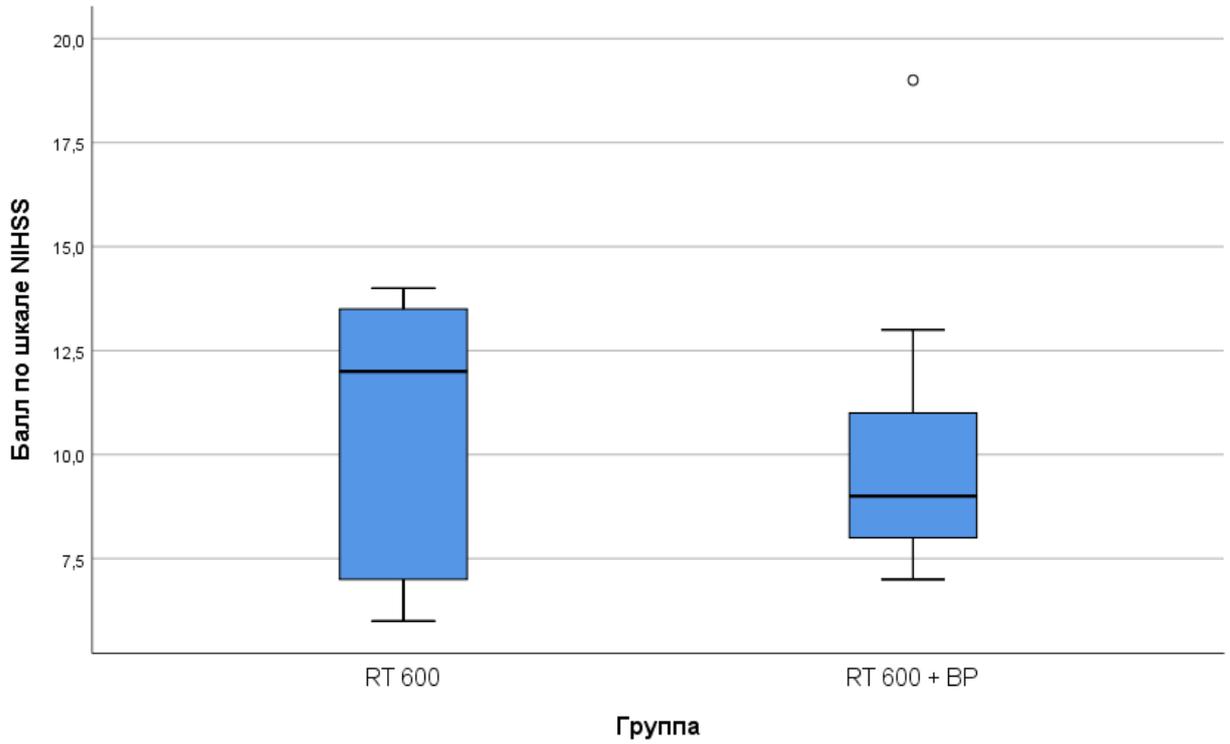


Рисунок 4. Сравнительная характеристика пациентов третьей и четвёртой групп на момент начала исследования по шкале NIHSS

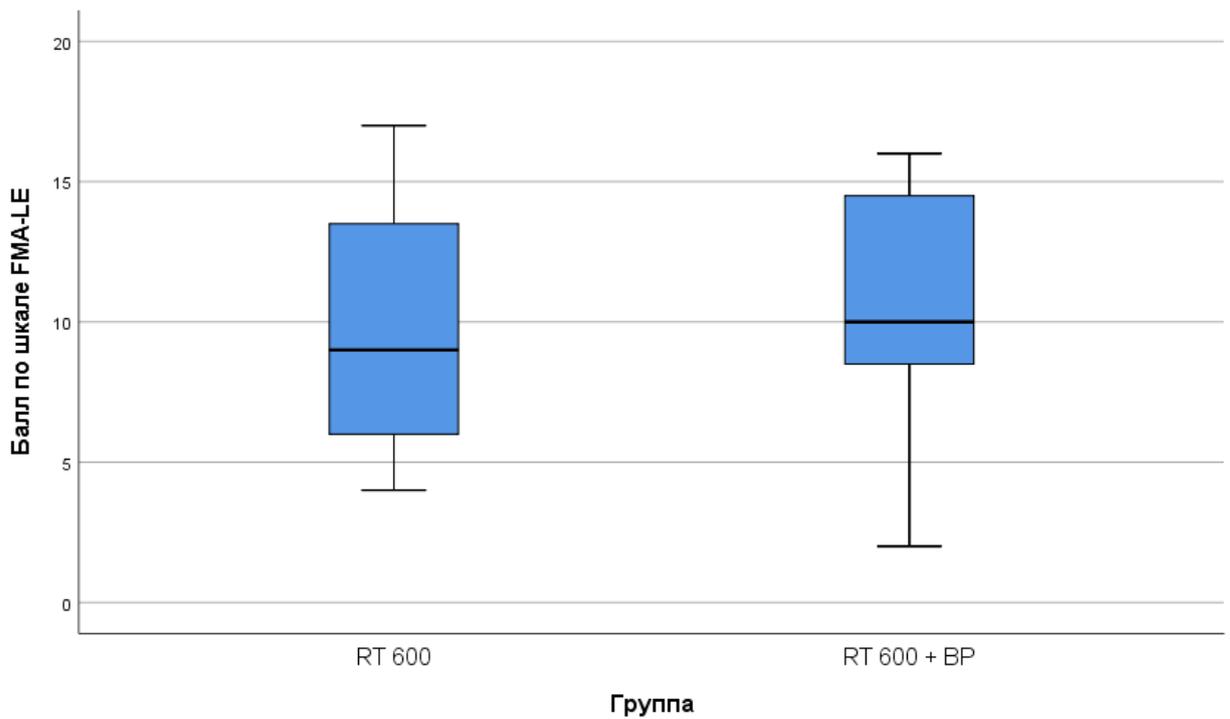


Рисунок 5. Сравнительная характеристика пациентов третьей и четвёртой групп на момент начала исследования по шкале FMA-LE

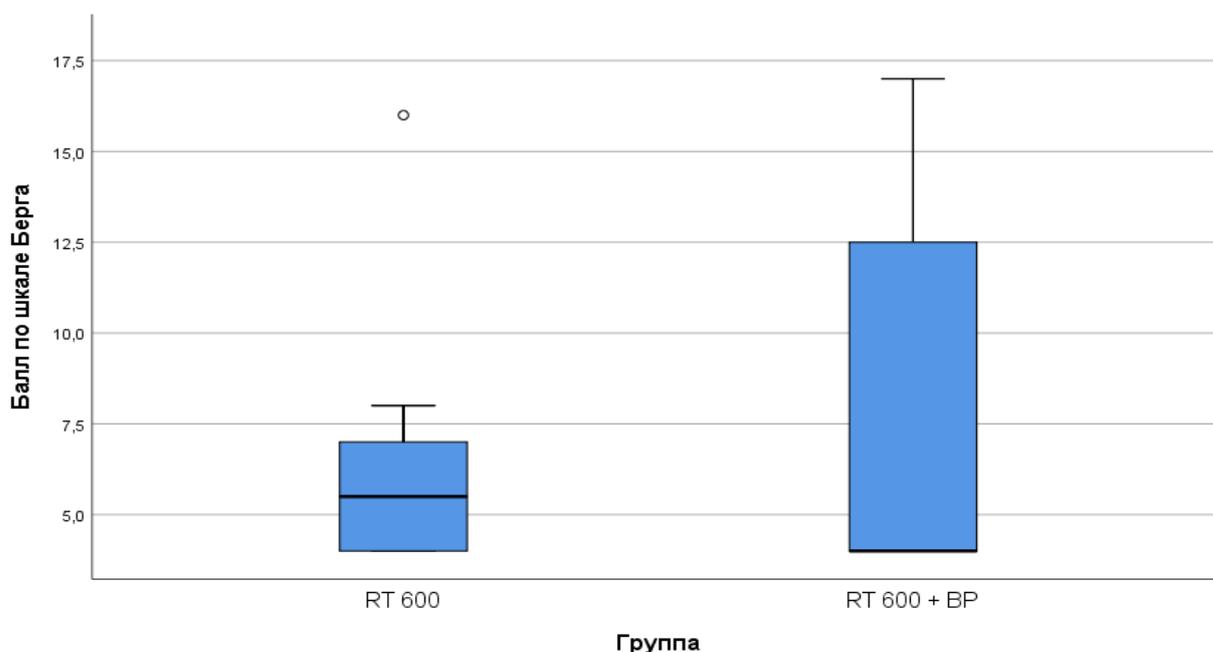


Рисунок 6. Сравнительная характеристика пациентов третьей и четвертой групп на момент начала исследования по шкале BBS

Двигательный дефицит по шкале FMA-LE 9,0 (5,0; 14,75) и 10,0 (8,25; 14,75) баллов в третьей и четвертой группах соответствует выраженному парезу или двум баллам согласно пятибалльной шкале оценки мышечной силы, при котором у пациентов ограничены активные движения в нижней конечности, а нарушение баланса по BBS в 5,5 (4,0;7,5) и 4,0 (4,0;14,25) баллов говорит о грубых расстройствах, при которых пациенты не могут самостоятельно встать с кровати, вследствие чего вынуждены постоянно находиться в сидячем или лежачем положении.

Резюме

В исследование было включено 223 пациента, находившихся в остром периоде ИИ, проходивших лечение в Региональном сосудистом центре СОКБ им. В.Д. Середавина. Все пациенты удовлетворяли критериям включения и невключения в исследования. С помощью рандомизации исследуемые больные были поделены на 4 группы. В первую группу (группу исследования) вошло 105 пациентов, которые получали стандартизированную терапию ОНМК вместе с занятиями на аппарате ReviVR. Во вторую группу (группу сравнения) было включено 102 больных, получавших только стандартную терапию. В дополнительную третью группу было включено 8 пациентов, которые получали

стандартизированную терапию вместе с занятиями на роботизированном тренажере RT-600. В дополнительную четвертую группу вошло 8 пациентов, которые получали стандартную терапию, занятия на аппарате ReviVR и тренировку с помощью роботизированного тренажера RT-600. Пациентам всех групп осуществлялась базисная терапия ИИ, согласно федеральным стандартам, проводилось лечение, направленное на коррекцию сопутствующих заболеваний и состояний.

Медианный возраст пациентов первой группы составил 67 (61; 73) лет, второй группы – 66 (59; 72) лет. Обе группы оказались сопоставимы по возрасту ($p = 0,442$), полу ($p = 0,813$), а также по характеристикам инсульта и степени выраженности пареза в пораженной нижней конечности. На момент начала исследования пациенты обеих групп также оказались сопоставимы по шкале NIHSS: в группе исследования 10,0 (8,0; 12,0) баллов, в группе сравнения 10,5 (7,0; 14,0) баллов ($p = 0,809$). По шкале FMA-LE уровень моторного дефицита в первой группе составил 9,0 (4,0; 15,0) баллов, во второй – 16,0 (4,0; 18,0) баллов ($p = 0,004$). Несмотря на полученную разницу, данная шкала представляет более детальную оценку двигательных функций нижней конечности, пациенты с 9 и 16 баллами удовлетворяют критериям включения в исследование, так как в обоих случаях парез составил 3 и менее баллов, согласно пятибалльной оценке мышечной силы.

По шкале Берга на момент включения в исследование балл составил 4,0 (0,5;12,0) в первой и 7,0 (4,0;18,0) во второй группе ($p = 0,005$). Данная шкала позволяет детально оценить нарушение баланса от 0 до 56 баллов, пациенты с 4 и 7 баллами являются тяжелыми с точки зрения моторного дефицита и способны, как правило, удерживать равновесие сидя, но не могут самостоятельно передвигаться, и также удовлетворяют критериям включения и невключения в исследование.

Две дополнительные группы оказались сопоставимыми по возрасту: средний возраст пациентов третьей группы составил 65 (8,384) лет, четвертой группы – 61,75 (9,254) лет ($p = 0,474$). Также группы оказались сопоставимыми по

полу ($p > 0,05$) и по всем исследуемым шкалам. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS в третьей группе на момент начала исследования составил 12,0 (6,5; 13,75) баллов, в четвертой – 9,0 (8,0; 12,0) баллов ($p = 0,791$). Моторный дефицит согласно шкале FMA-LE в третьей группе составил 9,0 (5,0; 14,75) баллов, в четвертой – 10,0 (8,25; 14,75) баллов ($p = 0,791$). Нарушения баланса по шкале BBS составили 5,5 (4,0; 7,5) баллов в третьей и 4,0 (4,0; 14,25) баллов в четвертой группе ($p = 0,822$).

ГЛАВА 4**ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В КОМПЛЕКСНОЙ ПОСТИНСУЛЬТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ****4.1. Методика реабилитации с использованием виртуальной реальности**

Реабилитационные мероприятия проводились с помощью мультисенсорного тренажера пассивной реабилитации, совмещающего технологии ВР и биологической обратной связи ReviVR (Ривайвер), разработанного в Самарском государственном медицинском университете (регистрационное удостоверение № РЗН 2021/15373 от 23.09.2021, приказ № 9114 от 23.09.2021).

Сеанс мог проводиться либо в кабинете механотерапии, либо в палате у больного. На пациента надевали шлем ВР, который передавал изображение виртуального футбольного поля. Изображение дублировалось на экране монитора, чтобы исследователь мог контролировать процесс, менять скорость ходьбы и интенсивность тренировки. Стандартная скорость ходьбы для всех пациентов составляла 5 км/ч. На ноги пациента надевали специальные пневмоманжеты, которые путём подачи воздуха сокращались, оказывая тактильное воздействие на опорные зоны стоп (рис. 7).



Рисунок 7. Аппарат виртуальной реальности ReviVR

В виртуальной среде пациент видел вокруг себя виртуальное футбольное поле и мог пройти по нему (рис. 8), при этом в момент касания ногой земли в виртуальном мире, в реальном происходило поочередное сокращение пневмоманжет на стопах и имитация акта ходьбы. Задача пациента была пройти от одного края поля до другого, развернуться и пойти обратно. Одна такая тренировка занимала 15 минут. Во время занятия в VR пациент мог находиться в сидячем или лежащем положении. Всего было проведено по 10 сеансов у каждого пациента.



Рисунок 8. Изображение виртуального футбольного поля ReviVR

В качестве примера приводится следующее клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение 1. Пациентка К., 71 года, была доставлена бригадой скорой медицинской помощи в Региональный сосудистый центр 16.06.2022 в 20:29 с жалобами на слабость в правых конечностях и нарушение речи, которые обнаружила у себя в этот день утром примерно в 7:00. В течение дня симптоматика «мерцала», меняясь по интенсивности, но постепенно нарастала и сделалась стойкой. В анамнезе у пациентки гипертоническая болезнь с повышением давления до 180 и 120 мм рт. ст. и сахарный диабет II типа, по поводу чего регулярно принимала рекомендованные врачами препараты.

После проведения стандартизированных диагностических мероприятий, включая КТ головного мозга, которая показала наличие очага ишемии в бассейне левой средней мозговой артерии (СМА) размером 38x36x32 мм, был поставлен

диагноз «Ишемический инсульт в бассейне левой СМА» и пациентка была госпитализирована в сосудистое отделение. Учитывая, что время от начала заболевания составило более 4,5 часов, тромболитическая терапия не проводилась, было назначено лечение согласно стандартам оказания помощи больным с ОНМК.

На момент поступления по шкале NIHSS было выставлено 11 баллов, из которых по 3 балла приходилось на верхнюю и нижнюю конечность справа. 17.06.2022 была осмотрена исследователем; по шкале NIHSS было выставлено 11 баллов, 7 баллов «Е» по шкале FMA-LE и 4 балла по шкале баланса Берга. Пациентка не могла самостоятельно передвигаться по палате из-за выраженного двигательного дефицита.

20.06.2022 баллы по шкалам были прежними и была начата терапия на аппарате ВР ReviVR. Ввиду двигательных ограничений, была доставлена в кабинет механотерапии на каталке (рис. 9).



Рисунок 9. Пациентка К. во время занятия на аппарате ReviVR

Длительность первого сеанса составила 15 минут. Было отмечено повышение фона настроения пациентки и мотивации к реабилитации после первого занятия. Со слов больной, она «никогда ранее ничего подобного не видела» и изъявила желание продолжать лечение с помощью данной методики.

При оценке состояния 21.06.2022 было отмечено увеличение активных движений и силы в правой ноге по шкале FMA-LE до 15 баллов, а также нарастание баланса по шкале Берга до 16 баллов. Оценку состояния по шкалам на фоне проводимой терапии производили каждый день до момента выписки из стационара. Уже 23.06.2022 пациентка передвигалась по палате и по коридору с помощью двусторонней поддержки. Высокий уровень мотивации и заинтересованности пациентки в лечении отмечено в течение всего курса восстановительной терапии. На момент выписки 30.06.2022 балл «Е» по шкале FMA-LE составил 24, по шкале Берга – 45. Также снизился общий уровень инвалидизации по шкале NIHSS до 4 баллов, из которых по 1 баллу было выставлено в графах, соответствующих руке и ноге на стороне пареза. Пациентка выписалась «на своих ногах», передвигаясь с односторонней поддержкой.

4.2. Результаты, полученные у пациентов группы исследования

С помощью критерия Вилкоксона провели сравнительный анализ данных по шкалам NIHSS, FMA-LE и BBS на момент начала и окончания исследования у пациентов первой группы. Данные представлены в табл. 7.

Таблица 7

Результаты лечения пациентов группы исследования

Шкала	Начало исследования		Окончание исследования		р-значение
	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

Показатели сравнительного анализа результатов исследования пациентов первой группы по шкалам представлены на рис. 10, 11 и 12.

Получены данные об эффективности применения ВР по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS у

пациентов группы исследования снизился с 10,0 (8,0; 12,0) до 7,0 (4,0; 9,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,814$, $p < 0,001$).

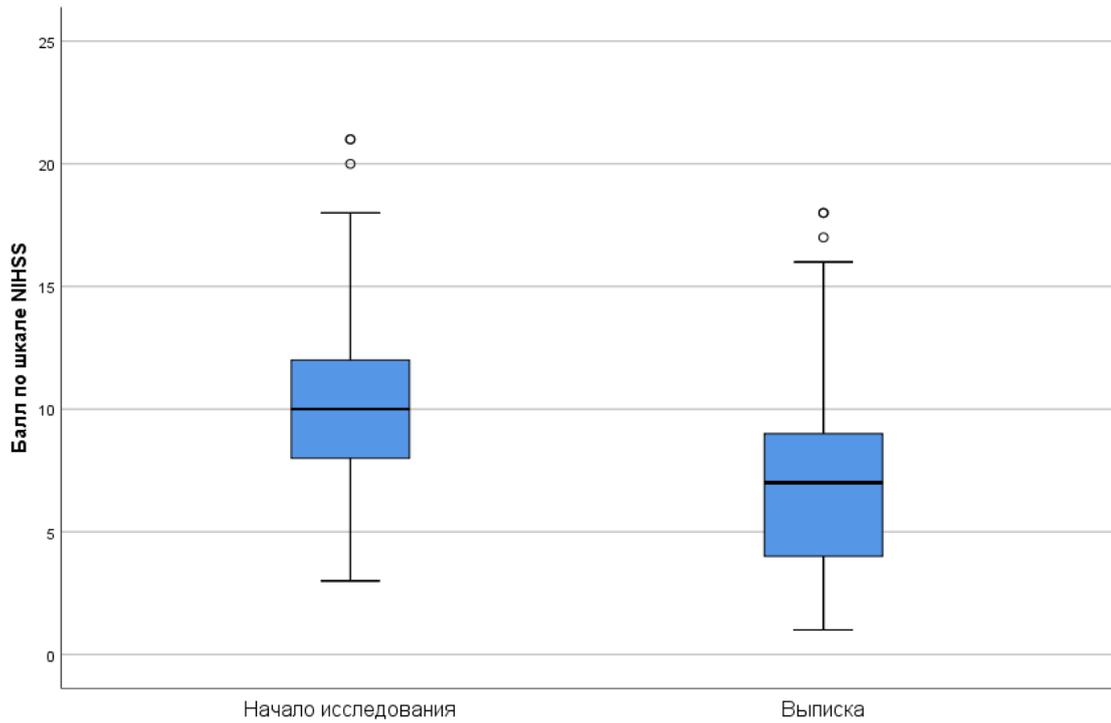


Рисунок 10. Динамика баллов по шкале NIHSS в первой группе до и после проведенного лечения

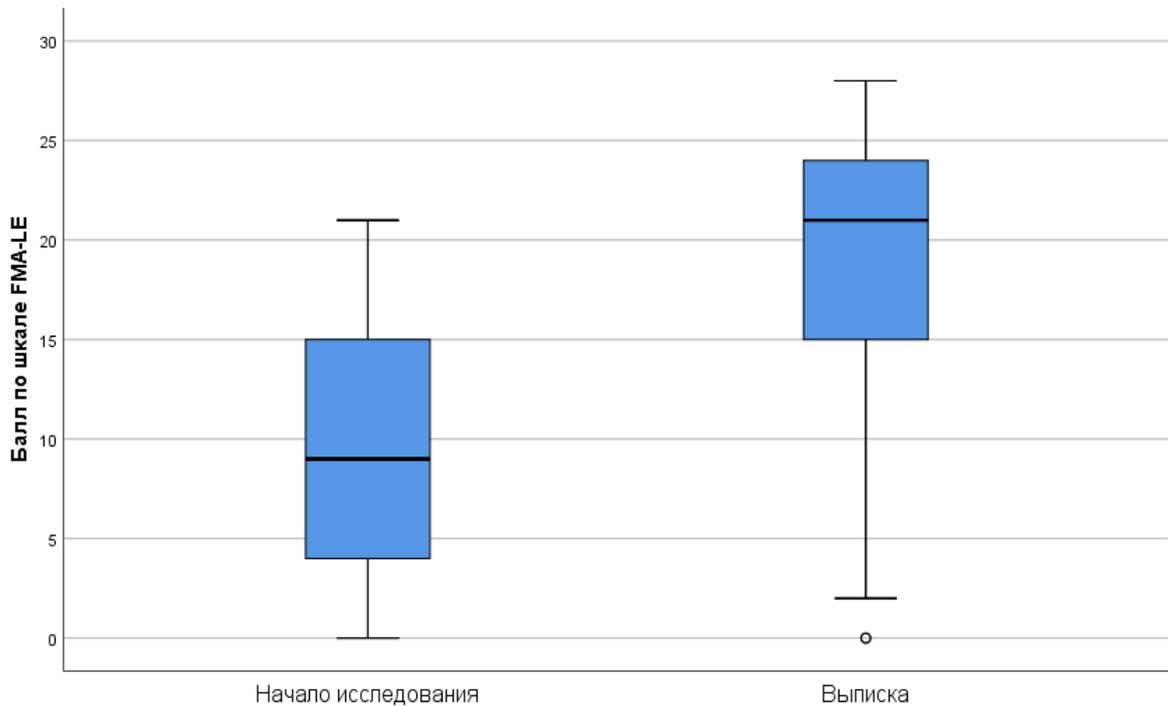


Рисунок 11. Динамика баллов по шкале FMA в первой группе до и после проведенного лечения

Нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE составило с 9,0 (4,0; 15,0) до 21,0 (15,0; 24,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,668$, $p < 0,001$).

