

Реабилитация пациентов с ишемическим инсультом с применением виртуальной реальности: проспективное рандомизированное исследование

 Туровина Е.Ф.^{1,*},  Плотников Д.Н.²

¹ Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России, Тюмень, Россия

² Областная больница № 23 (г. Ялуторовск), Ялуторовск, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Актуальной проблемой является разработка и оценка эффективности новых методов реабилитации пациентов с ишемическим инсультом в острый период.

ЦЕЛЬ. Оценить результат проспективного (6 месяцев) наблюдения пациентов с ишемическим инсультом после реабилитации с применением виртуальной реальности по динамике мобильности и двигательных функций нижних конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. На базе ГБУЗ ТО «Областная больница № 23» (г. Ялуторовск) в первичном сосудистом отделении (неврологический профиль) проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование по оценке эффективности методов комплексной реабилитации с применением виртуальной реальности (ВР) у пациентов с ишемическим инсультом. Методом слепой рандомизации пациенты распределены на 3 группы. Во всех трех группах проходил идентичный курс реабилитации согласно клиническим рекомендациям после завершения острейшего периода острого нарушения мозгового кровообращения. Основная группа ($n = 30$) пациентов получала в дополнение к основному курсу реабилитации иммерсивную ВР и дополненную реальность (ДР). Пациенты группы сравнения ($n = 30$) получали основной курс реабилитации и ДР. Пациенты контрольной группы ($n = 30$) получили основной курс реабилитации без ДР и ВР. Произведена оценка эффективности по идентичным клинико-функциональным шкалам после курса реабилитации и через 6 месяцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. При обследовании пациентов через 10 дней отмечено увеличение силы в нижних конечностях и улучшение координации при опоре. В основной группе на стабилometрии через 10 дней показатель распределения нагрузки на стороне поражения увеличился с 39 [13; 94] % до 46 [15; 63] %, в контрольной группе — с 31,5 [6; 88] % до 41 [9; 71] % ($p < 0,05$). Отмечено снижение выраженности нарушений в функционировании пациентов во всех трех группах. Через 6 месяцев выявлено, что в основной группе у 50 % пациентов неврологические нарушения средней степени тяжести перешли в более легкие градации. Полученные результаты свидетельствовали о лучшем восстановлении в основной группе с ВР и ДР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В результате проведенного исследования отмечены положительные эффекты в применении реабилитации пациентов с ишемическим инсультом с включением ВР иммерсивного и дополненного типа. Методика может применяться при реабилитации в острый период ишемического инсульта при составлении реабилитационных программ и подлежит дальнейшему изучению.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инсульт, реабилитация, виртуальная реальность, восстановление

Для цитирования / For citation: Туровина Е.Ф., Плотников Д.Н. Реабилитация пациентов с ишемическим инсультом с применением виртуальной реальности: проспективное рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(4):54–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-4-54-66> [Turovinina E.F., Plotnikov D.N. Rehabilitation of Patients with Ischemic Stroke Using Virtual Reality: a Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(4): 54–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-4-54-66> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Туровина Елена Фаридовна, e-mail: e_turov@mail.ru, turovinina@tyumsmu.ru

Статья получена: 09.01.2025

Статья принята к печати: 25.04.2025

Статья опубликована: 16.08.2025

Rehabilitation of Patients with Ischemic Stroke Using Virtual Reality: a Prospective Randomized Study

 Elena F. Turovinina^{1,*},  Dmitriy N. Plotnikov²

¹ Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

² Regional Hospital No. 23 (Yalutorovsk), Yalutorovsk, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. The current problem lies in developing and evaluating the effectiveness of new rehabilitation methods for patients with ischaemic stroke during the acute phase.

AIM. To evaluate the result of a prospective (6 month) follow-up of patients with ischemic stroke after rehabilitation using virtual reality on the dynamics of mobility and motor functions of the lower extremities.