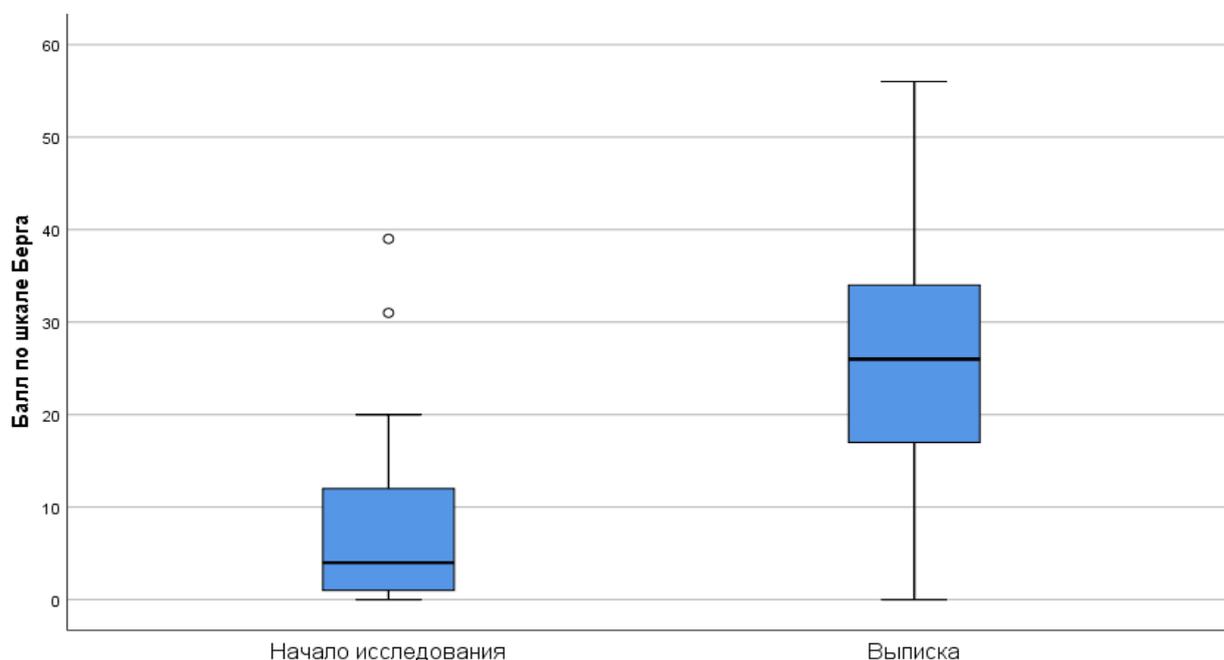


Рисунок 12. Динамика баллов по шкале BBS в первой группе до и после проведенного лечения

Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 4,0 (0,5; 12,0) до 26,0 (17,0; 34,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,854$, $p < 0,001$).

4.3. Методика роботизированной реабилитации

Занятия проводились в кабинете механотерапии на аппарате RT-600 – тренажёре для локомоторной тренировки ходьбы с ФЭС (рис. 13). Ноги пациента фиксировали ремнями-липучками к платформе. Затем ремень безопасности прикрепляли с помощью ремней с пряжками к подъёмнику, чтобы предотвратить чрезмерное раскачивание бёдер во время упражнения.

Перед началом каждой тренировки гелевые электроды накладывались на квадрицепсы, большую ягодичную мышцу, переднюю большеберцовую мышцу и обе головки икроножных мышц. Затем электроды подключались к кабелю стимуляции, который в свою очередь был подключен к блоку, обеспечивающему синхронную электрическую стимуляцию нижних конечностей во время цикла ходьбы. Частота электростимуляции мышц устанавливалась на уровне 35 Гц с малой шириной импульса, начиная с 50 мкс.



Рисунок 13. Тренажёр RT-600

Каждая тренировка начиналась с пассивной двухминутной разминки, когда ноги пассивно управлялись в ходе цикла ходьбы с помощью двигателя RT-600 по эллиптической траектории, в то время как подножки чередовали лодыжки между тыльным и подошвенным сгибанием, создавая рисунок, напоминающий ходьбу.

После разминки параметры электростимуляции нижних конечностей постепенно увеличивали в зависимости от индивидуальной переносимости. Система запрограммирована на стимуляцию мышц, участвующих в каждой фазе цикла ходьбы, в соответствующий момент ходьбы. Параметры стимуляции включали увеличение ширины импульса до 300 мкс и частоты стимуляции до 50 Гц, а амплитуда импульса варьировалась от 5 до 60 мА в зависимости от мышцы и ощущения комфорта участника (рис. 14).



Рисунок 14. Пациент Д. во время сеанса на аппарате RT-600

Скорость ходьбы начиналась с 25 об/мин и постепенно увеличивалась на 2–4 об/мин за сеанс. При хорошем выполнении упражнений и удовлетворительном состоянии больного со временем уменьшали степень разгрузки веса до комфортного уровня для пациента.

Продолжительность упражнения составляла 15 минут. Несколько первых тренировок могли заканчиваться раньше по причине того, что пациенты сообщали об усталости. У каждого пациента было проведено по 10 сеансов.

В качестве примера приводится следующее клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение 2. Пациент Д., 50 лет, был доставлен бригадой скорой медицинской помощи в Региональный сосудистый центр 18.01.2023 в 12:16 с жалобами на слабость и онемение в левых конечностях, которые появились утром 17.01.2023 после сна. В анамнезе много лет страдает артериальной гипертензией, которая плохо поддается коррекции препаратами. При осмотре балл по шкале NIHSS составил 12, пациент самостоятельно передвигаться не мог. После проведения стандартизированных диагностических мероприятий, включая КТ головного мозга, был поставлен диагноз «Ишемический инсульт в бассейне правой СМА» и пациент был

госпитализирован в сосудистое отделение, где ему проводилось всё необходимое лечение, согласно стандартам оказания помощи пациентам с ОНМК.

20.01.2023 был осмотрен исследователем. Пациент самостоятельно не передвигался, сохранялся выраженный моторный дефицит, баллы по шкалам составили: NIHSS – 12, FMA-LE раздел «Е» – 8, BBS – 3 балла.

23.01.2023 пациент начал занятия на аппарате RT-600. К этому времени на фоне стандартизированной терапии наблюдалась положительная динамика в виде восстановления двигательных функций, увеличения баллов по разделу «Е» шкалы FMA-LE до 11 и по BBS до 5. Ввиду двигательных ограничений пациент доставлялся в кабинет механотерапии на каталке. Оценка по шкалам проходила каждый день до момента выписки.

26.01.2023 пациент начал самостоятельно передвигаться по палате с двусторонней поддержкой. На момент выписки и последнего занятия на тренажёре 01.02.2023 балл по разделу «Е» шкалы FMA-LE составил 18, а баланс по шкале BBS улучшился до 30 баллов. Общий уровень инвалидизации по шкале NIHSS снизился до 8 – улучшение на 4 балла с момента начала занятий на аппарате RT-600.

4.4. Результаты реабилитации с применением роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы

С помощью критерия Вилкоксона проведен сравнительный анализ данных по шкалам NIHSS, FMA-LE и BBS на момент начала и окончания исследования у пациентов третьей группы. Данные представлены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты лечения с помощью роботизированного метода

Шкала	Начало исследования		Окончание исследования		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	12,0	6,5; 13,75	7,5	5,25; 8,75	0,012
FMA-LE	9,0	5,0; 14,75	16,5	14,0; 21,75	0,011
BBS	5,5	4,0; 7,5	23,5	19,5; 29,75	0,012

Получены данные об эффективности применения роботизированной терапии по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS у пациентов третьей группы снизился с 12,0 (6,5; 13,75) до 7,5 (5,25; 8,75) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -2,527$, $p = 0,012$).

Графически динамика по шкале NIHSS представлена на рис. 15. Нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE составило с 9,0 (5,0; 14,75) до 16,5 (14,0; 21,75) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -2,530$, $p = 0,011$). Результат представлен на рис. 16.

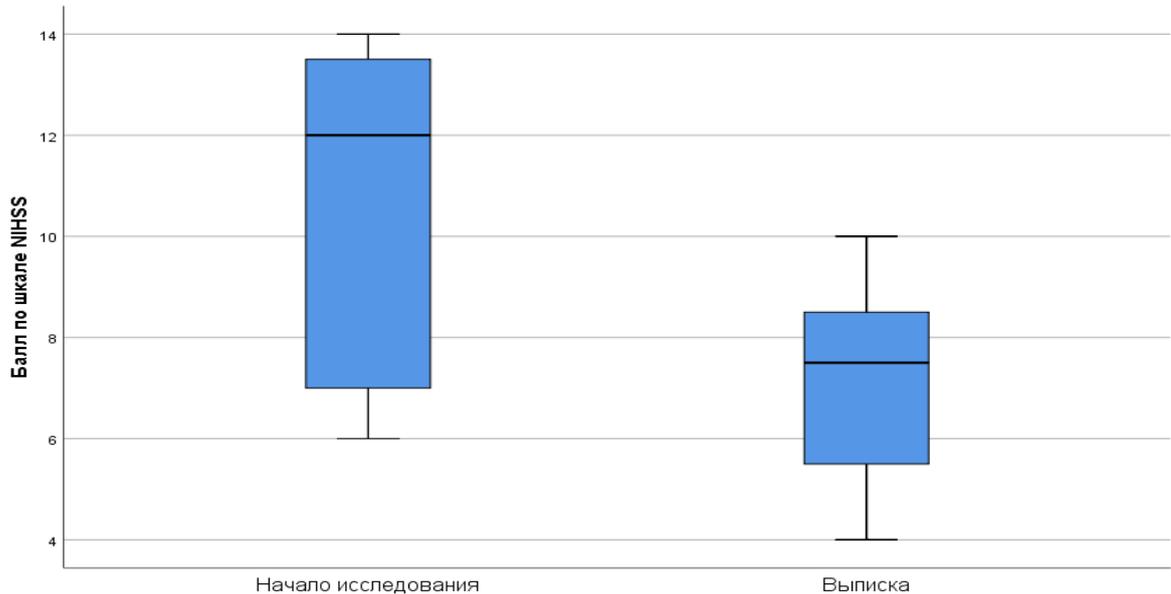


Рисунок 15. Результаты исследования по шкале NIHSS в третьей группе до и после проведенного лечения

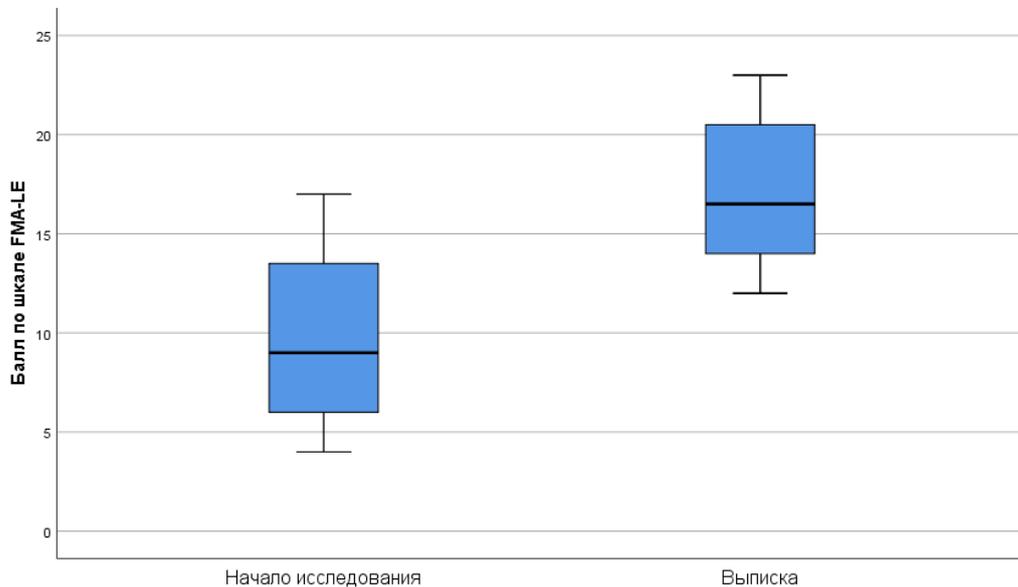


Рисунок 16. Результаты исследования по шкале FMA в третьей группе до и после проведенного лечения

Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 5,5 (4,0; 7,5) до 23,5 (19,5; 29,75) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -2,524$, $p = 0,012$). Графически динамика по данной шкале представлена на рис. 17.

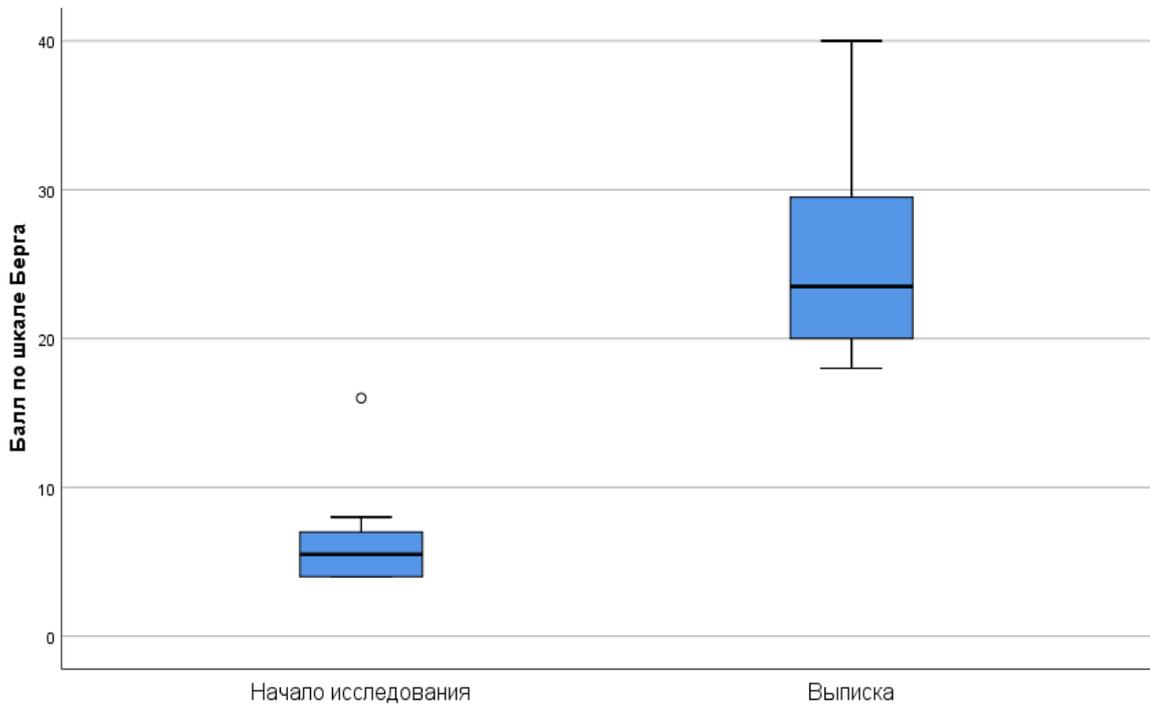


Рисунок 17. Результаты исследования по шкале BBS в третьей группе до и после проведенного лечения

4.5. Результаты совместного применения роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы и виртуальной реальности

С помощью критерия Вилкоксона был проведен анализ данных по шкалам NIHSS, FMA-LE и BBS на момент начала и окончания исследования у пациентов четвертой группы. Результаты анализа с описательной статистикой представлены в табл. 9.

Динамика баллов по исследуемым шкалам пациентов четвертой группы до и после проведенного исследования представлена на рис. 18, 19 и 20.

Таблица 9

Результаты лечения при совместном применении виртуальной реальности и роботизированной терапии

Шкала	Начало исследования		Окончание исследования		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	9,0	8,0; 12,0	4,0	3,25; 6,5	0,011
FMA-LE	10,0	8,25; 14,75	23,0	20,75; 23,75	0,012
BBS	4,0	4,0; 14,25	34,5	31,25; 39,0	0,012

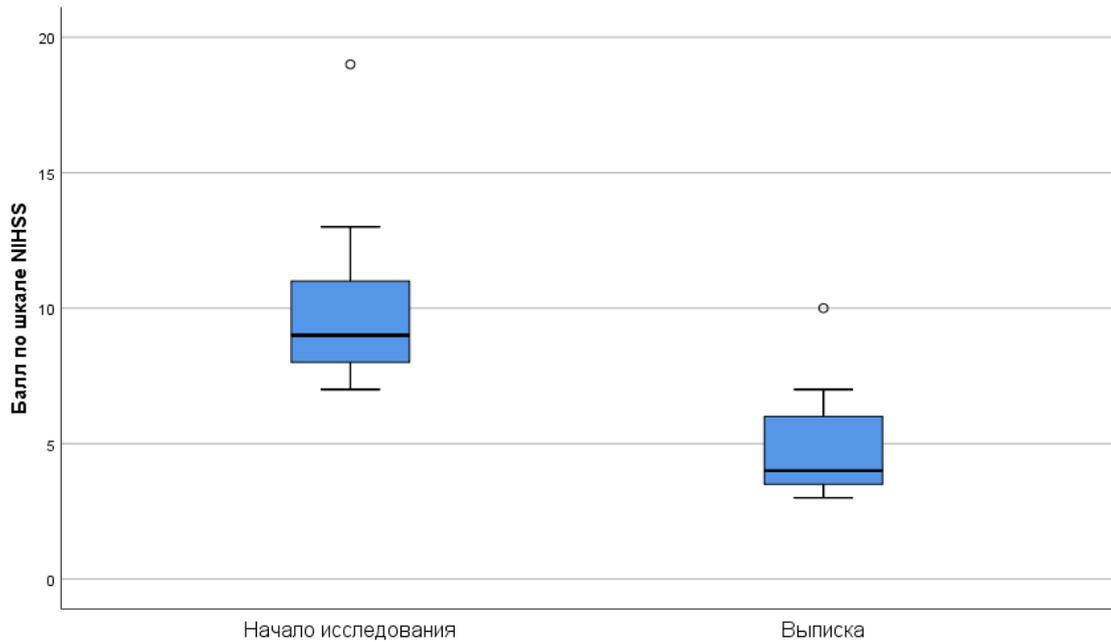


Рисунок 18. Динамика баллов по шкале NIHSS до и после проведенного лечения при совместном использовании ВР и роботизированной терапии

Выявлена эффективность совместного применения ВР и роботизированной терапии по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS у пациентов четвертой группы снизился с 9,0 (8,0; 12,0) до 4,0 (3,25; 6,5) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -2,555$, $p = 0,011$). Отмечено нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE с 10,0 (8,25; 14,75) до 23,0 (20,75; 23,75) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -2,527$, $p = 0,012$).

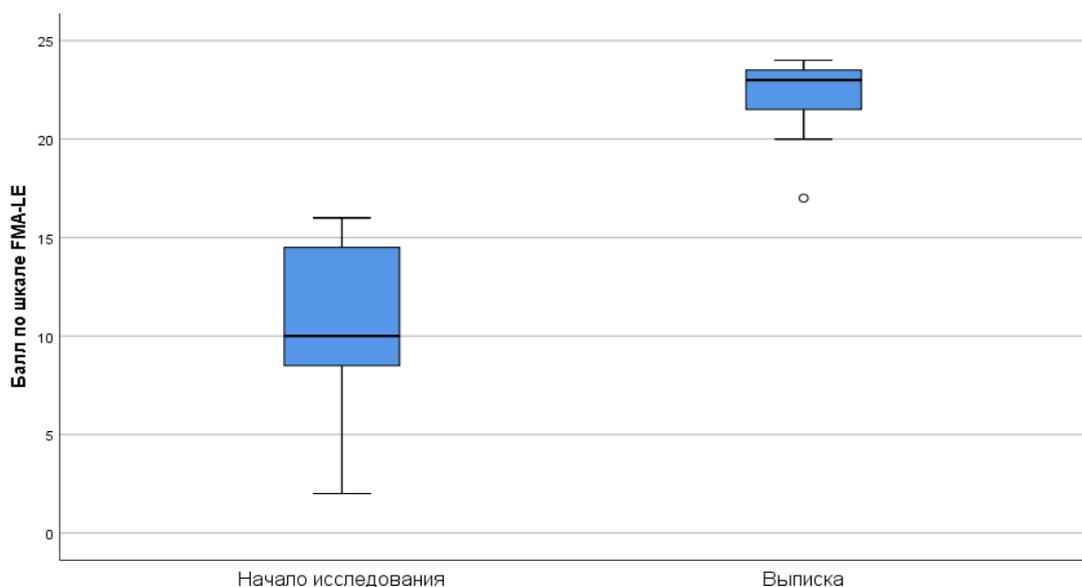


Рисунок 19. Динамика баллов по шкале FMA-LE до и после проведенного лечения при совместном использовании ВР и роботизированной терапии

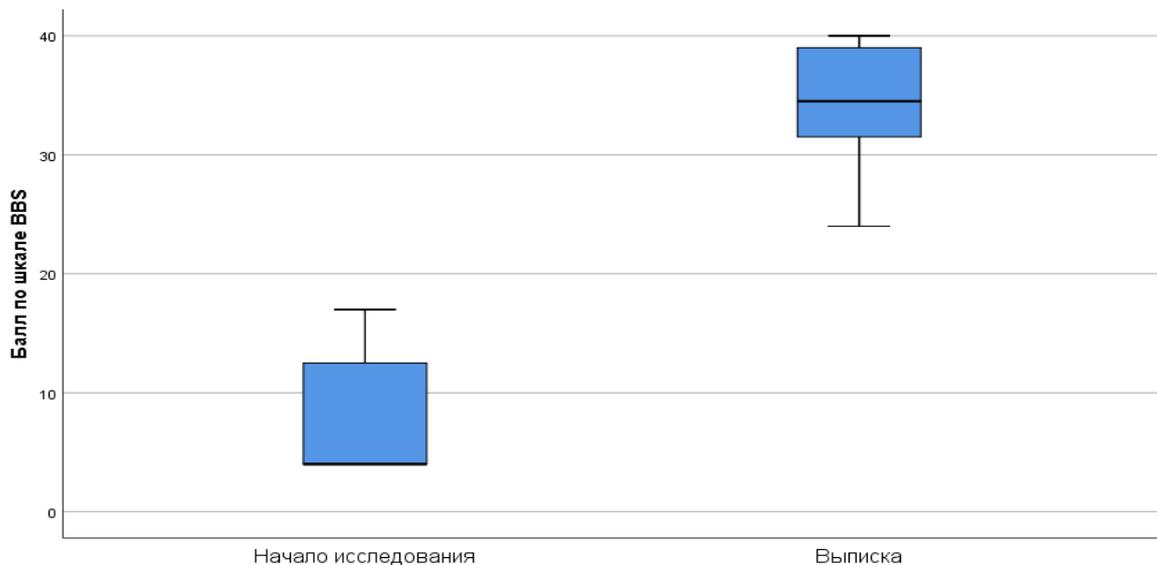


Рисунок 20. Динамика баллов по шкале BBS до и после проведенного лечения при совместном использовании ВР и роботизированной терапии

Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 4,0 (4,0; 14,25) до 34,5 (31,25; 39,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -2,527$, $p = 0,012$).

В качестве примера приводится следующее клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение № 3. Пациентка А., 73 лет, была доставлена бригадой скорой медицинской помощи в Региональный сосудистый центр 12.05.2023 в 14:45 с жалобами на слабость в правых конечностях и нарушение речи, которые обнаружила у себя в этот день утром примерно в 10:00, когда из-за остро развившейся слабости в правых конечностях упала при попытке встать со стула. В таком состоянии была обнаружена родственниками через несколько часов. В анамнезе у пациентки гипертоническая болезнь с повышением давления до 240 и 100 мм рт. ст., по поводу чего регулярно принимала рекомендованные врачами препараты. На момент поступления в приёмный покой зафиксировано артериальное давление 220 и 100 мм рт. ст.

После проведения стандартизированных диагностических мероприятий, включая КТ головного мозга, был поставлен диагноз «Ишемический инсульт в бассейне левой СМА» и пациентка была госпитализирована в сосудистое отделение. Учитывая, что время от начала заболевания составило более 4,5 часов, тромболитическая терапия не проводилась, было назначено лечение согласно стандартам оказания помощи больным с ОНМК.

На момент поступления по шкале NIHSS было выставлено 13 баллов, из которых по 3 балла приходилось на верхнюю и нижнюю конечность справа. 15.05.2023 была осмотрена исследователем; по шкале NIHSS было выставлено 13 баллов, 9 баллов «Е» по шкале FMA-LE и 4 балла по шкале баланса Берга. Пациентка не могла самостоятельно передвигаться из-за выраженного двигательного дефицита. В этот день пациентка начала занятия на аппаратах ReviVR и RT-600. Из-за двигательных ограничений она доставлялась в кабинет механотерапии на каталке. Оценка по шкалам проводилась каждый день до момента выписки больной из стационара.

Длительность первого сеанса ВР составила 15 минут, нежелательных явлений отмечено не было. Затем через 3 часа пациентка прошла сеанс роботизированной терапии. Частота электростимуляции мышц устанавливалась на уровне 35 Гц с шириной импульса 50 мкс, которые с каждым днём постепенно повышались до 50 Гц и 300 мкс при отсутствии негативных явлений. Скорость ходьбы начиналась с 25 об/мин и постепенно увеличивалась на 2-4 об/мин за сеанс. С каждым новым сеансом уменьшалась степень разгрузки веса до комфортного для пациентки уровня.

19.05.2023 на пятый день занятий в ВР и роботизированной терапии пациентка начала самостоятельно вставать с кровати и передвигаться по палате с двусторонней поддержкой. К этому времени наблюдалась положительная динамика в виде восстановления двигательных функций, увеличения баллов по разделу «Е» шкалы FMA-LE до 13 и по BBS до 20. Общая инвалидизация по шкале NIHSS снизилась до 9 баллов. На момент выписки 26.05.2023 балл «Е» по шкале FMA-LE составил 20, по шкале Берга – 31. Также снизился общий уровень инвалидизации по шкале NIHSS до 7 баллов, из которых по 2 балла было выставлено в графе, соответствующей руке, и 1 балл – ноге на стороне пареза. Пациентка передвигалась с односторонней поддержкой. Всего было проведено по 10 сеансов ВР и роботизированной терапии.

Таким образом, в результате проведенного исследования получены результаты, позволяющие сделать вывод об эффективности совместного

применения ВР и роботизированной терапии в отношении восстановления моторного дефицита у пациентов с ИИ по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Технология ВР, таким образом, эффективна в сочетании со стандартизированными методами терапии, а также при применении совместно с роботизированной терапией.

Р е з ю м е

В ходе проводимого исследования пациенты основной группы в дополнение к стандартизированным методам терапии получали занятия на аппарате ReviVR по 15 минут в день в течение 10 дней. В виртуальной среде им предстояло пройти по футбольному полю и обратно, при этом в реальном мире они могли находиться в сидячем или лежащем положении без возможности самостоятельной ходьбы. На ноги пациента надевались пневмоманжеты, которые сокращались в момент касания соответствующей ногой земли в виртуальном мире, что имитировало акт ходьбы.

В результате совместного использования стандартной терапии и метода ВР уровень инвалидизации по шкале NIHSS снизился с 10,0 (8,0; 12,0) до 7,0 (4,0; 9,0) баллов с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$). Улучшение моторных функций пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE составил с 9,0 (4,0; 15,0) до 21,0 (15,0; 24,0) баллов с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$). Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 4,0 (0,5; 12,0) до 26,0 (17,0; 34,0) баллов с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$).

Для проведения роботизированной терапии на аппарате RT-600 в дополнительных группах пациентов больного помещали на специальную платформу, надевали ремни безопасности, которые прикрепляли к подъёмнику. Затем накладывали электроды на квадрицепсы, большую ягодичную мышцу, переднюю большеберцовую мышцу и обе головки икроножных мышц. Электроды подключали к кабелю стимуляции и блоку, настраивали необходимую частоту электростимуляции. Тренировка начиналась с пассивной двухминутной разминки, настраивался цикл ходьбы по эллиптической траектории со скоростью 25 об/мин. Параметры электростимуляции постепенно увеличивали в зависимости от

индивидуальной переносимости, скорость ходьбы также увеличивали на 2-4 об/мин за сеанс, уменьшали степень разгрузки веса до комфортного для пациента уровня. Продолжительность сеанса составляла 15 минут. Занятия проводили в течение 10 дней.

Использование роботизированной терапии для восстановления паттерна ходьбы совместно со стандартными методами реабилитации оказалось эффективным. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS у пациентов третьей группы снизился с 12,0 (6,5; 13,75) до 7,5 (5,25; 8,75) баллов ($p = 0,012$). Нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE составило с 9,0 (5,0; 14,75) до 16,5 (14,0; 21,75) баллов ($p = 0,011$). Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 5,5 (4,0; 7,5) до 23,5 (19,5; 29,75) баллов ($p = 0,012$).

Совместное применение стандартизированной терапии, ВР и роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы у пациентов четвертой группы позволило снизить общий уровень инвалидизации по шкале NIHSS с 9,0 (8,0; 12,0) баллов до 4,0 (3,25; 6,5) баллов с уровнем значимости $p = 0,011$. Нарастание моторной функции поражённой нижней конечности по шкале FMA-LE составило с уровня 10,0 (8,25; 14,75) баллов до 23,0 (20,75; 23,75) баллов ($p = 0,012$). Баланс по шкале BBS изменился с 4,0 (4,0; 14,25) до 34,5 (31,25; 39,0) баллов ($p = 0,012$).

ГЛАВА 5

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В КОМПЛЕКСНОЙ
ПОСТИНСУЛЬТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ
С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ В НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ**

5.1. Результаты исследования пациентов группы сравнения

С помощью критерия Вилкоксона был проведен анализ данных по шкалам NIHSS, FMA-LE и BBS на момент начала и окончания исследования у пациентов группы сравнения. Результаты анализа с описательной статистикой представлены в табл. 10.

Таблица 10

Результаты исследования пациентов группы сравнения

Шкала	Начало исследования		Окончание исследования		р-значение
	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

Динамика баллов пациентов группы сравнения до и после проведенного лечения по всем исследуемым шкалам представлена на рис. 21, 22 и 23.

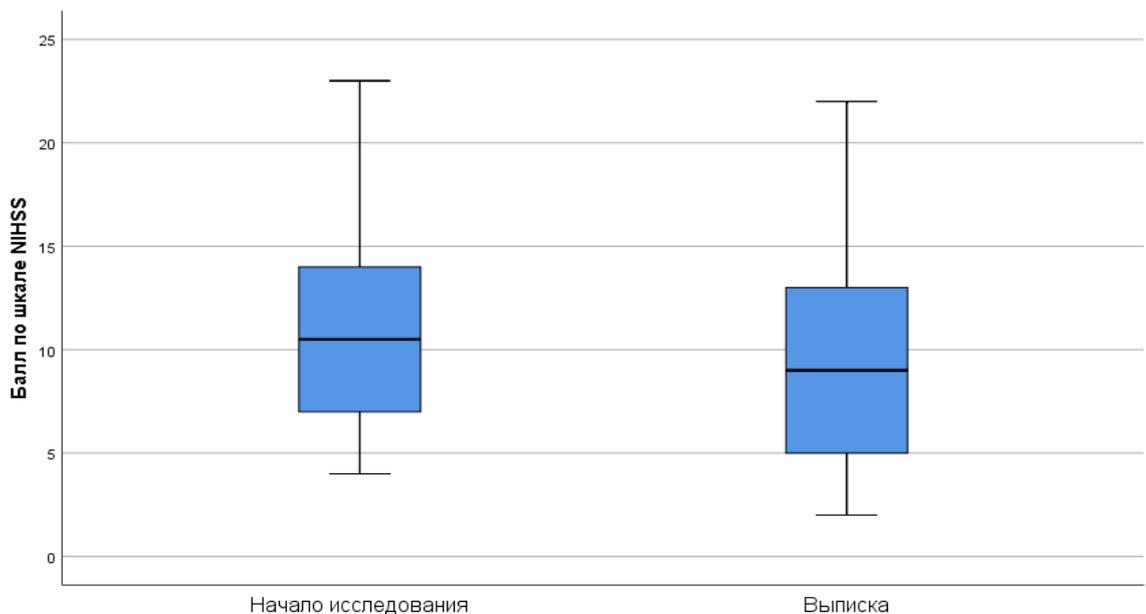


Рисунок 21. Динамика баллов по шкале NIHSS в группе сравнения
до и после проведенного лечения

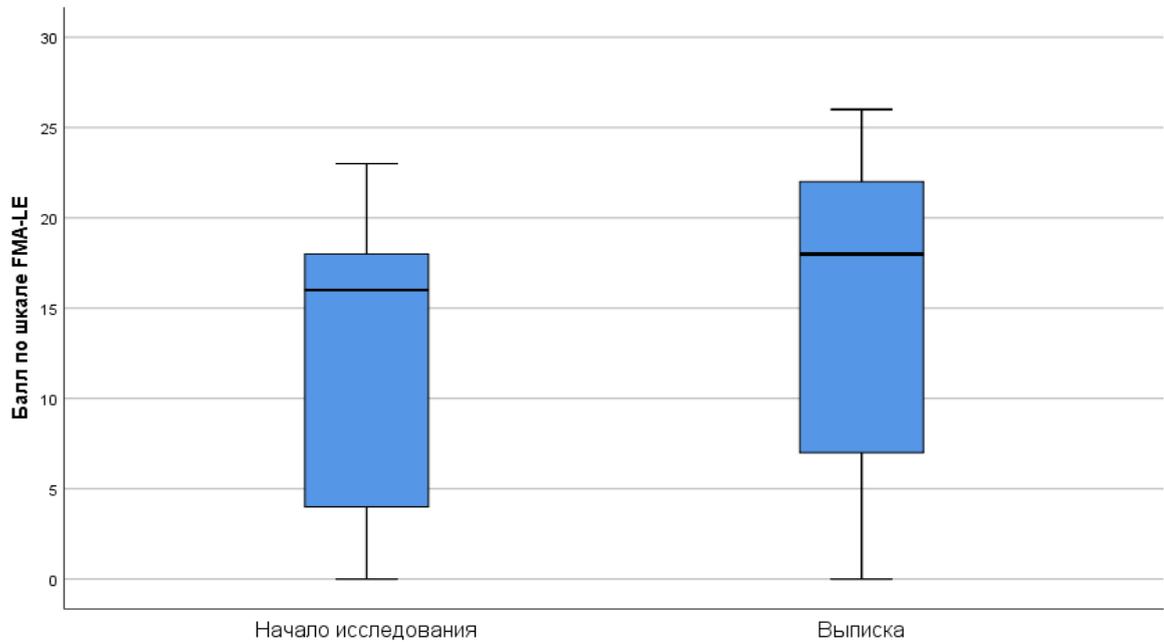


Рисунок 22. Динамика баллов по шкале FMA-LE в группе сравнения до и после проведенного лечения

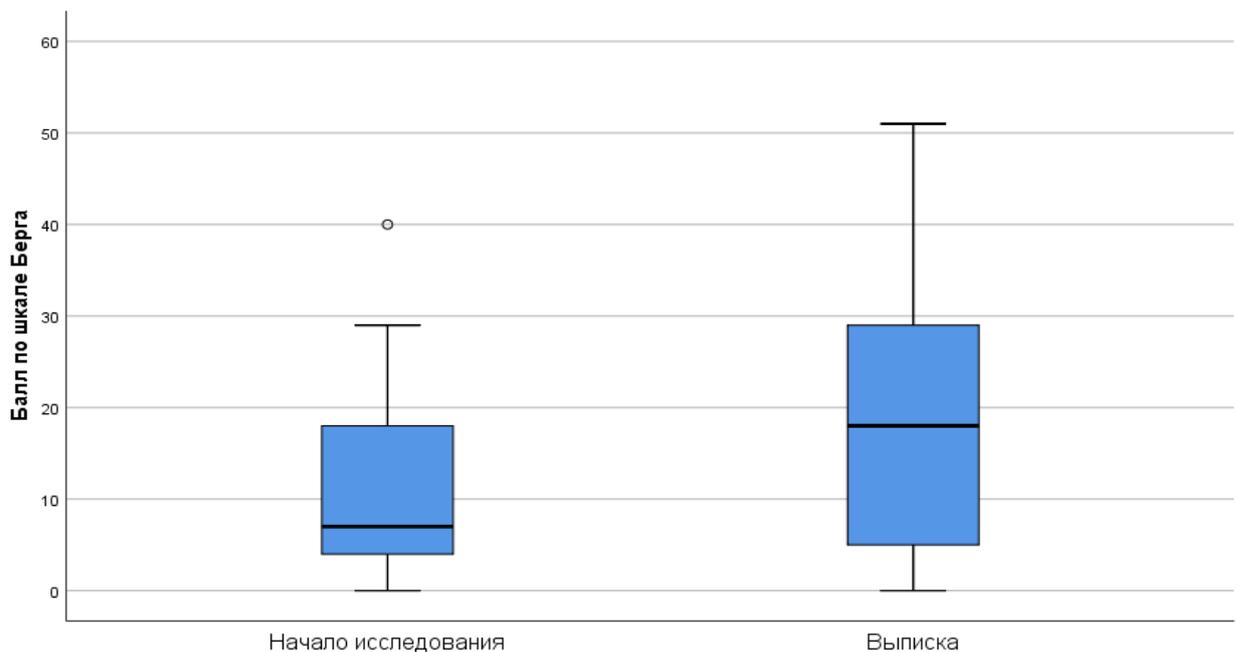


Рисунок 23. Динамика баллов по шкале BBS в группе сравнения до и после проведенного лечения

Получены данные об эффективности применения стандартизированных методов лечения по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Уровень инвалидизации пациентов по шкале NIHSS снизился с 10,5 (7,0; 14,0) до 9,0 (5,0; 13,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -7,317$, $p < 0,001$). Нарастание моторной

функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE составило с 16,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (7,0; 22,0) баллов с (критерий Вилкоксона, $z = -7,441$, $p < 0,001$). Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 7,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (5,0; 29,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,446$, $p < 0,001$).

5.2. Сравнительный анализ результатов исследования пациентов основной группы и группы сравнения

Для оценки различий между результатами лечения в группах исследования и сравнения использовался критерий Манна-Уитни, с помощью которого был проведен анализ данных всех трёх шкал на момент окончания исследования. Данные представлены в табл. 11.

Таблица 11

Сравнение результатов реабилитации пациентов первой и второй групп

Шкала	Первая группа (n = 105)		Вторая группа (n = 102)		p-значение
	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

Сравнение динамики баллов пациентов первой и второй групп с момента начала и до окончания исследования представлены на рис. 24, 25 и 26.

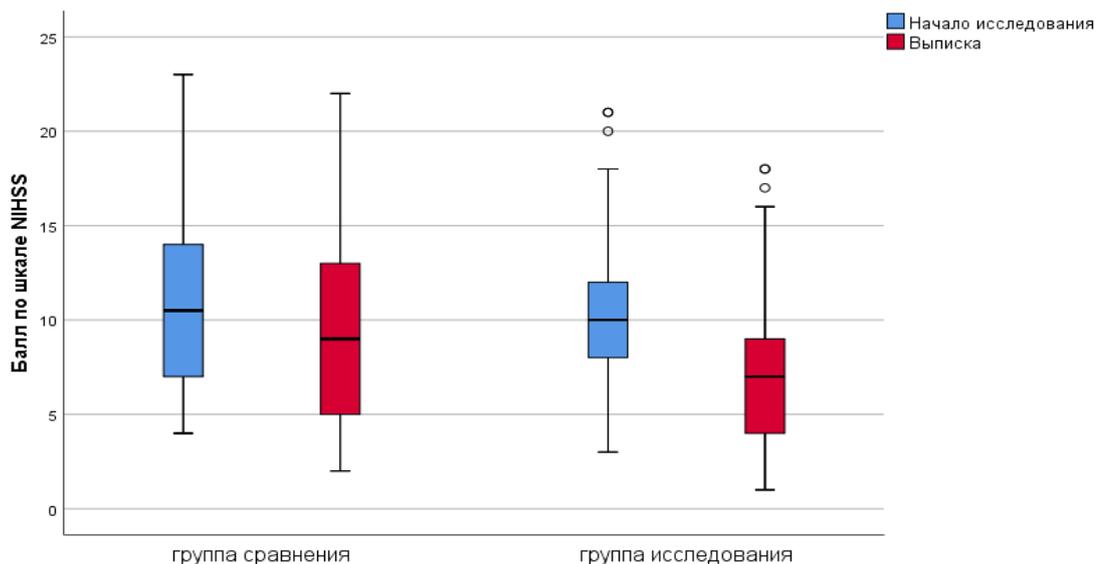


Рисунок 24. Сравнение результатов лечения пациентов первой и второй групп по шкале NIHSS

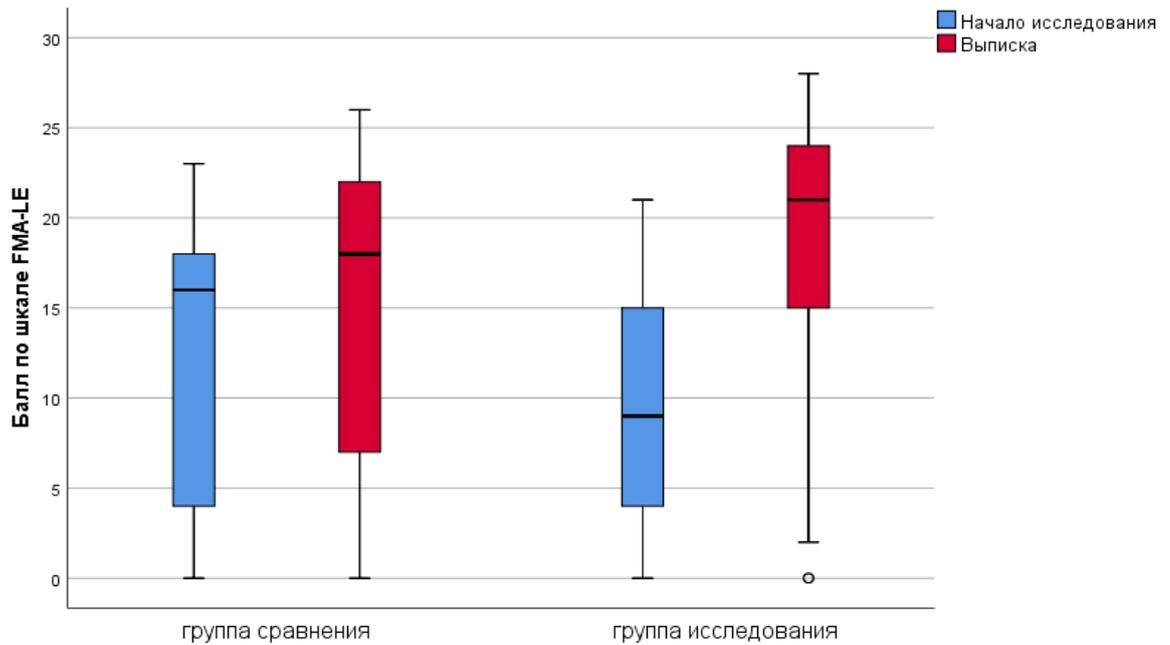


Рисунок 25. Сравнение результатов лечения пациентов первой и второй групп по шкале FMA

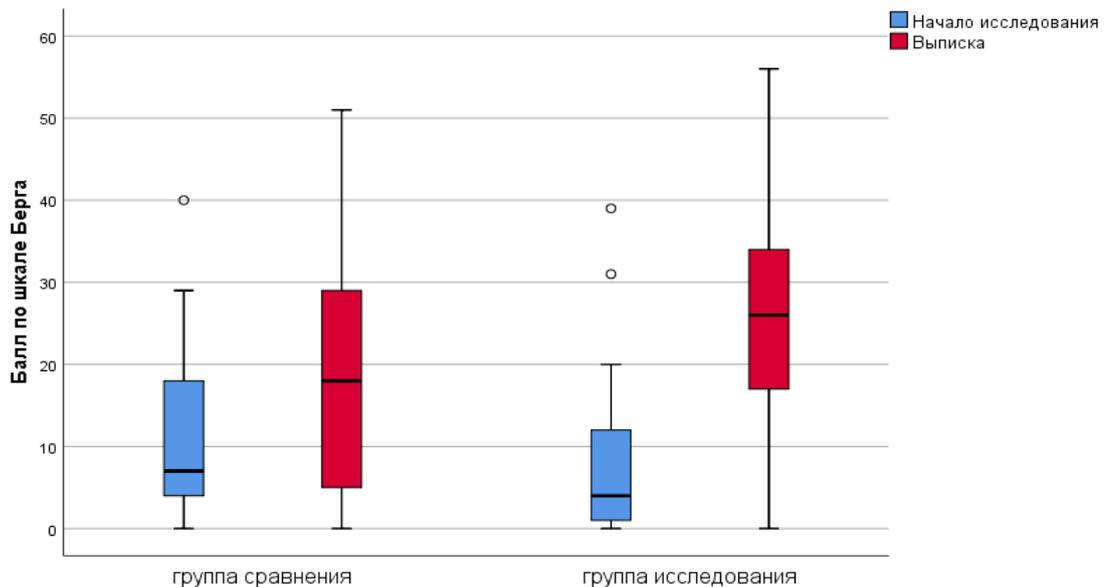


Рисунок 26. Сравнение результатов лечения пациентов первой и второй групп по шкале BBS

Для оценки различий по уровню нарастания моторных функций 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 табл. 12.

Сравнение разницы полученных результатов в первой и второй группах до и после проведённого лечения

Δ	Первая группа (n = 105)		Вторая группа (n = 102)		р-значение
	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

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 пациентов второй группы с высоким уровнем значимости $p < 0,001$. Нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE в группе исследования было больше и составило 8,0 (6,0; 11,0) баллов, в группе сравнения – 2,0 (1,0; 4,0) балла ($p < 0,001$). Улучшение баланса по шкале BBS также было выше у пациентов первой группы и составило 18,0 (12,0; 24,5) баллов, во второй группе – 6,5 (4,0; 11,0) баллов ($p < 0,001$).

5.3. Сравнительный анализ результатов реабилитации пациентов, получавших только роботизированную терапию и роботизированную терапию с виртуальной реальностью

Для оценки различий между результатами лечения в дополнительных третьей и четвёртой группах использовался критерий Манна-Уитни, с помощью которого был проведён анализ данных всех трёх шкал на момент окончания исследования. Данные представлены в табл. 13.