MATERIALS AND METHODS. On the basis of Regional Hospital No. 23 (Yalutorovsk), in the primary vascular department (neurological profile), a single-center prospective randomized trial was conducted to evaluate the effectiveness of integrated rehabilitation methods using virtual reality in patients with ischemic stroke. By the method of blind randomization, after receiving written consent to participate in the study, the patients were divided into 3 groups. All three groups underwent an identical rehabilitation course according to clinical recommendations after the end of the acute period of stroke. The main group ($n = 30$) patients received immersive virtual (VR) and augmented reality (AR) in addition to the basic rehabilitation course. The comparison group ($n = 30$) — patients received basic rehabilitation, etc. The control group ($n = 30$) — patients received a basic course of rehabilitation without AR and VR. The effectiveness was assessed using identical clinical and functional scales after the rehabilitation course and after 6 months.

RESULTS AND DISCUSSION. Examination of patients after 10 days showed an increase in strength in the lower extremities and improved coordination in support. In the main group, after 10 days, the load distribution index on the affected side increased from 39 [13; 94] % to 46 [15; 63] % on stabilometry, compared with 31.5 [6; 88] % to 41 [9; 71] % in the control group ($p < 0.05$). There was a decrease in the severity of disorders in the functioning of patients in all three groups. After 6 months, it was revealed that in the main group, 50 % of the patients had moderate neurological disorders that had developed into milder grades. The results indicated a better recovery in the main group with VR and AR.

CONCLUSION. As a result of the study, positive effects were noted in the use of rehabilitation of patients with ischemic stroke with the inclusion of immersive and augmented virtual reality. The technique can be used for rehabilitation in the acute period of ischemic stroke in the preparation of rehabilitation programs and is subject to further study.

KEYWORDS: stroke, rehabilitation, virtual reality, recovery

For citation: Turovinina E.F., Plotnikov D.N. Rehabilitation of Patients with Ischemic Stroke Using Virtual Reality: a Prospective Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(4):54–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-4-54-66> (In Russ.).

***For correspondence:** Elena F. Turovinina, E-mail: e_turov@mail.ru, turovinina@tyumsmu.ru

Received: 09.01.2025

Accepted: 25.04.2025

Published: 16.08.2025

ВВЕДЕНИЕ

Инсульт продолжает оставаться одной из главных причин длительной инвалидности у взрослых, охватывая 80–86 % [1]. Учитывая масштаб проблемы, реабилитация пациентов с инсультом становится приоритетным направлением в здравоохранении. Среди последствий острого нарушения мозгового кровообращения наиболее частыми причинами инвалидности являются проблемы с движением [2]. Этот фактор значительно влияет на социальную самостоятельность и работоспособность пациента, поэтому восстановление подвижности выступает одной из ключевых задач реабилитации.

В последние годы наблюдается устойчивый рост числа инвалидов, перенесших инсульт. В России среди таких пациентов к работе возвращаются лишь 3–23 %, в то время как 85 % нуждаются в постоянной медико-социальной помощи, а 20–30 % сталкиваются с глубокой инвалидностью на протяжении всей жизни [3].

Одним из ключевых аспектов восстановления является раннее начало реабилитационных мероприятий,

что возможно благодаря современной медицине и технологиям [4].

Современные подходы к реабилитации пациентов после инсульта направлены на максимальное восстановление утраченных функций и улучшение качества жизни [5]. Важным аспектом является ранняя реабилитация, которая должна начинаться сразу после стабилизации состояния пациента [6]. Это значительно повышает шансы на восстановление двигательных функций и, следовательно, на социальную и профессиональную реинтеграцию пациента. Ведь от качества начатой реабилитации зависит, с каким неврологическим дефицитом останется пациент на всю оставшуюся жизнь [7, 8]. Эффективные программы включают в себя не только медицинское лечение, но и физиотерапию, лечебную физкультуру, логопедическую и когнитивную терапии [9, 10]. Индивидуальный подход к каждому пациенту позволяет более точно адаптировать реабилитационные методы в зависимости от степени тяжести и характера нарушения функций [11–13].