Сравнение результатов реабилитации пациентов дополнительных групп

Шкала	Третья группа (n = 8)		Четвёртая группа (n = 8)		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	7,5	5,25; 8,75	4,0	3,25; 6,5	0,065
FMA-LE	16,5	14,0; 21,75	23,0	20,75; 23,75	0,015
BBS	23,5	19,5; 29,75	34,5	31,25; 39,0	0,021

Сравнение динамики баллов пациентов третьей и четвёртой групп с момента начала и до окончания исследования представлены на рис. 27, 28 и 29.

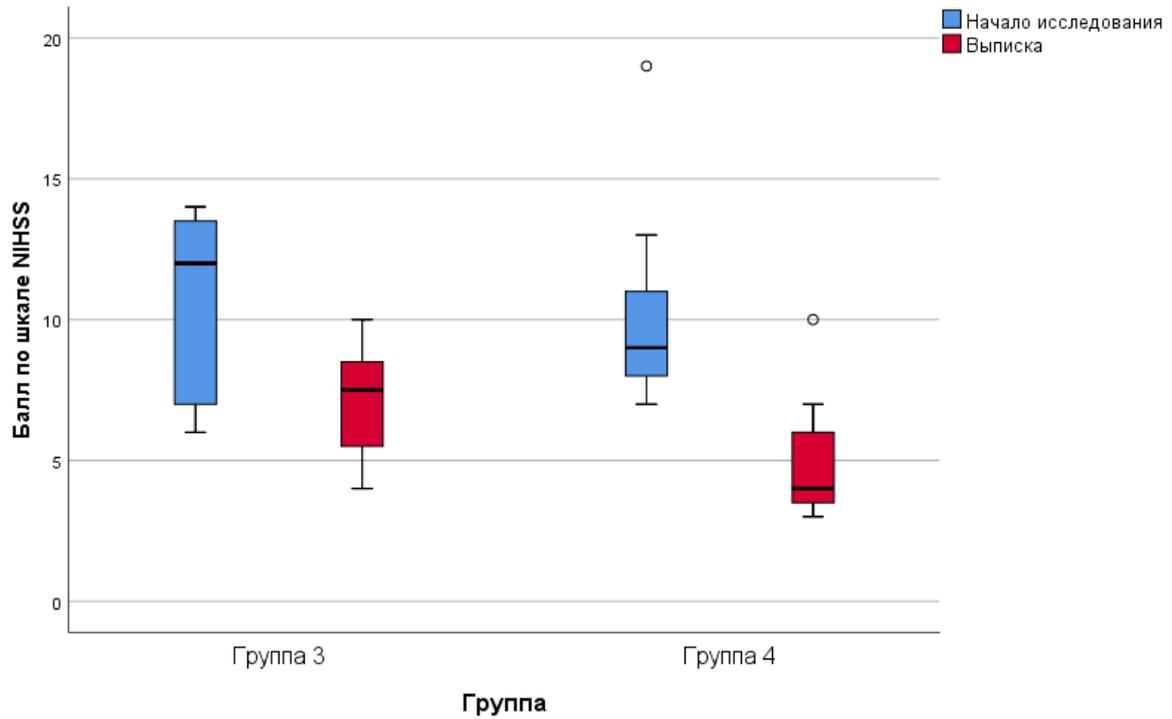


Рисунок 27. Сравнение результатов лечения пациентов третьей и четвёртой групп по шкале NIHSS

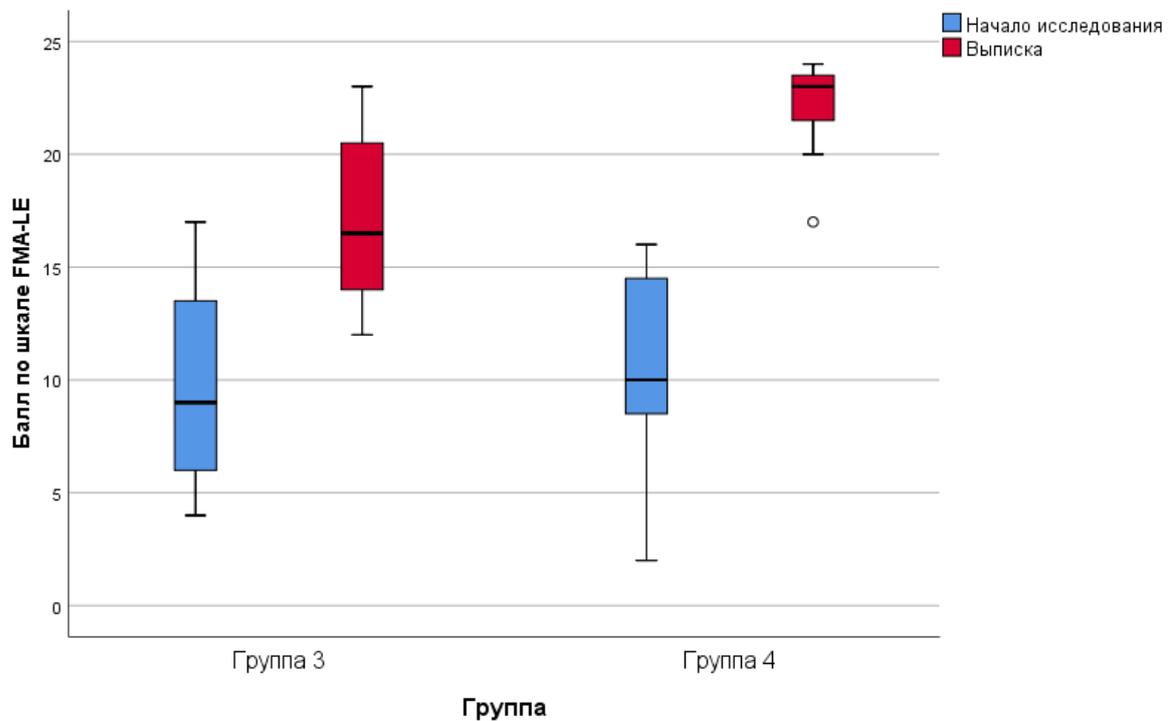


Рисунок 28. Сравнение результатов лечения пациентов третьей и четвёртой групп по шкале FMA-LE

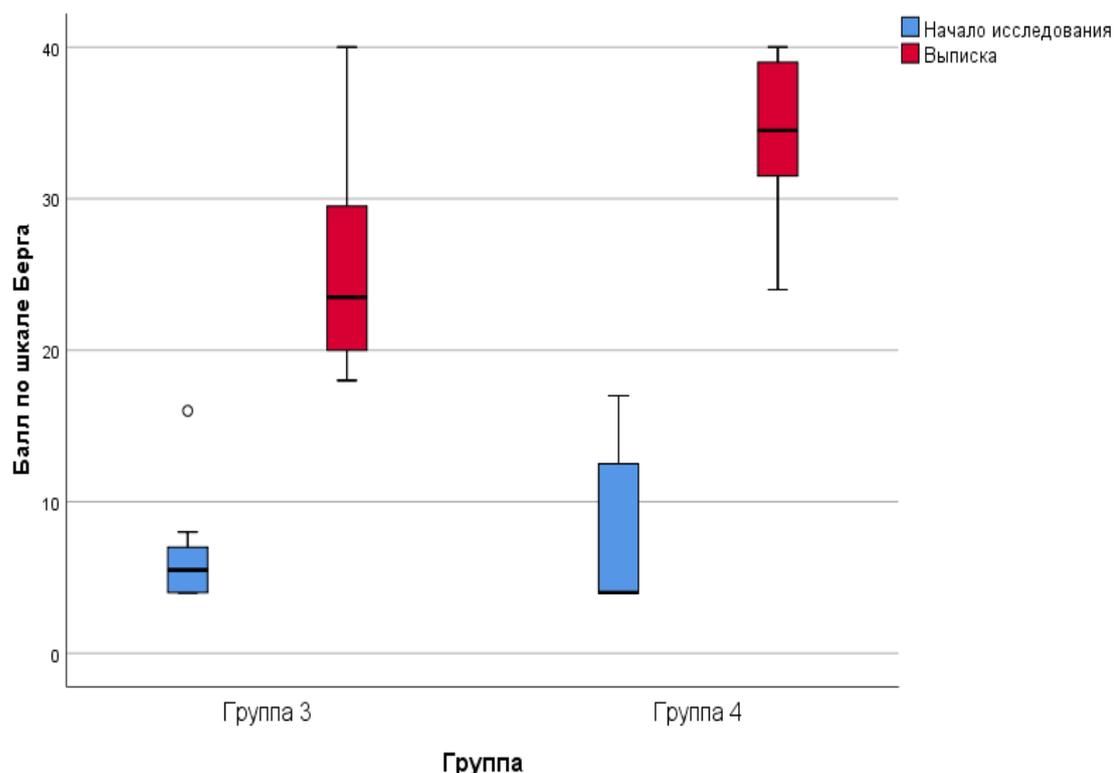


Рисунок 29. Сравнение результатов лечения пациентов третьей и четвёртой групп по шкале BBS

Для оценки динамики нарастания моторных функций и снижения инвалидизации у пациентов третьей и четвёртой групп было рассчитано значение Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS, а также проведён анализ полученных данных с помощью критерия Манна-Уитни. Результаты приведены в табл. 14.

Таблица 14

Сравнение полученных результатов в третьей и четвёртой группах до и после проведенного лечения

Δ	Третья группа (n = 8)		Четвёртая группа (n = 8)		p-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
Δ NIHSS	3,5	2,0; 4,75	4,5	4,0; 6,0	0,083
Δ FMA-LE	7,0	6,0; 8,0	11,5	9,0; 14,75	0,003
Δ BBS	19,5	13,25; 23,75	27,5	20,75; 29,5	0,021

Статистически значимые различия наблюдались по шкалам FMA-LE и BBS как по итоговому результату, так и по уровню показателей Δ FMA-LE и Δ BBS.

5.4. Попарное сравнение динамики неврологической симптоматики по исследуемым шкалам у пациентов исследованных групп

Для комплексной оценки применения методики ВР для восстановления двигательных функций у пациентов в остром периоде ИИ был проведён попарный анализ между всеми группами. Итоговые данные по шкалам сравнивали с помощью критерия Манна-Уитни. Полученные результаты представлены в табл. 15.

Таблица 15

Попарное сравнение итоговых результатов терапии по шкалам

Шкала	Первая группа		Третья группа		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	7,0	4,0; 9,0	7,5	5,25; 8,75	0,617
FMA-LE	21,0	15,0; 24,0	16,5	14,0; 21,75	0,245
BBS	26,0	17,0; 34,0	23,5	19,5; 29,75	0,987
	Первая группа		Четвёртая группа		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	7,0	4,0; 9,0	4,0	3,25; 6,5	0,088
FMA-LE	21,0	15,0; 24,0	23,0	20,75; 23,75	0,172
BBS	26,0	17,0; 34,0	34,5	31,25; 39,0	0,041
	Вторая группа		Третья группа		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	9,0	5,0; 13,0	7,5	5,25; 8,75	0,253
FMA-LE	18,0	7,0; 22,0	16,5	14,0; 21,75	0,708
BBS	18,0	5,0; 29,0	23,5	19,5; 29,75	0,084
	Вторая группа		Четвёртая группа		р-значение
	Me	Q ₁ ; Q ₃	Me	Q ₁ ; Q ₃	
NIHSS	9,0	5,0; 13,0	4,0	3,25; 6,5	0,008
FMA-LE	18,0	7,0; 22,0	23,0	20,75; 23,75	0,007
BBS	18,0	5,0; 29,0	34,5	31,25; 39,0	< 0,001

Оценка разницы нарастания моторных функций по шкале FMA-LE, улучшения баланса по BBS и снижения инвалидизации по NIHSS была произведена при попарном анализе между значениями Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS у пациентов всех групп за весь курс лечения. Полученные результаты представлены в табл. 16. Наглядное представление количества баллов, на которое изменились показатели по шкалам с момента начала и до окончания исследования, представлены на рис. 30, 31 и 32.

Сравнение разницы полученных результатов во всех группах до и после проведенной реабилитации

Δ	Первая группа		Третья группа		р-значение
	Me	Q ₁ ;Q ₃	Me	Q ₁ ;Q ₃	
Δ NIHSS	3,0	2,0;5,0	3,5	2,0;4,75	0,887
Δ FMA-LE	8,0	6,0;11,0	7,0	6,0;8,0	0,366
Δ BBS	18,0	12,0;24,5	19,5	13,25;23,75	0,724
	Первая группа		Четвёртая группа		р-значение
	Me	Q ₁ ;Q ₃	Me	Q ₁ ;Q ₃	
Δ NIHSS	3,0	2,0;5,0	4,5	4,0;6,0	0,009
Δ FMA-LE	8,0	6,0;11,0	11,5	9,0;14,75	0,016
Δ BBS	18,0	12,0;24,5	27,5	20,75;29,5	0,009
	Вторая группа		Третья группа		р-значение
	Me	Q ₁ ;Q ₃	Me	Q ₁ ;Q ₃	
Δ NIHSS	2,0	0,75;2,0	3,5	2,0;4,75	0,005
Δ FMA-LE	2,0	1,0;4,0	7,0	6,0;8,0	< 0,001
Δ BBS	6,5	4,0;11,0	19,5	13,25;23,75	< 0,001
	Вторая группа		Четвёртая группа		р-значение
	Me	Q ₁ ;Q ₃	Me	Q ₁ ;Q ₃	
Δ NIHSS	2,0	0,75;2,0	4,5	4,0;6,0	< 0,001
Δ FMA-LE	2,0	1,0;4,0	11,5	9,0;14,75	< 0,001
Δ BBS	6,5	4,0;11,0	27,5	20,75;29,5	< 0,001

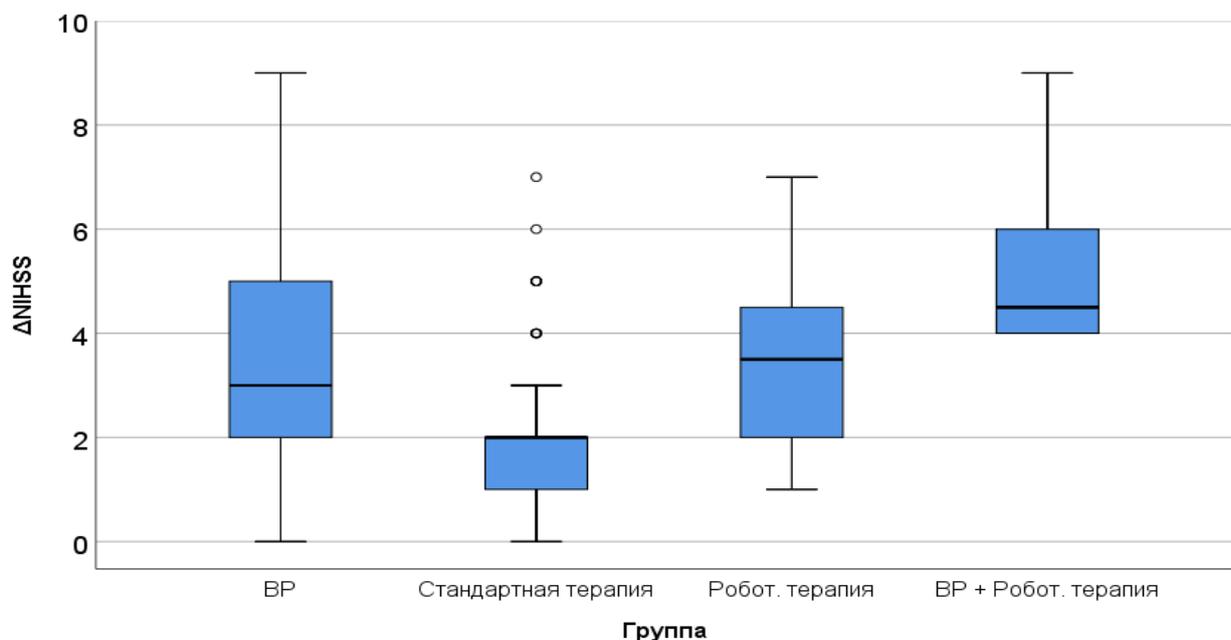


Рисунок 30. Динамика показателей шкалы NIHSS у пациентов исследованных групп

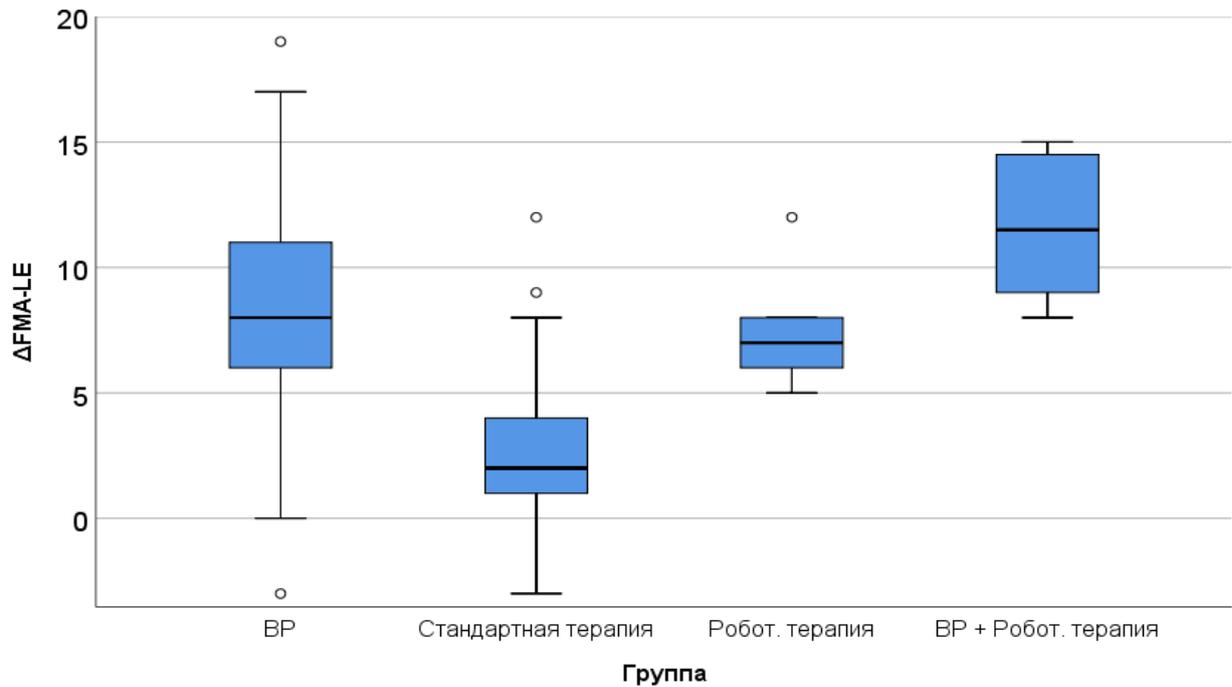


Рисунок 31. Динамика показателей шкалы FMA-LE у пациентов исследованных групп

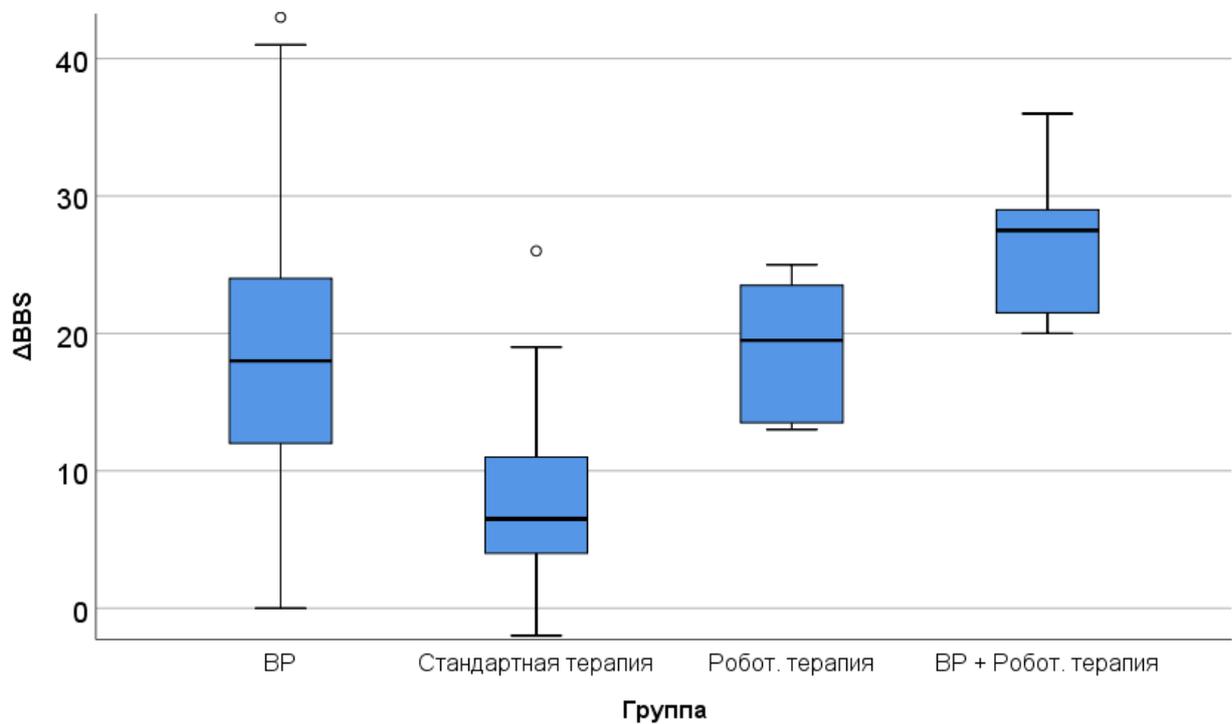


Рисунок 32. Динамика показателей шкалы BBS у пациентов исследованных групп

Применение ВР позволило достичь лучших результатов в восстановлении силы, активных движений в пораженной нижней конечности, улучшения баланса и снижения общей инвалидизации по сравнению с результатами

роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы. Хотя эти данные и оказались статистически не значимыми, ВР-терапия обладает рядом преимуществ, в частности, даёт возможность применения данной технологии у большего числа пациентов в практически любых условиях, даже в палате у пациента, в то время как роботизированный метод может иметь противопоказания, требует больше пространства для установки тренажёра и не может быть осуществлен в палате. Кроме того, методика проведения ВР проще, менее продолжительна по времени, и стоимость таких аппаратов намного меньше, в то время как для проведения роботизированной терапии требуется несколько специалистов, больше времени, а стоимость таких устройств достигает нескольких миллионов рублей.

Итоговый результат по шкале Берга 26,0 (17,0; 34,0) и 23,5 (19,5; 29,75) баллов в первой и третьей группах показывает возможность пациентов самостоятельно садиться в кровати, вставать, стоять без поддержки, ходить с односторонней или двусторонней поддержкой, в большинстве случаев стоять с закрытыми глазами и поставленными вместе стопами. До проведения реабилитации с использованием ВР и роботизированной терапии пациенты могли только самостоятельно сидеть и с трудом удерживать вертикальное положение без посторонней помощи, о чём говорят показатели шкалы BBS на момент начала исследования – 4,0 (0,5; 12,0) и 5,5 (4,0; 7,5) баллов в первой и третьей группах соответственно.

Совместное применение ВР, роботизированной методики и стандартизированной терапии оказалось эффективнее и позволило достичь лучших результатов по сравнению с использованием ВР совместно со стандартизированными методами, что выразилось в нарастании силы в поражённой нижней конечности на 11,5 (9,0; 14,75) баллов против 8,0 (6,0; 11,0) баллов у пациентов четвёртой и первой групп соответственно ($p = 0,016$), а также в улучшении баланса на 27,5 (20,75; 29,5) баллов в четвёртой группе против улучшения в первой группе на 18,0 (12,0; 24,5) баллов ($p = 0,009$).

Резюме

Стандартизированные методы реабилитации пациентов с ИИ показали в целом положительный результат: уровень инвалидизации по шкале NIHSS снизился с 10,5 (7,0; 14,0) до 9,0 (5,0; 13,0) баллов с уровнем значимости $p < 0,001$. Нарастание моторной функции поражённой нижней конечности по шкале FMA-LE составило с 16,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (7,0; 22,0) баллов также с высоким уровнем значимости $p < 0,001$. Улучшение баланса согласно шкале BBS было с 7,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (5,0; 29,0) баллов ($p < 0,001$).

При сравнении полученных данных в первой и второй группах исследованных пациентов выявлено, что применение ВР оказалось эффективнее как по итоговому результату, так и по динамике показателей. Балл по шкале NIHSS снизился до 7,0 (4,0; 9,0) по сравнению с 9,0 (5,0; 13,0) баллами группы сравнения ($p < 0,001$), а Δ NIHSS составило 3,0 (2,0; 5,0) и 2,0 (0,75; 2,0) балла в первой и второй группах соответственно ($p < 0,001$). Балл «Е» по FMA-LE после проведённого лечения в первой группе составил 21,0 (15,0; 24,0), во второй – 18,0 (7,0; 22,0), $p = 0,002$. Увеличение балла Δ FMA-LE за время исследования также выше в первой группе – 8,0 (6,0; 11,0), во второй группе – 2,0 (1,0; 4,0), $p < 0,001$. Оценка баланса по шкале BBS показала лучший результат в группе исследования – 26,0 (17,0; 34,0) баллов, в группе сравнения – 18,0 (5,0; 29,0) баллов, $p < 0,001$. Δ BBS составил 18,0 (12,0; 24,5) и 6,5 (4,0; 11,0) баллов в первой и второй группах соответственно, $p < 0,001$.

При сравнении результатов лечения с помощью роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы отдельно и совместно с ВР не было получено статистически значимого снижения общего уровня инвалидизации по шкале NIHSS, итоговый балл по которой в третьей группе составил 7,5 (5,25; 8,75), в четвёртой – 4,0 (3,25; 6,5), $p = 0,065$. Δ NIHSS в обеих группах также сопоставима: 3,5 (2,0; 4,75) и 4,5 (4,0; 6,0) баллов соответственно ($p = 0,083$). По уровню нарастания силы, активных движений в поражённой нижней конечности и балансу совместное применение двух технологий оказалось эффективнее: итоговый балл по FMA-LE в третьей группе составил 16,5 (14,0; 21,75), в

четвёртой – 23,0 (20,75; 23,75), $p = 0,015$. Динамика баллов по Δ FMA-LE в третьей группе – 7,0 (6,0; 8,0) баллов, в четвёртой – 11,5 (9,0; 14,75) баллов с уровнем значимости $p = 0,003$. Итоговая оценка по шкале BBS в третьей группе 23,5 (19,5; 29,75) балла, в четвёртой – 34,5 (31,25; 39,0) балла, $p = 0,021$. Δ BBS составил в третьей группе 19,5 (13,25; 23,75) баллов, в четвёртой – 27,5 (20,75; 29,5) баллов, $p = 0,021$.

Применение ВР вместе со стандартизированной терапией позволило достичь лучших результатов в плане нарастания силы и активных движений в поражённой нижней конечности в 21,0 (15,0; 24,0) балл по FMA-LE по сравнению с применением роботизированной терапии и стандартизированных методов – 16,5 (14,0; 21,75) баллов ($p = 0,245$). Итоговый результат оценки баланса по шкале BBS также был лучше в первой группе и составил 26,0 (17,0; 34,0) баллов, в третьей группе – 23,5 (19,5; 29,75) балла ($p = 0,987$). Снижение общей инвалидизации по итоговым результатам шкалы NIHSS составило 7,0 (4,0; 9,0) баллов в первой группе и 7,5 (5,25; 8,75) баллов в третьей, $p = 0,617$. Хотя эти данные оказались статистически не значимы, ВР обладает рядом преимуществ перед роботизированным методом восстановления паттерна ходьбы в плане меньшего количества противопоказаний, простоты использования, не требует больших площадей, менее финансово, временно и энергозатратна.

Совместное применение ВР, роботизированной и стандартизированной терапии в целом показало большую эффективность. Итоговый балл по шкале FMA-LE в четвёртой группе составил 23,0 (20,75; 23,75), что выше, чем в первой – 21,0 (15,0; 24,0) балл ($p = 0,172$) и в третьей – 16,5 (14,0; 21,75) баллов ($p = 0,015$), при этом статистически значимой оказалась только разница с третьей группой, но по уровню Δ FMA-LE совместное применение ВР, роботизированного метода и стандартизированной терапии эффективнее результатов других групп с высоким уровнем значимости и составило 11,5 (9,0; 14,75) баллов, что выше результатов первой группы – 8,0 (6,0; 11,0) баллов ($p = 0,003$) и третьей группы – 7,0 (6,0; 8,0) баллов ($p = 0,003$). Итоговый результат по шкале BBS в четвёртой группе составил 34,5 (31,25; 39,0), что выше, чем в первой – 26,0 (17,0; 34,0) баллов ($p = 0,041$) и

третьей группой – 23,5 (19,5; 29,75) баллов ($p = 0,021$). Δ BBS также выше в четвертой группе – 27,5 (20,75; 29,5) баллов против 18,0 (12,0; 24,5) баллов первой группы ($p = 0,009$) и 19,5 (13,25; 23,75) баллов третьей группы ($p = 0,021$). По шкале NIHSS совместное применение ВР, роботизированной и стандартизированной терапии в целом не показало статистически значимой эффективности по сравнению с первой и третьей группами. Только один параметр Δ NIHSS в четвертой группе – 4,5 (4,0; 6,0) баллов был выше, чем в первой группе – 3,0 (2,0; 5,0) баллов с уровнем значимости $p = 0,009$.

Полученные данные, таким образом, позволяют сделать вывод об эффективности проведенного лечения у пациентов всех групп, однако при сравнении их между собой первая, третья и четвертая группы показали лучший результат по отношению ко второй группе (группа сравнения) с высоким уровнем значимости. Применение ВР и роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы по отдельности показало хорошие результаты, а совместное применение двух технологий оказалось эффективнее их отдельного использования в процессе восстановительного лечения моторного дефицита у пациентов в остром периоде ишемического инсульта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время инсульт занимает первое место среди всех причин ранней инвалидизации населения и одно из лидирующих мест в структуре общей смертности наряду с заболеваниями сердца и злокачественными опухолями (Мументалер М., 2019; Пирадов М.А. и соавт., 2019; Голохвастов С.Ю. и соавт., 2020; Севастьянов Д.В. и соавт., 2021; Cortes-Perez I. et al., 2020). Ежегодно в Российской Федерации происходит свыше 450-500 тысяч инсультов, при этом около 80% из них приходится на долю ИИ, из которых две трети возникают в бассейне внутренних сонных артерий (Кандыба Д.В., 2016; Самсонова Н.А. и соавт., 2016; Утеулиев Е.С. и соавт., 2017; Мументалер М., 2019; Голохвастов С.Ю. и соавт., 2020; Яхно Н.Н., 2021).

Более чем у 80% пациентов с ОНМК развивается клиника центрального пареза, чаще по гемитипу (Белова А.Н. и соавт., 2010; Мирютова Н.Ф. и соавт., 2017; Долганов М.В. и соавт., 2018; Куташов В.А. и соавт., 2018). По статистике к концу первого года гемипарезы отмечаются у половины больных, а у 40% двигательный дефицит остаётся пожизненно (Долганов М.В. и соавт., 2018; Пирадов М.А. и соавт., 2019). Двигательные нарушения являются самыми инвалидизирующими, приводя к заметному ухудшению качества жизни, а в самых тяжелых случаях – к невозможности самообслуживания и необходимости постоянной помощи окружающих (Епифанов В.А. и соавт., 2015; Шергешев В.И. и соавт., 2016; Севастьянов Д.В. и соавт., 2021; Miller E.L. et al., 2010). Около 30% пациентов нуждаются в постороннем уходе, 20% не могут самостоятельно ходить (Назарова С.К. и соавт., 2020). Примерно треть всех пациентов составляют лица трудоспособного возраста, и лишь около 25% из них возвращаются к труду (Титов Б.В. и соавт., 2015; Самсонова Н.А. и соавт., 2016; Пирадов М.А. и соавт., 2019). Следовательно, восстановление утраченных моторных функций после перенесенного ОНМК является актуальной медицинской и социальной проблемой.

В восстановлении нарушений у пациентов с инсультом ключевую роль играет нейрореабилитация, которая представляет из себя сложный процесс

междисциплинарного комплексного лечения и проведения восстановительных мероприятий с обязательным применением методов медицинского, медико-психологического, медико-педагогического и медико-социального воздействия (Иванова Н.Е. и соавт., 2014; Иванова Г.Е. и соавт., 2018). Естественные компенсаторные механизмы, направленные на восстановление утраченных функций у постинсультных пациентов, особенно выражены на ранних этапах заболевания (Турузбекова Б.Д. и соавт., 2023), поэтому важным моментом является ранняя вертикализация, которая считается одним из самых эффективных механизмов всего реабилитационного процесса в целом, способствуя ускорению темпа восстановления, а также снижая вероятность декомпенсации соматической патологии и развития постинсультных осложнений (Самсонова Н.А. и соавт., 2016; Мирютова Н.Ф. и соавт., 2017; Пономаренко, Г.Н., 2017; Фахретдинов В.В. и соавт., 2019; Таламова И.Г. и соавт., 2023; Турузбекова Б.Д. и соавт., 2023). Наибольшая эффективность проводимой реабилитации наблюдается в течение первого года после развития инсульта (Самсонова Н.А. и соавт., 2016; Пономаренко Г.Н., 2018; Фахретдинов В.В. и соавт., 2019).

Несмотря на все существующие подходы к восстановлению моторных функций у постинсультных больных, около одной трети выживших пациентов с ОНМК становятся инвалидами и нуждаются в пожизненной медико-социальной поддержке (Дзюева С.С. и соавт., 2017; Севастьянов Д.В. и соавт., 2021). Из-за выраженного двигательного дефицита многие подходы к активной реабилитации могут быть не применимы. Возникает необходимость совершенствования методов реабилитации и разработки принципиально новых подходов.

В поисках таких подходов исследуются новые технологии, среди которых можно выделить ВР, которая позволяет моделировать виртуальную среду и обеспечить мультисенсорное воздействие на пациента для тренировки необходимых двигательных навыков (Краснова-Гольева В.В. и соавт., 2015; Хижнякова А.Е. и соавт., 2016; Шаймарданова К.Р. и соавт., 2017; Долганов М. В. и соавт., 2018; Фахретдинов В. В. и соавт., 2019; Cortes-Perez I. et al., 2020). ВР представляется симуляцией реальной среды с помощью компьютера,

позволяющей воспроизвести практически любую ситуацию через различные ощущения пациента (слуховые, зрительные, обонятельные и др.) и вовлечь его в целенаправленное, повторяющееся и интенсивное обучение (Воловик М.Г. и соавт., 2018; Riener R. et al., 2012; Cortes-Perez I. et al., 2020; Khokale R. et al., 2023). Преимуществом ВР является то, что это технология пассивной реабилитации, то есть возможно её применение у пациентов с любым уровнем моторного дефицита, несмотря на наличие или отсутствие противопоказаний к активным методам воздействия (Mekbib D.B. et al., 2020; Hao J. et al, 2023).

Настоящая работа выполнена в виде клинического проспективного экспериментального рандомизированного контролируемого исследования, в которое вошло 223 пациента с диагнозом ИИ и степенью пареза поражённой нижней конечности не более 3 баллов по пятибалльной шкале оценки мышечной силы. Пациентам проводилось всё необходимое клиничко-неврологическое обследование, согласно стандартам, включая КТ и / или МРТ головного мозга. Первую группу или группу исследования составили 105 пациентов, которые в дополнении к стандартизированной терапии получали занятия на аппарате ВР ReviVR. Во вторую группу – группу сравнения, вошло 102 пациента, которые получали только стандартизированную терапию ИИ. В третью группу вошло 8 пациентов, которые получали занятия на роботизированном тренажере RT-600 и стандартизированную терапию. Четвёртую группу составили 8 пациентов, получавших в дополнение к стандартной терапии занятия на аппаратах ReviVR и RT-600. Группы больных были сопоставимы по возрасту, полу, характеристикам инсульта, степени выраженности пареза.

Наблюдение за пациентами всех групп проводилось с первого визита в остром периоде ИИ до момента выписки из стационара. Оценка неврологического дефицита производилась согласно стандартизированным шкалам, включая NIHSS, а также для детального анализа двигательных функций использовались дополнительные шкалы FMA-LE и BBS. Анализ по всем шкалам проводился каждый день с момента включения пациента в исследование до момента выписки. Конечной точкой результатов лечения явились показатели шкал на момент

выписки пациента из стационара. Начальной точкой для пациентов первой, третьей и четвёртой групп явился день начала занятий на аппарате ReviVR или RT-600, а для пациентов группы сравнения – третий день после поступления в стационар, либо после стабилизации состояния.

За последние десятилетия проведено много исследований, касающихся применения ВР у пациентов с неврологической патологией, включая ИИ. Во многих из них был показан положительный эффект в отношении снижения степени инвалидизации, улучшения равновесия и ходьбы, моторики рук (Краснова-Гольева В.В. и соавт., 2015; Cortes-Perez I. et al., 2020). Вместе с тем, проведено крайне мало исследований относительно комплексной оценки эффективности ВР в постинсультной реабилитации с большим объёмом выборки: в большинстве случаев речь идёт о нескольких десятках пациентов (Ikbali Afsar S. et al., 2018; Cho D.R. et al., 2019; Kim W.S. et al., 2020; Miclaus R. et al., 2020; Mekbib D.V. et al., 2021; Xie H. et al., 2021; Dabrowska M. et al., 2023; Huang Q. et al., 2023). Большинство исследований сосредоточены на оценке влияния ВР на функции только верхней конечности (Черникова Л.А. и соавт., 2011; Каерова Е.В. и соавт., 2021; Rand D. et al., 2014; Brunner I. et al., 2017; Ikbali Afsar S. et al., 2018; Kiper P. et al., 2018; Karamians R. et al., 2020; Kim W.S. et al., 2020; Miclaus R. et al., 2020; Mekbib D.V. et al., 2021; Xie H. et al., 2021; Chen J. et al., 2022). Поэтому оценка эффективности влияния ВР на восстановление двигательных функций поражённой нижней конечности у пациентов с ИИ является актуальной задачей.

Применение ВР в группе исследования показало эффективность по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS у пациентов группы исследования снизился с 10,0 (8,0; 12,0) до 7,0 (4,0; 9,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,814$, $p < 0,001$). Улучшение моторной функции поражённой нижней конечности по шкале FMA-LE отмечено с 9,0 (4,0; 15,0) до 21,0 (15,0; 24,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,668$, $p < 0,001$). Улучшение баланса, согласно шкале BBS, произошло с 4,0 (0,5; 12,0) до 26,0 (17,0; 34,0) баллов (критерий Вилкоксона, $z = -8,854$, $p < 0,001$).

Стандартизированные методы лечения пациентов группы сравнения также

показали хорошие результаты по всем трём шкалам с высоким уровнем значимости. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS снизился с 10,5 (7,0; 14,0) до 9,0 (5,0; 13,0) баллов ($p < 0,001$). Нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE составило с 16,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (7,0; 22,0) баллов с ($p < 0,001$). Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 7,0 (4,0; 18,0) до 18,0 (5,0; 29,0) баллов ($p < 0,001$).

При сравнении результатов группы исследования с группой сравнения использовали показатели Δ NIHSS, Δ FMA-LE и Δ BBS. По шкале NIHSS снижение инвалидизации в первой группе произошло на 3,0 (2,0; 5,0) балла против 2,0 (0,75; 2,0) баллов у пациентов второй группы ($p < 0,001$). Нарастание моторной функции пораженной нижней конечности по шкале FMA-LE в группе исследования было больше и составило 8,0 (6,0; 11,0) баллов, в группе сравнения – 2,0 (1,0; 4,0) балла ($p < 0,001$). Улучшение баланса по шкале BBS также было выше у пациентов первой группы и составило 18,0 (12,0; 24,5) баллов, во второй группе – 6,5 (4,0; 11,0) баллов ($p < 0,001$). При этом итоговый результат также лучше у пациентов, проходивших занятия в ВР. Балл по шкале NIHSS снизился до 7,0 (4,0; 9,0) по сравнению с 9,0 (5,0; 13,0) баллами группы сравнения ($p < 0,001$). Балл «Е» по FMA-LE после проведенного лечения в первой группе составил 21,0 (15,0; 24,0), во второй – 18,0 (7,0; 22,0), $p = 0,002$. Оценка баланса по шкале BBS показала лучший результат в группе исследования – 26,0 (17,0; 34,0) баллов, в группе сравнения – 18,0 (5,0; 29,0) баллов, $p < 0,001$. Полученные результаты совпадают с данными литературы об эффективности ВР в восстановлении баланса пациентов с ИИ, при этом были получены данные о положительном влиянии на силу и активные движения поражённой нижней конечности, тогда как в литературе нет единого мнения по данному вопросу.

Ещё одним новым перспективным подходом к восстановлению утраченных моторных функций является применение роботизированных систем, которые обладают широкими возможностями моделирования степени двигательного участия пациента (Пономаренко Г.Н., 2017; Фахретдинов В.В. и соавт., 2019; Юденко И.Э. и соавт., 2023; Nankaku M. et al., 2020). Данные устройства всё шире

внедряются в медицинскую практику и позволяют контролировать включённость определенных групп мышц, разгружать вес пациента, многократно повторять необходимые упражнения (Фролов А.А. и соавт., 2017; Конева Е.С. и соавт., 2020; Ушаков Д.И. и соавт., 2021; Янчева М.А., 2024).

Проведенный анализ существующих исследований по оценке влияния роботизированных устройств на восстановление моторных функций при парезе нижних конечностей показал в целом неоднозначные результаты. Многие исследователи подчеркивают положительное влияние данной технологии на улучшение координации и походки и отсутствие значимого влияния на спастичность нижних конечностей (Bergmann J. et al., 2018; Kim H.Y. et al., 2019; Kayabinar B. et al., 2021; Choi W., 2022; Lee J. et al., 2022). В некоторых исследованиях были получены данные об увеличении силы нижних конечностей с помощью роботизированных методов по сравнению с традиционной терапией (Lee J. et al., 2022; Lin Y.N. et al., 2022).

Добавление роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы к стандартным методам реабилитации пациентов с ИИ оказалось эффективным. Уровень инвалидизации по шкале NIHSS у пациентов третьей группы снизился с 12,0 (6,5; 13,75) до 7,5 (5,25; 8,75) баллов ($p = 0,012$). Улучшение баланса согласно шкале BBS составило с 5,5 (4,0; 7,5) до 23,5 (19,5; 29,75) баллов ($p = 0,012$). Полученные результаты совпадают с литературными данными, согласно которым роботизированная терапия оказывает положительное влияние на баланс пациентов с ИИ. Однако не имеется единого мнения по влиянию данного метода на силу поражённой нижней конечности. В настоящем исследовании нарастание моторной функции поражённой нижней конечности в третьей группе по шкале FMA-LE составило с 9,0 (5,0; 14,75) до 16,5 (14,0; 21,75) баллов ($p = 0,011$). Согласно исследованию Y.N. Lin et al. (2022), в котором двигательная функция нижней конечности также оценивалась по FMA-LE, в результате применения роботизированной терапии динамика по данной шкале составила с 7,0 ($\pm 4,7$) до 16,5 ($\pm 7,2$) баллов с уровнем значимости $p = 0,014$ (Lin Y.N. et al., 2022). Результаты настоящего исследования, таким образом, подтверждают эти данные.

Проведение сравнения результатов использования ВР совместно со стандартизированной терапией и роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы совместно со стандартизированной терапией не показало статистически значимых различий, хотя итоговый результат нарастания силы и активности движений в пораженной нижней конечности по FMA-LE выше в первой группе и составил 21,0 (15,0; 24,0) балл, в третьей группе - 16,5 (14,0; 21,75) баллов ($p = 0,245$). Итоговый результат оценки баланса по шкале BBS также лучше в первой группе и составил 26,0 (17,0; 34,0) баллов, в третьей группе – 23,5 (19,5; 29,75) балла ($p = 0,987$). Снижение общей инвалидизации по итоговым результатам шкалы NIHSS составило 7,0 (4,0; 9,0) баллов в первой группе и 7,5 (5,25; 8,75) баллов в третьей, $p = 0,617$. Хотя эти данные оказались статистически незначимы, ВР обладает рядом преимуществ над роботизированной терапией для восстановления паттерна ходьбы в плане меньшего количества противопоказаний, простоты использования, не требует больших площадей, менее финансово, временно и энергозатратна.

Совместное применение ВР, роботизированной и стандартизированной терапии показало лучший результат. Итоговый балл по шкале FMA-LE в четвертой группе составил 23,0 (20,75; 23,75), что выше, чем в первой – 21,0 (15,0; 24,0) балл ($p = 0,172$) и третьей – 16,5 (14,0; 21,75) баллов (0,015), при этом статистически значимой оказалась только разница при сравнении с роботизированной терапией отдельно. Но по уровню Δ FMA-LE результат четвертой группы лучше с высоким уровнем значимости и составил 11,5 (9,0; 14,75) баллов, что выше результатов первой группы – 8,0 (6,0; 11,0) баллов ($p = 0,003$) и третьей группы – 7,0 (6,0; 8,0) баллов ($p = 0,003$). Итоговый результат по шкале BBS в четвертой группе составил 34,5 (31,25; 39,0), что выше, чем в первой – 26,0 (17,0; 34,0) баллов ($p = 0,041$) и третьей группах – 23,5 (19,5; 29,75) баллов ($p = 0,021$). Δ BBS также выше в четвертой группе – 27,5 (20,75; 29,5) баллов против 18,0 (12,0; 24,5) баллов первой группы ($p = 0,009$) и 19,5 (13,25; 23,75) баллов третьей группы ($p = 0,021$). По шкале NIHSS совместное применение ВР, роботизированного метода и стандартизированной терапии в

целом не показало статистически значимой эффективности по сравнению с другими группами. Только один параметр Δ NIHSS в четвертой группе 4,5 (4,0; 6,0) баллов выше, чем в первой группе – 3,0 (2,0; 5,0) баллов с уровнем значимости $p = 0,009$.