Существует множество подходов и методик, которые применяются в реабилитации лиц, перенесших инсульт [14–16]. Среди них физиотерапия, эрготерапия, а также использование роботизированных систем и виртуальной реальности (ВР) [17–19]. Эти методы направлены на максимальное восстановление утраченных функций и адаптацию к новым условиям жизни.

Тем не менее, несмотря на достижения в реабилитационной медицине, остается множество нерешенных вопросов. Например, как влияет иммерсивная и неиммерсивная ВР на результат реабилитации в острый период инсульта и какие происходят изменения в отделенный период.

ЦЕЛЬ

Оценить результат проспективного (6 месяцев) наблюдения пациентов с ишемическим инсультом после реабилитации с применением ВР по динамике мобильности и двигательных функций нижних конечностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено одноцентровое проспективное рандомизированное исследование по оценке эффективности метода реабилитации с применением ВР у пациентов с ишемическим инсультом в острый период. Исследование проведено на базе ГБУЗ ТО «Областная больница № 23» (г. Ялуторовск) области в первичном сосудистом отделении (неврологический профиль). В исследование включено 90 пациентов с ишемическим инсультом в острый период.

В качестве иммерсивной ВР применялась программа ВР¹ в шлеме Pico-4. Для неиммерсивной дополненной реальности (ДР) использована реабилитационная перчатка Аника (ООО НПФ «Реабилитационные технологии», Россия).

Отбор в группы сравнения проходил по критериям включения, невключения в соответствии с решением локального этического комитета при ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол № 97 от 09.01.2021).

Критерии включения

Мужчины и женщины в возрасте от 18 до 75 лет. Пациенты, у которых впервые случилось острое нарушение мозгового кровообращения. Наличие у пациента моторной функции нижних конечностей с оценкой 4 или ниже по шкале Британского медицинского исследовательского совета для измерения силы мышц. Пациенты, к которым не была применена тромболитическая терапия. Участники с результатом по шкале реабилитационной маршрутизации менее 6 баллов.

Критерии невключения

Наличие эпилептиформной активности по электроэнцефалографии, наличие когнитивных нарушений, при которых показатель по Монреальской шкале оценки когнитивных способностей (MoCA) ниже 24 баллов. Наличие других неврологических и соматических заболеваний, которые приводят к различным степеням двигательных нарушений. Пациенты, проходящие тромболитическую терапию. Участники с результатом по шкале реабилитационной маршрутизации 6 баллов. Лица с нарушениями зрения. Пациенты в состоянии острого психоза.

Критерии исключения

Непереносимость методов реабилитации, включенных в программу, в виде тошноты, рвоты, головокружения, любых других соматических проявлений.

Отказ пациентов от применения ВР в реабилитации. Отсутствие мотивации у пациентов. Возникновение острых состояний, угрожающих жизни пациента; побочная реакция на базовое медицинское лечение.

Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе производилась оценка состояния пациентов при завершении острейшего периода ишемического инсульта (3-й день) перед включением в исследование и оценка показателей через 10 дней после начала реабилитационных мероприятий. Применялись субъективные методы оценки согласно Федеральным клиническим рекомендациям² и Приказу Минздрава России³. К этим шкалам отнесли: шкала Берга, шкала оценки тяжести инсульта NIHSS, шкала Рэнкина (ШР), индекс мобильности Ривермид, шкала реабилитационной маршрутизации, индекс ходьбы Хаузера и категории функциональности ходьбы по Holden. Для объективизации результатов применялась стабилметрия (стабилоплатформа Tumo Therapy Hlate). Дополнительная диагностика включала электроэнцефалографию для изучения электрической активности мозга. Исследование проводилось перед началом реабилитационных мероприятий и при завершении курса для исключения эпилептиформной активности головного мозга. Второй этап проходил через 6 месяцев в конце раннего восстановительного периода ишемического инсульта, при котором производилась оценка реабилитационных мероприятий с использованием субъективных методов шкалы Берга, шкалы оценки тяжести инсульта NIHSS, ШР, индекса мобильности Ривермид, шкалы реабилитационной маршрутизации, индекса ходьбы Хаузера и категории функциональности ходьбы по Holden. Методом слепой рандомизации пациенты распределены на 3 группы (табл. 1). От всех участников исследования были получены информированные письменные согласия.