По уровню нарастания моторных функций нижней конечности Δ FMA-LE пациенты четвертой группы показали лучшие результаты: значение составило 11,5 (9,0; 14,75) баллов по сравнению с 8,0 (6,0; 11,0) баллами первой группы ($p = 0,016$) и 7,0 (6,0; 8,0) баллами третьей группы ($p = 0,003$). Улучшение баланса Δ BBS в четвертой группе также было лучше и составило 27,5 (20,75; 29,5) баллов по сравнению с 18,0 (12,0; 24,5) баллами группы исследования ($p = 0,009$) и 19,5 (13,25; 23,75) баллами третьей группы ($p = 0,021$).

Таким образом, доказана эффективность применения ВР в отношении восстановления моторных функций пораженной нижней конечности у пациентов в остром периоде ИИ по сравнению с традиционными методами как по итоговым результатам по всем исследуемым шкалам, так и по степени снижения инвалидизации и нарастания моторных функций. ВР как метод пассивной реабилитации в целом оказался эффективнее методики активной реабилитации в виде роботизированного метода восстановления паттерна ходьбы. Совместное применение ВР, роботизированного метода и стандартизированной терапии обеспечили наилучшие результаты в плане увеличения силы, активных движений в пораженной нижней конечности и баланса.

ВЫВОДЫ

1. Методика виртуальной реальности с использованием аппарата ReviVR позволяет достигнуть лучшего восстановления нарушенной двигательной функции в нижней конечности у пациентов в остром периоде ишемического инсульта по сравнению с применением только стандартных методов терапии: итоговый балл по шкале FMA-LE в группе исследования составил 21,0 (15,0; 24,0) против 18,0 (7,0; 22,0) в группе сравнения с высоким уровнем значимости ($p = 0,002$); нарастание двигательных функций Δ FMA-LE значительно выше в группе исследования – 8,0 (6,0; 11,0) баллов против 2,0 (1,0; 4,0) в группе сравнения с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$).

2. Занятия в виртуальной реальности на аппарате ReviVR в дополнение к стандартизированной терапии являются эффективным методом улучшения баланса у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. Анализ по шкале BBS показал итоговый результат 26,0 (17,0; 34,0) баллов, что лучше показателя в группе сравнения – 18,0 (5,0; 29,0) баллов с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$). Параметр Δ BBS, отражающий динамику показателей баланса, также значительно выше у пациентов, проходивших занятия в виртуальной реальности, и составил 18,0 (12,0; 24,5) баллов, что выше результата пациентов группы сравнения – 6,5 (4,0; 11,0) баллов с высоким уровнем значимости ($p < 0,001$).

3. Виртуальная реальность в качестве дополнительного метода двигательной реабилитации пациентов в остром периоде ишемического инсульта не уступает по эффективности роботизированным методикам восстановления паттерна ходьбы. По шкале NIHSS показатели в группах составили 7,0 (4,0; 9,0) и 7,5 (5,25; 8,75) баллов без статистически значимой разницы ($p = 0,617$). Параметр Δ NIHSS, отражающий динамику состояния, также составил 3,0 (2,0; 5,0) и 3,5 (2,0; 4,75) баллов соответственно ($p = 0,887$), оценка силы и активных движений по шкале FMA-LE – 21,0 (15,0; 24,0) и 16,5 (14,0; 21,75) баллов без статистически значимой разницы ($p = 0,245$), параметр нарастания силы и активных движений Δ FMA-LE – 8,0 (6,0; 11,0) и 7,0 (6,0; 8,0) баллов без статистически значимой разницы ($p = 0,366$). Итоговые значения баланса по шкале BBS – 26,0 (17,0; 34,0)

и 23,5 (19,5; 29,75) баллов ($p = 0,987$), Δ BBS – 18,0 (12,0; 24,5) и 19,5 (13,25; 23,75) баллов соответственно ($p = 0,724$).

4. Метод виртуальной реальности обладает рядом преимуществ перед роботизированным методом восстановления паттерна ходьбы: будучи пассивным методом реабилитации, виртуальная реальность может применяться у большего числа пациентов, в том числе находящихся в лежачем положении из-за неврологического дефицита; нет необходимости создания отдельных больших реабилитационных кабинетов, и стоимость оборудования существенно ниже и составляет в среднем от 100 до 300 тысяч рублей. Роботизированные комплексы являются более временно-, ресурсо- и энергозатратными, а их стоимость составляет, как правило, от нескольких миллионов до десятков миллионов рублей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Занятия в виртуальной реальности с помощью аппарата ReviVR показаны пациентам с клиникой центрального пареза нижней конечности в остром периоде ишемического инсульта в дополнении к стандартизированным методикам реабилитации независимо от степени пареза, даже при низком уровне двигательной активности и невозможности использования активных методов терапии.

2. Метод виртуальной реальности не следует использовать у больных с выраженными зрительными нарушениями, эпилепсией или предрасположенностью к ней.

3. Занятия в виртуальной реальности как реабилитационную методику возможно и необходимо сочетать со всеми другими методами медицинской реабилитации.

4. Рекомендованное время проведения одного занятия составляет 15 минут. При возникновении дискомфорта у пациента, особенно на первом сеансе, время занятия можно сократить. Курс лечения виртуальной реальности должен составлять 10 сеансов для пациентов в остром периоде ишемического инсульта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аппаратно–программные технологии в реабилитации постинсультных больных / Д. И. Ушаков, Л. А. Камышникова, А. Ю. Алейников [и др.] // Научный результат. Информационные технологии. – 2021. – Т. 6, № 1. – С. 3–12.
2. Бандаков, М. П. Обоснование содержания методики физической реабилитации последствий инсульта в различные периоды заболевания / М. П. Бандаков, Г. В. Ковязина // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. – 2011. – № 1–3. – С. 90–94.
3. Барулин, А. Е. Нейрореабилитация при инсульте / А. Е. Барулин, О. В. Курушина, Е. П. Черноволенко // Нервные болезни. – 2021. – № 1. – С. 72–77.
4. Батчаева, М. М. Современные представления о нейропластичности / М. М. Батчаева, А. И. Раевская, И. А. Вышлова // Вестник молодого ученого. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 22–27.
5. Бектемирова, С. Н. Рефлексотерапия в комплексном восстановительном лечении больных ишемическим инсультом / С. Н. Бектемирова, М. Н. Насруллаев // Вестник современной клинической медицины. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 16–19.
6. Белова, А. Н. Нейрореабилитация / А. Н. Белова, С. В. Прокопенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2010. – 1288 с.
7. Биохимический и клинический взгляд на нейротрофический фактор мозга (BDNF) / Ю. И. Доян, Ю. К. Сидорова, О. А. Кичерова [и др.] // Медицинская наука и образование Урала. – 2018. – Т. 19, № 1. – С. 165–169.
8. Валидация Шкалы баланса Берг в России / Н. А. Супонева, Д. Г. Юсупова, А. А. Зимин [и др.] // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2021. – № 13(3). – С. 12–18.
9. Венцак, Е. В. Физиотерапия : учебное пособие / Е. В. Венцак. – Иркутск : ИГМУ, 2020. – 142 с.

10. Виртуальная реальность как метод восстановления двигательной функции руки / А. Е. Хижникова, А. С. Клочков, А. М. Котов–Смоленский [и др.] // Клиническая неврология. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 5–12.
11. Восстановление двигательной функции верхних конечностей после инсульта / Е. В. Каерова, Н. С. Журавская, Е. А. Козина [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2021. – Т. 20, № 1. – С. 21–26.
12. Данилов, А. Б. Междисциплинарная медицина / А. Б. Данилов, О. В. Курушина, А. Е. Барулин // Терапия. – 2017. – Т. 3, № 7. – С. 6–11.
13. Двигательная реабилитация пациентов в остром периоде инсульта с использованием технологии виртуальной реальности / А. В. Захаров, Е. В. Хивинцева, С. С. Чаплыгин [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. – 2021. – Т. 121, № 8–2. – С. 71–75.
14. Долганов, М. В. Эффективность применения технологий виртуальной реальности при постинсультном парезе верхней конечности / М. В. Долганов, М. И. Карпова // Пермский медицинский журнал. – 2018. – Т. 35, № 1. – С. 60–67.
15. Епифанов, В. А. Реабилитация в неврологии / В. А. Епифанов, А. В. Епифанов. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2015. – 416 с.
16. Ильина, И. В. Медицинская реабилитация : учебник для вузов / И. В. Ильина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 333 с.
17. Ишемический инсульт как комплексное полигенное заболевание / Б. В. Титов, Н. А. Матвеева, М. Ю. Мартынов [и др.] // Молекулярная биология. – 2015. – Т. 49, № 2. – С. 224.
18. Кадыков, А. С. Реабилитация неврологических больных / А. С. Кадыков, Л. А. Черникова, Н. В. Шахпаронова. – 3-е изд. – Москва : МЕДпресс–информ, 2014. – 560 с.
19. Как организовать медицинскую реабилитацию? / Г. Е. Иванова, Е. В. Мельникова, А. А. Белкин [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2018. – № 2(84). – С. 2–12.

20. Кандыба, Д. В. Инсульт / Д. В. Кандыба // Российский семейный врач. – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 5–15.
21. Клинико–анамнестические данные, влияющие на исход реабилитации в виртуальной реальности у пациентов, перенесших церебральный инсульт / М. А. Шурупова, А. Д. Айзенштейн, А. К. Трофимова [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2021. – Т. 121, № 12–2. – С. 33–40.
22. Клинико–лабораторная оценка эффективности ранней реабилитации пациентов с инсультом с применением вспомогательных роботизированных механизмов / Е. С. Королева, В. М. Алифирова, Н. Г. Бразовская [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. – 2019. – Т. 18, № 4. – С. 55–62.
23. Клиническая эффективность технологий виртуальной реальности в восстановлении функции верхней конечности после инсульта / Н. И. Слепнева, В. Д. Даминов, Э. В. Новак [и др.] // Вестник Национального медико–хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 80–85.
24. Клинические рекомендации «нейрореабилитации в нейрохирургии» / Н. Е. Иванова, Г. Е. Иванова, В. В. Кирьянова [и др.]. – Санкт–Петербург, 2014. – 51 с.
25. Ключихина, О. А. Анализ эпидемиологических показателей инсульта по данным территориально–популяционных регистров 2009–2012 гг. / О. А. Ключихина, Л. В. Стаховская // Журнал неврологии и психиатрии. – 2014. – № 6. – С. 63–69.
26. Ковальчук, В. В. Пациенты после инсульта: особенности ведения и реабилитация / В. В. Ковальчук // Сибирское медицинское обозрение. – 2017. – № 1. – С. 99–106.
27. Кожина, А. В. Фармакотерапия больных, перенесших ишемический инсульт, в период реабилитации / А. В. Кожина, О. С. Левин // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2015. – № 1. – С. 4–11.

28. Колчина, Е. Ю. Восстановление функции ходьбы после перенесенного инсульта / Е. Ю. Колчина // Морфологический альманах имени В. Г. Ковешникова. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 93–97.
29. Комарницкий, В. С. Нейрореабилитация после церебрального инсульта: механизмы нейропластичности, биомаркеры исхода и инструменты оценки эффективности проводимых реабилитационных мероприятий (литературный обзор) / В. С. Комарницкий, Р. А. Бодрова // Евразийский союз ученых. Серия: медицинские, биологические и химические науки. – 2023. – № 3–1(104). – С. 3–16.
30. Комплексная этапная реабилитация больных после острого нарушения мозгового кровообращения / Н. Ф. Мирютова, В. А. Чистякова, В. А. Воробьев [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2017. – Т. 94, № 2. – С. 4–11.
31. Комплексное применение лечебной физкультуры и рефлексотерапии у пациентов с ишемическим инсультом в острый период / Е. В. Павлущенко, Л. Я. Петрова, Л. И. Кисель [и др.] // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2023. – № 4(94). – С. 64–68.
32. Краснова-Гольева, В. В. Виртуальная реальность в реабилитации после инсульта / В. В. Краснова-Гольева, М. А. Гольев // Современная зарубежная психология. – 2015. – Т. 4, № 4. – С. 39–44.
33. Куташов, В. А. Применение транскраниальной магнитной стимуляции при комплексном лечении пациентов с ишемическим инсультом в позднем восстановительном периоде с лечебно-реабилитационных позиций / В. А. Куташов, О. В. Ульянова // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – №3. – С. 73–80.
34. Левин, О. С. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации / О. С. Левин, А. Н. Боголепова // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2020. – Т. 120, № 11. – С. 99–107.

35. Максимов, А. В. Токи широкополосной модуляции в физиотерапии и реабилитации : учебное пособие / А. В. Максимов, В. В. Кирьянова. – Санкт–Петербург : СЗГМУ им. И. И. Мечникова, 2017. – 60 с.
36. Маркин, С. П. Реабилитация постинсультных больных с двигательными нарушениями / С. П. Маркин // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2013. – Т. 113, № 9–2. – С. 59–61.
37. Метаболический контроль и нутритивная поддержка в реабилитации больных с ПИТ–синдромом / И. Н. Лейдерман, А. А. Белкин, Р. Т. Рахимов [и др.] // Consilium Medicum. – 2016. – Т. 18, № 2–1. – С. 48–52.
38. Методы коррекции нарушений равновесия у больных, перенесших инсульт / С. Б. Исмаилова, В. С. Ондар, К. В. Чуракова [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2019. – Т. 119, № 5–2. – С. 317.
39. Мещерякова, А. В. Особенности применения повторяющейся транскраниальной магнитной стимуляции в постинсультном периоде / А. В. Мещерякова, М. Б. Норбобаева // Modern Science. – 2023. – № 2–1. – С. 36–40.
40. Мокиенко, О. А. Инсульт у взрослых: центральный парез верхней конечности / О. А. Мокиенко, Н. А. Супонева. – Москва, 2018. – 224 с.
41. Мокиенко, О. А. Основанный на воображении движений интерфейс мозг–компьютер в реабилитации пациентов с гемипарезом / О. А. Мокиенко, П. Д. Бобров, Л. А. Черникова // Бюллетень сибирской медицины. – 2013. – № 12(2). – С. 30–35.
42. Мументалер, М. Неврология / М. Мументалер, Х. Маттле ; пер. с нем. ; под общ. ред. О. С. Левина. – 4–е изд. – Москва : МЕДпресс–информ. – 2019. – 920 с.
43. Назарова, С. К. Постинсультная реабилитация больных как социально–гигиеническая проблема / С. К. Назарова, З. И. Оташехов, Д. Д. Мирдадаева // Новый день в медицине. – 2020. – № 2(30). – С. 449–452.
44. Неврология : национальное руководство. В 2 томах. Том 1 / под ред. Е. И. Гусев, А. Н. Коновалов, В. И. Скворцова. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2022. – 880 с.

45. Неврология XXI века: диагностические, лечебные и исследовательские технологии. Руководство для врачей. В 3 томах. Том 1 / М. А. Пирадов, С. Н. Иллариошкина, М. М. Танашян [и др.]. – Москва : АТМО, 2015. – 488 с.
46. Новые возможности нейропротективной терапии пациентов в остром и раннем восстановительном периоде ишемического инсульта / М. М. Танашян, А. А. Раскуражев, К. Я. Заславская [и др.] // Терапевтический архив. – 2022. – Т. 94, № 6. – С. 748–755.
47. Одинак, М. М. Нервные болезни : учебник для медицинских вузов / М. М. Одинак. – Санкт–Петербург : СпецЛит, 2014 – 526 с.
48. Оптимизация реабилитационного процесса у пациента в остром периоде инсульта на основе механотерапии и когнитивной стимуляции с использованием планшетных технологий / В. И. Шергешев, Ю. В. Плясова, С. В. Котов [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2016. – Т. 44, № 3. – С. 369–375.
49. Организационные и научно–обоснованные аспекты применения рефлексотерапии в медицинской реабилитации пациентов с инсультом / А. С. Ясинская, Р. Я. Нагаев, С. Г. Ахмерова [и др.] // Международный научно–исследовательский журнал. – 2022. – № 10(124). – С. 1–5.
50. Основы физической реабилитации : учебник / И. Г. Таламова, Н. М. Курч, А. Н. Налобина [и др.]. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. – 355 с.
51. Особенности ишемического инсульта у лиц молодого возраста / С. Ю. Голохвастов, С. Н. Янишевский, В. О. Никишин [и др.] // Известия Российской военно–медицинской академии. – 2020. – Т. 39, № 3–2. – С. 39–43.
52. Особенности реабилитации пациентов пожилого возраста с повторными инсультами / Н. Е. Иванова, М. Ю. Ефимова, Т. М. Алексеева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 6. – С. 182.

53. Оценка эффективности восстановления навыков ходьбы с помощью реабилитационного роботизированного комплекса / И. Э. Юденко, А. И. Попова, Ю. Е. Викторова [и др.] // Северный регион: наука, образование, культура. – 2023. – № 3(55). – С. 77–83.
54. Павлов, К. И. Физиологические механизмы нейропластичности как основа психических процессов и социально–профессиональной адаптации (часть 1) / К. И. Павлов, В. Н. Мухин // Психология. Психофизиология. – 2021. – Т. 14, № 3. – С. 119–136.
55. Пирадов, М. А. Инсульт: пошаговая инструкция / М. А. Пирадов, М. Ю. Максимова, М. М. Танащян. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2019. – 272 с.
56. Применение ранней вертикализации в нейрореабилитации / Г. Ш. Мамбетова, Ж. Т. Такенов, А. С. Мустафаева [и др.] // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2018. – № 4(53). – С. 26–34.
57. Применение технологии виртуальной реальности при восстановлении движений в паретичной руке у больных, перенесших инсульт / Л. А. Черникова, М. Е. Иоффе, Р. А. Прокопенко [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2011. – Т. 10, № 3. – С. 3–7.
58. Прогностические возможности транскраниальной магнитной стимуляции для прогнозирования двигательного восстановления пациентов, перенесших инсульт / М. А. Назарова, П. А. Новиков, В. В. Никулин [и др.] // Нервно–мышечные болезни. – 2020. – № 10(1). – С. 64–74.
59. Реабилитация инвалидов : национальное руководство / под ред. Г. Н. Пономаренко. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2018. – 736 с.
60. Роботизированные устройства в реабилитации после инсульта / А. А. Фролов, И. Б. Козловская, Е. В. Бирюкова [и др.] // Журнал высшей нервной деятельности. – 2017. – Т. 67, № 4. – С. 394–413.
61. Романенко, А. В. Механизмы гипоксически–ишемического повреждения мозга при инсульте, пути коррекции / А. В. Романенко, Э. Ю. Соловьева // Нервные болезни. – 2021. – № 1. – С. 18–27.

62. Романчук, Н. П. Нейрофизиологические и биофизические принципы нейропластичности / Н. П. Романчук, В. Ф. Пятин, А. Н. Волобуев // *Здоровье и образование в XXI веке.* – 2017. – № 2. – С. 97–100.
63. Самсонова, Н. А. Клиническая и экспертная характеристика больных с инсультом, впервые признанных инвалидами / Н. А. Самсонова, М. И. Карпова, М. Г. Москвичева // *Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке.* – 2016. – Т. 18, № 10. – С. 35–41.
64. Сидякина, И. В. Эффективность и безопасность ранней аппаратной вертикализации при тяжелом и крайне тяжелом инсульте / И. В. Сидякина // *Вестник восстановительной медицины.* – 2011. – № 4(44). – С. 2–5.
65. Скворцова, В. И. Медико–организационные принципы различных методов реабилитации больных после инсульта / В. И. Скворцова, Г. С. Алексеева. – Москва, 2013. – 136 с.
66. Скоромец, А. А. Нервные болезни : учебное пособие / А. А. Скоромец, А. П. Скоромец, Т. А. Скоромец. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2024. – 584 с.
67. Скоромец, А. А. Топическая диагностика заболеваний нервной системы. Руководство для врачей / А. А. Скоромец, А. П. Скоромец, Т. А. Скоромец. – Санкт–Петербург : Политехника, 2021. – 663 с.
68. Снижение смертности от острых нарушений мозгового кровообращения в результате реализации комплекса мероприятий по совершенствованию медицинской помощи пациентам с сосудистыми заболеваниями в Российской Федерации / В. И. Скворцова, И. М. Шетова, Е. П. Какорина [и др.] // *Профилактическая медицина.* – 2018. – № 21(1). – С. 4–10.
69. Современные аспекты патофизиологии нарушений ходьбы у пациентов после инсульта и особенности их реабилитации / С. Е. Хатькова, Е. В. Костенко, М. А. Акулов [и др.] // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* – 2019. – Т. 119, № 12–2. – С. 43–50.
70. Современные подходы к реабилитации больных после инсульта / С. Е. Хатькова, М. А. Акулов, О. Р. Орлова [и др.] // *Нервные болезни.* – 2016. – № 3. – С. 27–33.

71. Современные подходы к реабилитации больных, перенесших инсульт / М. Ф. Ибрагимов, Ф. А. Хабиров, Т. И. Хайбуллин [и др.] // Практическая медицина. – 2012. – № 2(57). – С. 74–79.
72. Современные технологии реабилитации пациентов с двигательными нарушениями в раннем восстановительном периоде мозгового инсульта (обзор) / А. Е. Хрулев, К. М. Курятникова, А. Н. Белова [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2022. – Т. 14, № 6. – С. 64–78.
73. Сорокоумов, В. А. Вторичная профилактика инсульта на третьем этапе реабилитации: содержание и организация / В. А. Сорокоумов, Ю. Д. Богатенкова // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова. – 2016. – № 23(3). – С. 68–69.
74. Стаховская, Л. В. Инсульт : руководство для врачей / Л. В. Стаховская, С. В. Котов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Медицинское информационное агентство, 2018. – 488 с.
75. Структура инсультов мозга и их факторов риска / С. С. Дзуева, Ф. А. Жамборова, Р. М. Арамисова [и др.] // Евразийский союз ученых. – 2017. – № 10–1(43). – С. 27–28.
76. Султанова, И. В. Лечение злокачественного ишемического инсульта (клиническое наблюдение) / И. В. Султанова, А. Р. Зайцева // Вестник современной клинической медицины. – 2015. – Т. 8. – С. 114–122.
77. Тайманова, И. В. Нетипичный инсульт / И. В. Тайманова // Universum: медицина и фармакология. – 2017. – № 10(43). – С. 4–6.
78. Теоретические и практические принципы нейрореабилитации пациентов, перенесших инсульт / В. В. Ковальчук, Т. Н. Хайбуллин, И. Б. Зуева [и др.] // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуск. – 2018. – Т. 118 (9–2). – С. 55–62.
79. Технологии виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации пациентов с ограниченными возможностями (обзор) / М. Г. Воловик, В. В. Борзиков, А. Н. Кузнецов [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2018. – Т. 10, № 4. – С. 173–182.

80. Технологии виртуальной реальности в медицинской реабилитации, как пример современной информатизации здравоохранения / О. Э. Карпов, В. Д. Даминов, Э. В. Новак [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. – 2020. – Т. 15, № 1. – С. 89–98.
81. Транскраниальная магнитная стимуляция в клинической и исследовательской практике / М. А. Пирадов, И. С. Бакулин, А. Х. Забирова [и др.]. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2024. – 584 с.
82. Трифонов, А. А. Современные тенденции роботизированной нейрореабилитации / А. А. Трифонов, Е. В. Петрунина, Л. П. Лазурина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 3(55). – С. 61–66.
83. Турузбекова, Б. Д. Ранняя вертикализация больных после инсульта: клинические и нейрофизиологические аспекты. Литературный обзор / Б. Д. Турузбекова, М. А. Батыров // Нейрохирургия и неврология Казахстана. – 2023. – № 1(70). – С. 31–39.
84. Фахретдинов, В. В. Современные подходы к реабилитации пациентов, перенесших инсульт / В. В. Фахретдинов, Н. С. Брынза, А. А. Курмангулов // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 182–189.
85. Физическая и реабилитационная медицина : национальное руководство / под ред. Г. Н. Пономаренко. – Москва : ГЭОТАР–Медиа, 2017. – 688 с.
86. Характеристика постинсультной инвалидизации вследствие цереброваскулярной болезни по результатам бюро медико-социальной экспертизы / Д. В. Севастьянов, Д. И. Габдрахманов, Н. М. Попова [и др.] // Modern Science. – 2021. – № 11–2. – С. 54–61.
87. Шаймарданова, К. Р. Некоторые аспекты использования систем виртуальной реальности для реабилитации пациентов с расстройствами равновесия / К. Р. Шаймарданова, Ю. О. Уразбахтина // Современные научные исследования и разработки. – 2017. – № 8. – С. 609–613.

88. Шахпаронова, Н. В. Реабилитация больных, перенесших инсульт. Восстановление двигательных, речевых, когнитивных функций / Н. В. Шахпаронова, А. С. Кадыков, Е. М. Кашина // Трудный пациент. – 2012. – Т. 10, № 11. – С. 22–27.
89. Эпидемиология и профилактика ишемического инсульта / Е. С. Утеулиев, К. К. Конысбаева, Д. Р. Жангалиева [и др.] // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2017. – № 4. – С. 126–129.
90. Эффективность включения методики БОС-видеореконструкции в программы комплексной реабилитации пациентов пожилого возраста / Е. С. Конева, Т. В. Шаповаленко, К. В. Лядов [и др.] // Физиотерапевт. – 2020. – № 3. – С. 6–15.
91. Эффективность реабилитации пациентов с рассеянным склерозом в виртуальной реальности / А. В. Захаров, Е. В. Хивинцева, А. В. Колсанов [и др.] // Наука и инновации в медицине. – 2019. – № 4(3). – С. 25–29.
92. Эффективность роботизированной механотерапии комплекса "lokomat pro" у пациентов, перенёсших инсульт / О. А. Тихоплав, В. В. Иванова, Е. А. Гурьянова [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2019. – № 5(93). – С. 57–64.
93. Янчева, М. А. Применение реабилитационного комплекса G–EO System в восстановлении постинсультных больных в возрасте 55–60 лет / М. А. Янчева // Современное состояние и перспективы инновационного развития науки : сборник статей международной научной конференции (Сургут, 23 января 2024 года). – Санкт–Петербург : Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова, 2024. – С. 19–21.
94. Яхно, Н. Н. Болезни нервной системы: руководство для врачей. В 2 томах. Т. 1 / Н. Н. Яхно. – 5–е изд., репринт. – Москва : МЕДпресс–информ, 2021. – 760 с.
95. A novel fully immersive virtual reality environment for upper extremity rehabilitation in patients with stroke / D. B. Mekbib, D. K. Debeli, L. Zhang [et al.] // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2021. – Vol. 1493(1). – P. 75–89.

96. A novel glasses–free virtual reality rehabilitation system on improving upper limb motor function among patients with stroke: a feasibility pilot study / H. Xie, H. Zhang, H. Liang [et al.]. – Text : electronic // *Medicine in novel technology and devices*. – 2021. – Vol. 11. – 100069. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/350237183> (date of access: 12.09.2024).
97. A novel immersive virtual reality environment for the motor rehabilitation of stroke patients: A feasibility study / G. Fregna, N. Schincaglia, A. Baroni [et al.]. – Text : electronic // *Frontiers in robotics and AI*. – 2022. – Vol. 9. – 906424. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36105763/> (date of access: 12.09.2024).
98. A novel virtual reality training strategy for poststroke patients: a randomized clinical trial / N. Anwar, H. Karimi, A. Ahmad [et al.]. – Text : electronic // *Journal of healthcare engineering*. – 2021. – Vol. 2021. – 6598726. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34840701/> (date of access: 12.09.2024).
99. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: the stroke recovery and rehabilitation roundtable taskforce / J. Bernhardt, K. S. Hayward, G. Kwakkel [et al.] // *International journal of stroke: official journal of the International Stroke Society*. – 2017. – Vol. 31(9). – P. 793–799.
100. American Heart Association Council on Cardiovascular Nursing and the Stroke Council. Comprehensive overview of nursing and interdisciplinary rehabilitation care of the stroke patient: a scientific statement from the American Heart Association / E. L. Miller, L. Murray, L. Richards [et al.] // *Stroke*. – 2010. – Vol. 41(10). – P. 48–52.
101. Bailey, R. B. Highlighting hybridization: a case report of virtual reality–augmented interventions to improve chronic post–stroke recovery / R. B. Bailey. – Text : electronic // *Medicine*. – 2022. – Vol. 101(25). – e29357. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35758366/> (date of access: 12.09.2024).
102. Balance rehabilitation through robot–assisted gait training in post–stroke patients: a systematic review and meta–analysis / A. Loro, M.B. Borg, M. Battaglia [et al.]. – Text : electronic // *Brain sciences*. – 2023. – Vol. 13(1). – 92. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36672074/> (date of access: 12.09.2024).

103. Bhardwaj, S. Lower limb rehabilitation robotics: The current understanding and technology / S. Bhardwaj, A. A. Khan, M. Muzammil // *Work* (Reading, Mass.). – 2021. – Vol. 69(3). – P. 775–793.
104. Cerebral reorganization in subacute stroke survivors after virtual reality–based training: a preliminary study / X. Xiao, Q. Lin, W. L. Lo [et al.]. – Text : electronic // *Behavioural neurology*. – 2017. – Vol. 2017. – 6261479. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28720981/> (date of access: 12.09.2024).
105. Chen, J. Effectiveness of using virtual reality–supported exercise therapy for upper extremity motor rehabilitation in patients with stroke: systematic review and meta–analysis of randomized controlled trials / J. Chen, C. K. Or, T. Chen. – Text : electronic // *Journal of medical Internet research*. – 2022. – Vol. 24(6). – e24111. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35723907/> (date of access: 12.09.2024).
106. Cho, D. R. 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 / D. R. Cho, S. H. Lee. – Text : electronic // *Medicine* (Baltimore). – 2019. – Vol. 98(11). – e14752. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30882644/> (date of access: 12.09.2024).
107. Choi, W. Effects of robot–assisted gait training with body weight support on gait and balance in stroke patients / W. Choi. – Text : electronic // *International journal of environmental research and public health*. – 2022. – Vol. 19(10). – 5814. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35627346/> (date of access: 12.09.2024).
108. Clinical application of virtual reality for upper limb motor rehabilitation in stroke: review of technologies and clinical evidence / W. S. Kim, S. Cho, J. Ku [et al.]. – Text : electronic // *Journal of clinical medicine*. – 2020. – Vol. 9(10). – 3369. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33096678/> (date of access: 12.09.2024).

109. Cortes–Perez, I. Immersive virtual reality in stroke patients as a new approach for reducing postural disabilities and falls risk: a case series / I. Cortes–Perez, F. A. Nieto–Escamez, E. Obrero–Gaitan. – Text : electronic // Brain sciences. – 2020. – Vol. 10(5). – 296. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32429085/> (date of access: 12.09.2024).
110. Crossed cerebellar diaschisis after stroke identified noninvasively with cerebral blood flow–weighted arterial spin labeling MRI / M. K. Strother, C. Buckingham, C. C. Faraco [et al.] // European journal of radiology. – 2016. – Vol. 85(1). – P. 136–142.
111. Current approaches and advances in the imaging of stroke / P. Kakkar, T. Kakkar, T. Patankar [et al.]. – Text : electronic // Disease Models & Mechanisms. – 2021. – Vol. 14(12). – dmm.048785. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34874055/> (date of access: 12.09.2024).
112. De Rooij, I. J. M. Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta–analysis / I. J. M. De Rooij, I. G. L. van de Port, J. W. G. Meijer // Physical Therapy. – 2016. – Vol. 96(12). – P. 1905–1918.
113. Design of a customizable, modular pediatric exoskeleton for rehabilitation and mobility / D. Eguren, M. Cestari, T. P. Luu [et al.] // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC). – Bari, Italy, 2019. – P. 2411–2416.
114. Effect of robot assisted gait training on motor and walking function in patients with subacute stroke: a random controlled study / D. X. Li, F. B. Zha, J. J. Long [et al.]. – Text : electronic // Journal of stroke and cerebrovascular diseases: the official journal of National Stroke Association – 2021. – Vol. 30(7). – 105807. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33895428/> (date of access: 12.09.2024).
115. Effect of robotic–assisted gait training on objective biomechanical measures of gait in persons post–stroke: a systematic review and meta–analysis / H. Nedergard, A. Arumugam, M. Sandlund [et al.]. – Text : electronic // Journal of neuroengineering and rehabilitation. – 2021. – 18(1). – 64. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33863345/> (date of access: 12.09.2024).

116. Effect of virtual reality gait training on participation in survivors of subacute stroke: a randomized controlled trial / I. J. M. De Rooij, I. G. L. van de Port, M. Punt [et al.]. – Text : electronic // Physical therapy. – 2021. – Vol. 101(5). – pzab051. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33594443/> (date of access: 12.09.2024).
117. Effect of virtual reality therapy on quality of life and self-sufficiency in post-stroke patients / M. Dabrowska, D. Pastucha, M. Janura [et al.]. – Text : electronic // Medicina (Kaunas). – 2023. – Vol. 59(9). – 1669. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37763788/> (date of access: 12.09.2024).
118. Effectiveness of Virtual Reality and Gaming-Based Interventions for Upper Extremity Rehabilitation Poststroke: A Meta-analysis / R. Karamians, R. Proffitt, D. Kline [et al.] // Archives of physical medicine and rehabilitation. – 2020. – Vol. 101(5). – P. 885–896.
119. Effects of a lower limb rehabilitation robot with various training modes in patients with stroke: A randomized controlled trial / J. Lee, M. H. Chun, Y. J. Seo [et al.]. – Text : electronic // Medicine (Baltimore). – 2022. – Vol. 101(44). – e31590. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36343085/> (date of access: 12.09.2024).
120. Effects of control strategies on gait in robot-assisted post-stroke lower limb rehabilitation: a systematic review / S. Campagnini, P. Liuzzi, A. Mannini [et al.]. – Text : electronic // Journal of neuroengineering and rehabilitation. – 2022. – Vol. 19(1). 52. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35659703/> (date of access: 12.09.2024).
121. Effects of gait exercise assist robot (GEAR) on subjects with chronic stroke: A randomized controlled pilot trial / T. Ogino, Y. Kanata, R. Uegaki [et al.]. – Text : electronic // Journal of stroke and cerebrovascular diseases: the official journal of National Stroke Association. – 2020. – Vol. 29(8). – 104886. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32689628/> (date of access: 12.09.2024).

122. Effects of virtual reality in the early-stage stroke rehabilitation: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / J. Hao, Z. Yao, K. Harp [et al.] // *Physiotherapy theory and practice*. – 2023. – Vol. 39(12). – P. 2569–2588.
123. Effects of virtual reality-based exercise on balance in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis / J. Shen, X. Gu, Y. Yao [et al.] // *American journal of physical medicine & rehabilitation*. – 2023. – Vol. 102(4). – P. 316–322.
124. Effects of walking distance over robot-assisted training on walking ability in chronic stroke patients / M. Nankaku, H. Tanaka, R. Ikeguchi [et al.] // *Journal of clinical neuroscience: official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*. – 2020. – Vol. 81. – P. 279–283.
125. Efficacy of a novel exoskeletal robot for locomotor rehabilitation in stroke patients: a multi-center, non-inferiority, randomized controlled trial / Y. Li, T. Fan, Q. Qi [et al.]. – Text : electronic // *Frontiers in aging neuroscience*. – 2021. – Vol. 13. – 706569. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34497506/> (date of access: 12.09.2024).
126. Electromechanical-assisted training for walking after stroke / J. Mehrholz, S. Thomas, J. Kugler [et al.]. – Text : electronic // *The Cochrane database of systematic reviews*. – 2020. – Vol. 10(10). – CD006185. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33091160/> (date of access: 12.09.2024).
127. Eliciting upper extremity purposeful movements using video games: a comparison with traditional therapy for stroke rehabilitation / D. Rand, N. Givon, H. Weingarden [et al.] // *Neurorehabilitation and neural repair*. – 2014. – Vol. 28(8). – P. 733–739.
128. Esquenazi, A. Robotics for lower limb rehabilitation / A. Esquenazi, M. Talaty // *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. – 2019. – Vol. 30(2). – P. 385–397.
129. Ewan, L. M. An observation –based intervention for stroke rehabilitation: experiences of eight individuals affected by stroke / L. M. Ewan, K. Kinmond, P. S. Holmes // *Disability and Rehabilitation*. – 2010. – Vol. 32(25). – P. 2097–2106.

130. Exoskeletal wearable robot on ambulatory function in patients with stroke: a protocol for an international, multicentre, randomised controlled study / W. H. Chang, T. W. Kim, H. S. Kim [et al.]. – Text : electronic // *BMJ Open*. – 2023. – Vol. 13(8). – e065298. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37567748/> (date of access: 12.09.2024).
131. Exploring the efficacy of virtual reality–based rehabilitation in stroke: a narrative review of current evidence / N. Aderinto, G. Olatunji, M. O. Abdulbasit [et al.]. – Text : electronic // *Annals of medicine*. – 2023. – Vol. 55, № 2. – 2285907. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38010358/> (date of access: 12.09.2024).
132. Formation of a motor memory by action observation / K. Stefan, L.G. Cohen, J. Duque [et al.] // *The Journal of Neuroscience*. – 2005. – Vol. 25(41). – P. 9339–9346.
133. Gait rehabilitation after stroke: review of the evidence of predictors, clinical outcomes and timing for interventions / C. Selves, G. Stoquart, T. Lejeune // *Acta neurologica Belgica*. – 2020. – Vol. 120(4). – P. 783–790.
134. Gait training with a wearable powered robot during stroke rehabilitation: a randomized parallel–group trial / D. Miyagawa, A. Matsushima, Y. Maruyama [et al.]. – Text : electronic // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2023. – Vol. 20(1). – 54. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37118743/> (date of access: 12.09.2024).
135. Gassert, R. Rehabilitation robots for the treatment of sensorimotor deficits: a neurophysiological perspective / R. Gassert, V. Dietz. – Text : electronic // *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. – 2018. – Vol. 15(1). – 46. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29866106/> (date of access: 12.09.2024).
136. Ha, K. H. An approach for the cooperative control of FES with a powered exoskeleton during level walking for persons with paraplegia / K.H. Ha, S. A. Murray, M. Goldfarb // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2016. – Vol. 24(4). – P. 455–466.
137. Hara, Y. Brain plasticity and rehabilitation in stroke patients / Y. Hara // *Journal of Nippon Medical School*. – 2015. – Vol. 82(1). – P. 4–13.

138. Hybrid robot–assisted gait training for motor function in subacute stroke: a single–blind randomized controlled trial / Y. N. Lin, S. W. Huang, Y. C. Kuan [et al.]. – Text : electronic // Journal of neuroengineering and rehabilitation. – 2022. – Vol. 19(1). – P. 99. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36104706/> (date of access: 12.09.2024).
139. Hybrid robotic and electrical stimulation assistance can enhance performance and reduce mental demand / L. Cazenave, M. Einkenkel, A. Yurkewich [et al.] // IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. – 2023. – Vol. 31. – P. 4063–4072.
140. Immersive virtual reality–based rehabilitation for subacute stroke: a randomized controlled trial / Q. Huang, X. Jiang, Y. Jin [et al.] // Journal of Neurology. – 2024. – Vol. 271. – P. 1256–1266.
141. Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training / S. Yang, W. H. Hwang, Y. C. Tsai [et al.] // American journal of physical medicine & rehabilitation. – 2011. – Vol. 90(12). – P. 969–978.
142. Integrated use of biofeedback and neurofeedback techniques in treating pathological conditions and improving performance: a narrative review / B. Tosti, S. Corrado, S. Mancone [et al.]. – Text : electronic // Frontiers in neuroscience. – 2024. – Vol. 18. – P. 1358481. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38567285/> (date of access: 12.09.2024).
143. Intensity control of robot–assisted gait training based on biometric data: Preliminary study / K. Jiae, M.H. Chun, J. Lee [et al.]. – Text : electronic // Medicine. – 2022. – Vol. 101(38). – P. e30818. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36197213/> (date of access: 12.09.2024).
144. Interactive visuo–motor therapy system for stroke rehabilitation / K. Eng, E. Siekierka, P. Pyk [et al.] // International Federation for Medical and Biological Engineering & computing. – 2007. – Vol. 45(9). – P. 901–907.

145. Kayabinar, B. The effects of virtual reality augmented robot–assisted gait training on dual–task performance and functional measures in chronic stroke: a randomized controlled single–blind trial / B. Kayabinar, İ. Alemdaroğlu–Gürbüz, Ö. Yılmaz // *European journal of physical and rehabilitation medicine*. – 2021. – Vol. 57(2). – P. 227–237.
146. Leap motion-controlled videogame–based therapy for rehabilitation of elderly patients with subacute stroke: a feasibility pilot study / M. Iosa, G. Morone, A. Fusco [et al.] // *Topics in stroke rehabilitation*. – 2015. – Vol. 22(4). – P. 306–316.
147. Leap motion–based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients / Z. R. Wang, P. Wang, L. Xing [et al.] // *Neural regeneration research*. – 2017. – Vol. 12(11). – P. 1823–1831.
148. Li, S. A new definition of poststroke spasticity and the interference of spasticity with motor recovery from acute to chronic stages / S. Li, G. E. Francisco, W. Z. Rymer // *Neurorehabilitation and Neural Repair*. – 2021. – Vol. 35(7). – P. 601–610.
149. Liebeskind, D. S. Imaging the future of stroke: I. Ischemia / D. S. Liebeskind // *Annals of neurology*. – 2009. – Vol. 66(5). – P. 574–590.
150. McDonnell, M. N. TMS measures of motor cortex function after stroke: A meta–analysis / M. N. McDonnell, C. M. Stinear // *Brain stimulation*. – 2017. – Vol. 10(4). – P. 721–734.
151. Measurements of acute cerebral infarction: a clinical examination scale / T. Brott, H. P. Jr Adams, C. P. Olinger [et al.] // *Stroke*. – 1989. – Vol. 20(7). – P. 864–870.
152. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument / K. Berg, S. Wood–Dauphine, J. I. Williams [et al.] // *Canadian journal of public health*. – 1989. – Vol. 41(6). – P. 304–311.

153. Mehrholz, J. Treadmill training and body weight support for walking after stroke / J. Mehrholz, M. Pohl, B. Elsner. – Text : electronic // The Cochrane database of systematic reviews. – 2014. – Vol. 2014(1). – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24458944/> (date of access: 12.09.2024).
154. Mirror therapy for improving motor function after stroke / H. Thieme, N. Morkisch, J. Mehrholz [et al.]. – Text : electronic // The Cochrane database of systematic reviews. – 2018. – Vol. 7(7). – CD008449. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29993119/> (date of access: 12.09.2024).
155. Morton, S. M. Cerebellar contributions to locomotor adaptations during splitbelt treadmill walking / S. M. Morton, A. J. Bastian // The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience. – 2006. – Vol. 26(36). – P. 9107–9116.
156. Murphy, T. H. Plasticity during stroke recovery: from synapse to behavior / T. H. Murphy, D. Corbett // Nature reviews. Neuroscience. – 2009. – Vol. 10(12). – P. 861–872.
157. Narayan, J. Development of Robot–Based Upper Limb Devices for Rehabilitation Purposes: a Systematic Review / J. Narayan, B. Kalita, S. K. Dwivedy // Augmented Human Research. – 2021. – Vol. 6(1). – P. 1–33.
158. Non–Immersive Virtual Reality for Post–Stroke Upper Extremity Rehabilitation: A Small Cohort Randomized Trial / R. Miclaus, N. Roman, S. Caloian [et al.]. – Text : electronic // Brain sciences. – 2020. – Vol. 10(9). – 655. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32967160/> (date of access: 12.09.2024).
159. Outcome measures in post–stroke arm rehabilitation trials: do existing measures capture outcomes that are important to stroke survivors, carers, and clinicians? / J. Duncan Millar, F. van Wijck, A. Pollock [et al.] // Clinical rehabilitation. – 2019. – Vol. 33(4). – P. 737–749.
160. Park, Y. H. A comprehensive review: robot–assisted treatments for gait rehabilitation in stroke patients / Y. H. Park, D. H. Lee, J. H. Lee. – Text : electronic // Medicina (Kaunas, Lithuania). – 2024. – Vol. 60(4). – 620. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38674266/> (date of access: 12.09.2024).

161. Plantar Pressure and Contact Area Measurement of Foot Abnormalities in Stroke Rehabilitation / L. Rusu, E. Paun, M. I. Marin [et al.]. – Text : electronic // Brain sciences. – 2021. – Vol. 11(9). – 1213. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34573233/> (date of access: 12.09.2024).
162. Poursaeed, F. Virtual reality for balance after stroke: a narrative review / F. Poursaeed, N. Nokhostin Ansari // Journal of Iranian Medical Council. – 2024. – Vol. 7(1). – P. 5–27.
163. Proactive motor functional recovery following immersive virtual reality–based limb mirroring therapy in patients with subacute stroke / D. B. Mekbib, Z. Zhao, J. Wang [et al.] // Neurotherapeutics. – 2020. – Vol. 17(4). – P. 1919–1930.
164. Proffitt, R. Considerations in the efficacy and effectiveness of virtual reality interventions for stroke rehabilitation: moving the field forward / R. Proffitt, B. Lange // Physical therapy. – 2015. – Vol. 95(3). – P. 441–448.
165. Riener, R. Virtual reality in medicine / R. Riener, M. Harders. – London : Springer, 2012. – 294 p.
166. Robot–assisted gait training for balance and lower extremity function in patients with infratentorial stroke: a single–blinded randomized controlled trial / H. Y. Kim, J. H. Shin, S. P. Yang [et al.]. – Text : electronic // Journal of neuroengineering and rehabilitation. – 2019. – Vol. 16(1). – 99. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31358017/> (date of access: 12.09.2024).
167. Robot–Assisted Gait Training Plan for Patients in Poststroke Recovery Period: A Single Blind Randomized Controlled Trial / D. Yu, Z. Yang, L. Lei [et al.]. – Text : electronic // BioMed research international. – 2021. – Vol. 2021. – 5820304. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34497851/> (date of access: 12.09.2024).
168. Simpson, L. A. Functional recovery following stroke: capturing changes in upper–extremity function / L. A. Simpson, J. J. Eng // Neurorehabilitation and neural repair. – 2013. – Vol. 27(3). – P. 240–50.