1 Туровина Е.Ф., Копытов А.А., Плотников Д.Н. Автоматизированная система для нейрореабилитации «ВИАРР100». Свидетельство о регистрации программного обеспечения. Патент RU 2022685148, 21.12.2022. Per. № 2022685306, 21.12.2022. [Turovinina E.F., Kopytov A.A., Plotnikov D.N. Automated system for neurorehabilitation «VIARR100». Certificate of registration of the software. Patent RU 2022685148, 21.12.2022. Request No. 2022685306 dated 21.12.2022 (In Russ.).]

2 Министерство здравоохранения Российской Федерации. Клинические рекомендации. Ишемический инсульт и транзиторная ишемическая атака у взрослых. Москва. 2024; 28 с.

3 Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 778н «О порядке организации медицинской реабилитации взрослых»

Таблица 1. Характеристика пациентов, включенных в исследование по полу и возрасту (M ± SD)
Table 1. Characteristics of patients included in the study by gender and age (M ± SD)

Основные характеристики / Main characteristics		Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)	Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)	Контрольная группа (n = 30) / Control group (n = 30)
Пол / Gender	Мужчины / Men	15 (50 %)	24 (80 %)	21 (70,0 %)
	Женщины / Women	15 (50 %)	6 (20 %)	9 (30 %)
Возраст, лет / Age, years		56,1 ± 13,9	55,9 ± 11,1	54,2 ± 12

Во всех трех группах проходил идентичный курс реабилитации согласно клиническим рекомендациям через 3 дня после стабилизации состояния и завершения острейшего периода острого нарушения мозгового кровообращения. Комплексная мультидисциплинарная реабилитация, охватывающая лекарственную терапию, лечебные упражнения и психологическую поддержку, проводилась в соответствии с клиническими рекомендациями Минздрава России во всех трех группах. Отличие заключалось в использовании ВР либо иммерсивной, либо дополненной.

Основная группа (n = 30) получала иммерсивную ВР и неиммерсивную ДР в дополнение к основному курсу реабилитации. Пациенты из основной группы проходили занятия с использованием компьютерной программы в течение 10 дней ежедневно длительностью по 15 минут. В качестве виртуального окружения использовано моделирование ситуации движения на велосипеде с помощью шлема ВР, движения нижних конечностей осуществлял роботизированный велотренажер [22]. Такой подход позволял стимулировать как физическую, так и когнитивную активность. Неиммерсивная ДР, представленная реабилитационной перчаткой «Аника» с биологической обратной связью, применялась ежедневно в виде 15-минутных сеансов. Каждое движение визуализировалось на мониторе компьютера, что позволяло пациенту наблюдать и кор-

ректировать выполнение упражнений в режиме реального времени. Визуальная обратная связь значительно усиливает заинтересованность пациента, поскольку он имеет возможность видеть свои достижения и работать над улучшением точности движений.

Группа сравнения (n = 30) получала только ДР (занятия с использованием реабилитационной перчатки «Аника» с биологической обратной связью) без иммерсивной ВР ежедневно по 15 минут. В дополнение к основному курсу реабилитации контрольная группа (n = 30) получала основной курс реабилитации без ДР и ВР.

Клинические данные были подвергнуты анализу с использованием статистических методов, применяя IBM SPSS Statistics версии 23 и Microsoft Excel 2000. В условиях ограниченного размера выборки для проверки нормальности распределения данных использовался тест Шапиро — Уилка. При сравнении двух независимых групп применялся метод Манна — Уитни, при сравнении трех групп применялся метод Краскел — Уоллиса, с уровнем статистической значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке результатов восстановления функционирования нижних конечностей в конце реабилитационного курса были выявлены следующие показатели стабилотрии в группах (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная межгрупповая характеристика динамики показателей стабилотрии; Me [5P; 95P]
Table 2. Comparative intergroup characteristics of the dynamics of stabilometry indicators; Me [5P; 95P]

Показатели стабилотрии / Stabilometry Indicators	Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)			Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)			Контрольная группа (n = 30) / Control group (n = 30)		
	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	p	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	p	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	p
Распределение нагрузки слева, % / Load distribution left, %	39 [13; 94]	46 [15; 63]	< 0,05	33 [3; 86]	44 [6; 82]	< 0,05	68 [12; 94]	59 [30; 91]	> 0,05
Распределение нагрузки справа, % / Load distribution right, %	42,5 [6; 87]	51,5 [15; 84]	> 0,05	67 [14; 97]	55 [18; 94]	> 0,05	31,5 [6; 88]	41 [9; 71]	< 0,05

Показатели стабилометрии / Stabilometry Indicators	Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)			Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)			Контрольная группа (n = 30) / Control group (n = 30)		
	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	p	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	p	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	p
Усилие слева, кг / Force on the left, kg	20,5 [5; 34]	26 [13; 36]	< 0,05	18 [4; 34]	23,5 [6; 35]	> 0,05	23 [9; 29]	24 [12; 30]	> 0,05
Усилие справа, кг / Force on the right, kg	20 [5; 33]	26 [14; 35]	> 0,05	27,5 [6; 37]	29 [7; 39]	> 0,05	15 [5; 28]	20 [7; 29]*	> 0,05
Активное перенесение тяжести тела (среднее значение), % / Active transfer of body weight (average value), %	63 [39; 72]	79 [46; 96]**	p < 0,05	56 [41; 68]	69 [52; 84]	p > 0,05	60 [52; 68]	70,5 [56; 82] ***	p > 0,05

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия между группой сравнения и контрольной группой через 10 дней реабилитации, $p < 0,05$; ** — достоверные межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 10 дней реабилитации, $p < 0,05$; *** — достоверные межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 10 дней реабилитации, $p < 0,05$.

Note: * — significant intergroup differences between the comparison group and the control group after 10 days of rehabilitation, $p < 0.05$; ** — significant intergroup differences between the main group and the comparison group after 10 days of rehabilitation, $p < 0.05$; *** — significant intergroup differences between the main group and the comparison group after 10 days of rehabilitation, $p < 0.05$.

В динамике увеличение силы в нижних конечностях на фоне проводимых реабилитационных мероприятий отмечено во всех трех группах. Так, в основной группе на стабилометрии через 10 дней показатель усилия в плегированной ноге увеличился с 20,5 [5; 34] до 26 [13; 36] кг, сравнительно в других группах отмечена также положительная, но меньшая динамика. Во всех группах также уменьшился дисбаланс в распределении нагрузки при опоре (табл. 2). Лучшие результаты повышения силы в нижних конечностях и снижение диспропорции при опоре наблюдались в группе на фоне применения методики ВР в дополнение к основному курсу реабилитации.

Сопоставляя группы пациентов по ключевым данным, была проведена оценка по наиболее значимым шкалам инсульта (National Institutes of Health stroke Scale (NIHSS) и ШР) при поступлении, на фоне курса реабилитации через 10 дней и после завершения раннего восстановительного этапа, спустя 6 месяцев после острого нарушения мозгового кровообращения (табл. 3).

В основной группе на фоне применения ВР и ДР наблюдалось более выраженное улучшение неврологического состояния. Так, через 6 месяцев при обследовании у 1 пациента (3,33 %) отсутствуют неврологические симптомы, легкие нарушения отмечены у 22 пациентов (73,26 %), а средняя степень тяжести неврологических нарушений зафиксирована у 7 пациентов (23,31 %) (рис. 1).