169. Spencer, J. Biofeedback for Post–stroke Gait Retraining: A Review of Current Evidence and Future Research Directions in the Context of Emerging Technologies / J. Spencer, S. L. Wolf, T. M. Kesar. – Text : electronic // *Frontiers in neurology*. – 2021. – Vol. 12. – 637199. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33859607/> (date of access: 12.09.2024).
170. Standardized measurement of sensorimotor recovery in stroke trials: Consensus–based core recommendations from the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable / G. Kwakkel, N. A. Lannin, K. Borschmann [et al.] // *International journal of stroke: official journal of the International Stroke Society*. – 2017. – Vol. 12(5). – P. 451–461.
171. Su, F. Enhancing brain plasticity to promote stroke recovery / F. Su, W. Xu. – Text : electronic // *Frontiers in neurology*. – 2020. – Vol. 11. – 554089. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33192987/> (date of access: 12.09.2024).
172. Technological advancements in stroke rehabilitation / A. N. Malik, H. Tariq, A. Afridi [et al.] // *The Journal of the Pakistan Medical Association*. – 2022. – Vol. 72(8). – P. 1672–1674.
173. The effect of robotic assisted gait training with Lokomat® on balance control after stroke: systematic review and meta–analysis / F. Baronchelli, C. Zucchella, M. Serrao [et al.]. – Text : electronic // *Frontiers in neurology*. – 2021. – Vol. 12. – 661815. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34295298/> (date of access: 12.09.2024).
174. The effectiveness of immersive virtual reality in physical recovery of stroke patients: A systematic review / I. Patsaki, N. Dimitriadi, A. Despoti [et al.]. – Text : electronic // *Frontiers in systems neuroscience*. – 2022. – Vol. 16. – 880447. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36211591/> (date of access: 12.09.2024).
175. The effectiveness of massage therapy for improving sequelae in post–stroke survivors. a systematic review and meta–analysis / R. Cabanas–Valdes, J. Calvo–Sanz, P. Serra–Llobet [et al.]. – Text : electronic // *International journal of environmental research and public health*. – 2021. – Vol. 18(9). – 4424. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33919371/> (date of access: 12.09.2024).

176. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance / A. R. Fugl-Meyer, L. Jääskö, I. Leyman [et al.] // Scandinavian journal of rehabilitation medicine. – 1975. – Vol. 7(1). – P. 13–31.
177. Therapeutic robots for post-stroke rehabilitation / R. Hong, B. Li, Y. Bao [et al.] // Medical review. – 2024. – Vol. 4(1). – P. 55–67.
178. Tong, R. K. Effectiveness of gait training using an electromechanical gait trainer, with and without functional electric stimulation, in subacute stroke: a randomized controlled trial / R. K. Tong, M. F. Ng, L. S. Li // Archives of physical medicine and rehabilitation. – 2006. – Vol. 87(10). – P. 1298–1304.
179. van Dellen, F. Within- and between-therapist agreement on personalized parameters for robot-assisted gait therapy: the challenge of adjusting robotic assistance / F. van Dellen, T. Aurich-Schuler, R. Labruyère. – Text : electronic // Journal of neuroengineering and rehabilitation. – 2023. – Vol. 20(1). – 81. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37340308/> (date of access: 12.09.2024).
180. Virtual and Augmented Reality in Post-stroke Rehabilitation: A Narrative Review / R. Khokale, G. S Mathew, S. Ahmed [et al.]. – Text : electronic // Cureus. – 2023. – Vol. 15(4). – e37559. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37193429/> (date of access: 12.09.2024).
181. Virtual reality clinical research: promises and challenges / B. Garrett, T. Taverner, D. Gromala [et al.]. – Text : electronic // JMIR Serious Games. – 2018. – Vol. 6(4). – e108339. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30333096/> (date of access: 12.09.2024).
182. Virtual reality efficiency in motor and cognitive rehabilitation in patients after cerebral stroke: a review / L.V. Klimov, M.A. Shurupova, A.D. Aizenshtein [et al.] // Science & Healthcare. – 2022. – Vol. 24(5). – P. 149–156.
183. Virtual Reality for Upper Limb Rehabilitation in Subacute and Chronic Stroke: A Randomized Controlled Trial / P. Kiper, A. Szczudlik, M. Agostini [et al.] // Archives of physical medicine and rehabilitation. – 2018. – Vol. 99(5). – P. 834–842.

184. Virtual Reality in Upper Extremity Rehabilitation of Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial / S. Ikbali Afsar, I. Mirzayev, O. Umit Yemisci [et al.] // Journal of stroke and cerebrovascular diseases: the official journal of National Stroke Association. – 2018. – Vol. 27(12). – P. 3473–3478.
185. Virtual reality to augment robot–assisted gait training in non–ambulatory patients with a subacute stroke: a pilot randomized controlled trial / J. Bergmann, C. Krewer, P. Bauer [et al.] // European journal of physical and rehabilitation medicine. – 2018. – Vol. 54(3). – P. 397–407.
186. Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES): a multicenter RCT / I. Brunner, J. S. Skouen, H. Hofstad [et al.] // Neurology. – 2017. – Vol. 89(24). – P. 2413–2421.
187. Warutkar, V. Use of robotics in gait rehabilitation following stroke: a review / V. Warutkar, R. Dadgal, U. R. Mangulkar. – Text : electronic // Cureus. – 2022. – Vol. 14(11). – e31075. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36475123/> (date of access: 12.09.2024).
188. Who will pay for robotic rehabilitation? The growing need for a cost–effectiveness analysis / R. S. Calabro, C. Müller–Eising, M. L. Diliberti [et al.] // Innovations in clinical neuroscience. – 2020. – Vol. 17(10–12). – P. 14–16.
189. Wu, L. The effect of the Lokomat® robotic–orthosis system on lower extremity rehabilitation in patients with stroke: a systematic review and meta–analysis / L. Wu, G. Xu, Q. Wu. – Text : electronic // Frontiers in neurology. – 2023. – Vol. 14. – 1260652. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38125828/> (date of access: 12.09.2024).
190. Zhang, X. Optimizing lower limb rehabilitation: the intersection of machine learning and rehabilitative robotics / X. Zhang, X. Rong, H. Luo. – Text : electronic // Frontiers in rehabilitation sciences. – 2024. – Vol. 5. – 1246773. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38343790/> (date of access: 12.09.2024).

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Шкала реабилитационной маршрутизации

Значения показателя ШРМ (баллы)	Описание состояния функционирования и ограничения жизнедеятельности
0	Отсутствие нарушений функционирования и ограничения жизнедеятельности. Функции, структуры организма сохранены полностью.
1	Отсутствие проявлений нарушений функционирования и ограничения жизнедеятельности при наличии симптомов заболевания. Может вернуться к прежнему образу жизни (работа, обучение, другое), поддерживать прежний уровень активности и социальной жизни; тратит столько же времени на выполнение дел, как и до болезни.
2	Легкое нарушение функционирования и ограничение жизнедеятельности. Не может выполнять виды деятельности (управление транспортным средством, чтение, письмо, танцы, работа и другие) с той степенью активности, которая была до болезни, но может справляться с ними без посторонней помощи. Может самостоятельно себя обслуживать.
3	Умеренное нарушение функционирования и ограничение жизнедеятельности. Может передвигаться самостоятельно и выполнять повседневную активность, но нуждается в посторонней помощи при выполнении сложных видов активности: приготовлении пищи, уборке дома, походе в магазин за покупками и других.
4	Выраженное нарушение функционирования и ограничение жизнедеятельности. Не может передвигаться самостоятельно без посторонней помощи, нуждается в посторонней помощи при выполнении повседневных задач: одевание, раздевание, туалет, прием пищи и других.
5	Грубое нарушение функционирования и ограничение жизнедеятельности. Пациент прикован к постели, не может передвигаться самостоятельно без посторонней помощи, нуждается в постоянном внимании, помощи при выполнении всех повседневных задач: одевание, раздевание, туалет, прием пищи и других.
6	Нарушение функционирования и ограничение жизнедеятельности крайней степени тяжести. Хроническое нарушение сознания: витальные функции стабильны; нейромышечные и коммуникативные функции глубоко нарушены; пациент может находиться в условиях структурного подразделения медицинской организации, оказывающей медицинскую помощь по профилю "анестезиология и реаниматология". Нейромышечная несостоятельность: психический статус в пределах нормы, однако глубокий двигательный дефицит (тетраплегия) и бульбарные нарушения вынуждают больного оставаться в реанимационном отделении.

Согласно ШРМ, выделяются 4 группы организаций медицинской реабилитации:

1. Медицинские организации первой группы осуществляют медицинскую

реабилитацию при оказании первичной медико-санитарной помощи в амбулаторных условиях, условиях дневного стационара пациентам, состояние которых оценивается 1-3 балла по ШРМ.

2. Медицинские организации второй группы осуществляют медицинскую реабилитацию при оказании первичной специализированной медико-санитарной помощи в амбулаторных условиях, условиях дневного стационара и (или) при оказании специализированной медицинской помощи в стационарных условиях пациентам, состояние которых оценивается 2-5 баллов по ШРМ.

3. Медицинские организации третьей группы осуществляют медицинскую реабилитацию при оказании первичной специализированной медико-санитарной помощи в амбулаторных условиях, в условиях дневного стационара и (или) при оказании специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи в стационарных условиях пациентам, состояние которых оценивается 2-6 баллов по ШРМ.

4. Медицинские организации четвертой группы - федеральные учреждения, осуществляющие медицинскую реабилитацию при оказании первичной специализированной медико-санитарной помощи в амбулаторных условиях, в условиях дневного стационара и (или) при оказании специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи в стационарных условиях пациентам, состояние которых оценивается 3-6 баллов по ШРМ.

2. Шкала NIHSS

(National Institutes of Health Stroke Scale, 1989)

Признак	Определение значений баллов шкалы	Балл
Сознание: уровень бодрствования	0 Ясное Оглушение (заторможен, сонлив, но реагирует даже на незначительный стимул - команду, вопрос) 1 Сопор (требует повторной, сильной или болезненной стимуляции для того, чтобы совершить движение или стать на время доступным контакту) 2 Кома (речевому контакту недоступен, отвечает на раздражения лишь рефлекторными двигательными или вегетативными реакциями) 3	
Сознание: ответы на вопросы Просят больного назвать месяц года и свой возраст	0 Правильные ответы на оба вопроса 1 Правильный ответ на один вопрос 2 Неправильные ответы на оба вопроса	
Сознание: выполнение инструкций Просят больного закрыть и открыть глаза, сжать пальцы в кулак и разжать	0 Выполняет обе команды правильно 1 Выполняет одну команду правильно 2 Обе команды выполняет неправильно	
Реакция зрачков на свет	0 Оба реагируют 1 Реагирует один 2 Нет реакции с обеих сторон	
Движения глазных яблок (слежение за движением пальца)	0 Норма Частичный паралич взора (но нет фиксированной девиации глазных яблок) 1 Фиксированная девиация глазных яблок 2	
Поля зрения (исследуют с помощью движений пальцами, которые исследователь выполняет одновременно с обеих сторон)	0 Нет нарушений 1 Частичная гемианопсия 2 Полная гемианопсия	
Паралич лицевой мускулатуры	0 Нет 1 Легкий (асимметрия) Умеренно выраженный (полный или почти полный паралич нижней группы мимических мышц) 2 Полный (отсутствие движений в верхней и нижней группах мимических мышц) 3	
Движения в руке на стороне пареза Руку просят удерживать в течение 10 секунд в положении 90* в плечевом суставе, если больной сидит, и в положении сгибания 45*, если больной лежит	0 Рука не опускается Больной вначале удерживает руку в заданном положении, затем рука начинает опускаться 1 Рука начинает падать сразу, но больной все же несколько удерживает ее против силы тяжести 2 Рука сразу падает, больной совершенно не может преодолеть силу тяжести 3 Нет активных движений 4	
Движения в ноге на стороне пареза Лежащего на спине больного просят удерживать в течение 5 секунд согнутую в тазобедренном суставе ногу, поднятую под углом 30*	0 Нога в течение 5 секунд не опускается Больной вначале удерживает ногу в заданном положении, затем нога начинает опускаться 1 Нога начинает падать сразу, но больной все же несколько удерживает ее против силы тяжести 2 Нога сразу падает, больной совершенно не может преодолеть силу тяжести 3 Нет активных движений 4	

Атаксия в конечностях ПНП и ПКП (атаксия оценивается в баллах лишь в том, случае когда она непропорциональна степени пареза; при полном параличе кодируется буквой "Н")	0 Нет Имеется или в верхней или в нижней 1 конечности 2 Имеется и в верхней, и в нижней конечности	
Чувствительность Исследуется при помощи булавки, учитываются только нарушения	0 Норма 1 Незначительно снижена 2 Значительно снижена	
Игнорирование (neglect, англ)	0 Не игнорирует Частично игнорирует зрительные, тактильные 1 или слуховые раздражения Полностью игнорирует раздражения более 2 одной модальности	
Дизартрия	0 Нормальная артикуляция Легкая или умеренная дизартрия (произносит 1 невнятно некоторые слова) Выраженная дизартрия (произносит слова 2 почти невразумительно или хуже)	
Афазия	0 Нет Легкая или умеренная (ошибки в названии, 1 парафазии) 2 Грубая 3 Тотальная	
Общая сумма баллов		

3. Шкала Фугл-Мейер для оценки нижней конечности - FMA-LE (Fugl-Meyer A.R. et al., 1975)

		Е. Нижняя конечность			
I. Рефлекторная активность, положение на спине		Нет			Вызывается
Сгибательный: коленный		0			2
Разгибательный: коленный, ахиллов рефлексы		0			2
Балл I (макс 4)					
II. Произвольное движение в синергии, положение на спине		Нет	Частично		Вызывается
Сгибательная синергия: максимальное сгибание бедра (отведение, наружная ротация), сгибание колена, тыльное сгибание лодыжки	Сгибание бедра	0	1		2
	Сгибание голени	0	1		2
	Тыльное сгибание стопы	0	1		2
Разгибательная синергия: разгибание бедра, приведение бедра, разгибание колена, подошвенное сгибание стопы.	Бедро разгибание	0	1		2
	Бедро приведение	0	1		2
	Голень разгибание	0	1		2
	Подошвенное сгибание стопы	0	1		2
Балл II (макс 14)					
III. Движение, сочетанное с синергиями, положение – сидя, колени на расстоянии 10 см от края стула/кровати.		Нет	Частично		Вызывается
Сгибание колена из положения произвольного или пассивного сгибания.	нет произвольного движения	0			
	сгибание не преодолевает 90градусов		1		
	сгибание преодолевает 90 градусов				2
Тыльное сгибание лодыжки в сравнении со здоровой стороной.	нет произвольного движения	0			
	ограниченное тыльное сгибание		1		
	полное тыльное сгибание				2
Балл III (макс 4)					
IV. Движение вне синергии, положение – стоя, нога полностью разогнута в тазобедренном суставе		Нет	Частично		Вызывается
Сгибание колена под прямым углом, тазобедренный сустав разогнут, разрешена поддержка для устойчивости.	нет произвольного движения/ бедро сгибается в начале движения	0			
	сгибание колена меньше, чем на 90 градусов/ сгибание бедра во время движения		1		
	сгибание колена на 90 градусов без сгибания бедра				2
Тыльное сгибание лодыжки в сравнении со здоровой стороной.	нет произвольного движения	0			
	ограниченное тыльное сгибание		1		
	полное тыльное сгибание				2
Балл IV (макс 4)					
V. Нормальные рефлексы					
Рефлекторная активность сгибателей колена, ахиллов и коленный рефлексы	0 баллов за пункт 4 или 2 из 3 фазных рефлекса выражено гиперактивны	0			
	1 рефлекс выражено гиперактивен и хотя бы два рефлекса оживлены		1		
	1 рефлекс оживлен, ни одного гиперактивного				2
Балл V (макс 2)					
Балл E (макс 28)					

4. BBS – Berg Balance Scale – тест баланса Берга (Berg K. et al., 1989)

Тест занимает 15 - 20 минут и состоит из 14 простых задач, связанных с балансом, от вставания из положения сидя до вставания на одну ногу. Степень успеха в достижении каждой задачи оценивается от нуля (неспособен) до четырех (независимо), а окончательной мерой является сумма всех оценок. Оборудование, необходимое для проведения исследования: линейка, два стула (один с подлокотниками, один без), ступенька или степ-платформа, секундомер или часы с секундной стрелкой, 4.5 метра свободного пространства.

1. Способность вставать из положения "сидя" (пациенту необходимо встать, при возможности, не использовать руки для поддержки):

4 балла - способность независимо встать, не используя руки, и сохранять устойчивость;

3 балла - способность независимо встать, используя руки;

2 балла - способность после нескольких попыток независимо встать, используя руки;

1 балл - потребность в легкой помощи, для того чтобы встать или сохранять равновесие;

0 баллов - потребность в средней или максимальной помощи, для того чтобы встать.

2. Способность стоять без поддержки (пациенту необходимо простоять две минуты без поддержки):

4 балла - способность стоять 2 минуты без поддержки;

3 балла - способность стоять 2 минуты под контролем;

2 балла - способность стоять 30 секунд без поддержки;

1 балл - требуется несколько попыток, чтобы стоять 30 секунд без поддержки;

0 баллов - невозможность выдерживать 30 секунд стоя без помощи.

Если исследуемый в состоянии выдержать 2 минуты стоя без поддержки, то пункт N 3 оценивается в 4 балла.

3. Способность сидеть без поддержки спины и опорой стопами на пол или на табурет. Пациент должен сидеть, не используя руки в течение 2 минут.

4 балла - способность уверенно сидеть 2 минуты;

3 балла - способность сидеть 2 минуты при контроле;

2 балла - способность сидеть 30 секунд;

1 балл - способность сидеть 10 секунд;

0 баллов - невозможность сидеть без поддержки 10 секунд.

4. Способность сесть из положения стоя.

4 балла - способность уверенно садиться с минимальным использованием рук;

3 балла - способность садиться с помощью рук;

2 балла - способность садиться с опорой икроножной области о стул;

1 балл - садиться независимо, но движение вниз не контролирует;

0 баллов - потребность в помощи, для того чтобы сесть.

5. Пересаживание. Пациенту необходимо пересест с одного стула на другой, стоящий рядом, двумя путями: используя подлокотники, и без использования подлокотников.

4 балла - способность уверенно пересаживаться с незначительным использованием рук;

3 балла - способность уверенно пересаживаться с использованием рук;

2 балла - способность пересаживаться с устными советами и/или контролем;

1 балл - потребность помощи одного человека;

0 баллов - потребность помощи двух человек, для помощи или контроля.

6. Способность стоять без поддержки с закрытыми глазами. Пациент должен стоять с закрытыми глазами в течение 10 секунд.

4 балла - способность уверенно стоять 10 секунд;

3 балла - способность стоять 10 секунд с контролем;

2 балла - способность стоять 3 секунды;

1 балл - невозможность закрыть глаза на 3 секунды, но уверенное выполнение;

0 баллов - потребность в помощи, для того чтобы избежать падения;

7. Способность стоять без поддержки со стопами, сведенными вместе.

4 балла - способность стоять уверенно 1 минуту;

3 балла - способность стоять 1 минуту с контролем;

2 балла - способность стоять в течение 30 секунд;

1 балл - потребность в помощи, для того чтобы поставить вместе стопы, но способность устоять 15 секунд в требуемом положении;

0 баллов - потребность в помощи, для того чтобы поставить вместе стопы и невозможность устоять 15 секунд в требуемом положении.

8. Наклон вперед с вытянутой рукой в положении стоя. Рука пациента должна быть поднята на 90°, затем необходимо вытянуть пальцы и дотянуться вперед насколько возможно. Исследователь размещает линейку у кончиков пальцев, когда рука - поднята вперед. Пальцы не должны касаться линейки, при наклоне вперед. Регистрируется расстояние, - на которое, при наклоне вперед, переместились кончики пальцев пациента. Если возможно, то попросите, чтобы исследуемый выполнил тест, используя обе руки, чтобы избежать ротации позвоночника.

4 балла - может уверенно наклониться вперед более чем на 25 см (10 дюймов);

3 балла - может наклониться вперед более чем на 12.5 см (5 дюймов);

2 балла - может наклониться вперед более чем на 5 см (2 дюйма);

1 балл - наклоняется вперед, но требует контроля;

0 баллов - падение при попытке выполнить тест/требуется поддержка постороннего лица.

9. Поднять объект с пола из положения стоя.

4 балла - способность уверенно поднять тапок;

3 балла - способность поднять тапок, под контролем;

2 балла - невозможность поднять обувь, остается расстояние - 2 - 5 см (1 - 2 дюйма) и при этом сохраняется равновесие без поддержки;

1 балл - невозможность поднять обувь, при попытках выполнения теста требуется контроль;

0 баллов - невозможность попытки поднять обувь/требуется помощь, чтобы избежать падения.

10. Способность оглянуться и посмотреть назад, через правое и через левое плечо в положении стоя. Пациенту необходимо повернуться через левое плечо так, чтобы увидеть то, что находится непосредственно позади него. Затем повторить поворот через правое плечо. Исследователь может выбрать объект, на который нужно смотреть, непосредственно позади обследуемого.

4 балла - уверенный взгляд кзади с обеих сторон и вес тела перемещается;

3 балла - уверенный взгляд кзади с одной стороны, с другой меньшее смещение веса;

2 балла - поворот только боком, равновесие сохраняется;

1 балл - при повороте требуется контроль;

0 баллов - требуется помощь, чтобы избежать падения.

11. Поворот на 360°. Повернитесь кругом. Пауза. Теперь повернитесь в обратном направлении.

4 балла - способность уверенно поворачиваться 360° за 4 секунды или меньше;

3 балла - способность уверенно поворачиваться 360° за 4 секунды или меньше только в одну сторону;

2 балла - способность успешно поворачиваться 360°, но медленно;

1 балл - потребность в контроле или устном совете;

0 - потребность в помощи, при повороте.

12. Способность стоять одной ногой на стуле без поддержки. Пациенту необходимо поместить поочередно каждую ногу на стул/табурет, повторить четыре раза.

4 балла - способность уверенно сделать 8 шагов за 20 секунд;

3 балла - способность уверенно сделать 8 шагов, но более чем за 20 секунд;

2 балла - способность сделать 4 шага без помощи, но под контролем;

1 балл - способность сделать более 2 шагов, но с минимальной помощью;

0 балла - потребность в помощи, чтобы избежать падения/невозможность выполнить попытку.

13. Способность стоять при тандемном расположении стоп. Пациенту необходимо поставить одну стопу непосредственно перед другой. Если это невозможно, то попробуйте отступить достаточно далеко вперед. Чтобы оценка составила 3 балла, длина шага должна превысить длину стопы, при расположении стоп на ширине плеч.

4 балла - способность помещать стопы в тандемное положение и без поддержки стоять 30 секунд;

3 балла - способность помещать одну стопу перед другой без поддержки и стоять 30 секунд;

2 балла - способность сделать маленький шаг без поддержки и держать 30 секунд;

1 балл - нуждается в помощи, чтобы сделать шаг, но может устоять 15 секунд;

0 баллов - падение, при шаге или стоя.

14. Способность стоять на одной ноге.

4 балла - способность без поддержки поднять ногу и стоять более 10 секунд;

3 балла - способность без поддержки поднять ногу и стоять 5 - 10 секунд;

2 балла - способность без поддержки поднять ногу и стоять 3 секунды или более;

1 балл - попытка поднять ногу, неспособность ее удержать 3 секунды, равновесие сохраняется;