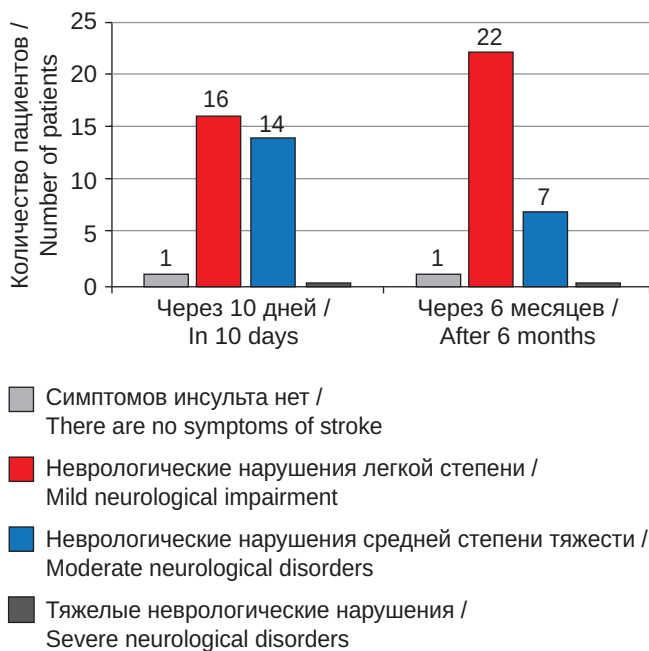


Рис.1. Динамика тяжести неврологических нарушений в основной группе

Fig. 1. Dynamics of severity of neurological disorders in the main group

Таблица 3. Сравнительная межгрупповая характеристика динамики показателей тяжести инсульта по шкале инсульта (National Institutes of Health Stroke Scale — NIHSS), *n* (%)
Table 3. Comparative intergroup characteristics of the dynamics of stroke severity indicators according to the stroke scale (National Institutes of Health Stroke Scale — NIHSS), *n* (%)

National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS)	Основная группа (<i>n</i> = 30) / Main group (<i>n</i> = 30)			Группа сравнения (<i>n</i> = 30) / Comparison group (<i>n</i> = 30)			Контрольная группа (<i>n</i> = 30) / Control group (<i>n</i> = 30)		
	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months
Отсутствие симптомов / No symptoms	0	1 (3,33 %)	1 (3,33 %)	0	0	0	0	4 (13,32 %)	5 (16,65 %)
Легкие неврологические нарушения / Mild neurological disorders	0	15 (50 %)	22 (73,33 %)*	1 (3,33 %)	4 (13,32 %)	7 (23,31 %)	5 (16,65 %)	11 (36,63 %)	11 (36,63 %)**
Неврологические нарушения средней степени тяжести / Neurological disorders of moderate severity	29 (96,7 %)	14 (46,62 %)#	7 (23,31 %)	24 (79,92 %)	24 (79,92 %)	23 (76,59 %)	24 (79,92 %)	14 (46,62 %)	14 (46,62 %)**
Тяжелые неврологические нарушения / Severe neurological impairment	1 (3,3 %)	0	0	5 (16,65 %)	2 (6,66 %)	0	1 (3,33 %)	1 (3,33 %)	0

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 6 месяцев после реабилитации, *p* < 0,05; ** — достоверные межгрупповые различия между основной и контрольной группой через 6 месяцев после реабилитации, *p* < 0,05; # — достоверные межгрупповые различия между основной и контрольной группой через 6 месяцев после реабилитации, *p* < 0,05.

Note: * — significant intergroup differences between the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, *p* < 0.05; ** — significant intergroup differences between the main and control groups 6 months after rehabilitation, *p* < 0.05; # — significant intergroup differences between groups the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, *p* < 0.05.

В группе сравнения, где применялась только ДР, положительная динамика присутствует, но менее выражена. Через 6 месяцев полное отсутствие симптомов отмечается у 0 пациентов, легкие нарушения — у 7 пациентов (23,31 %), а нарушения средней степени тяжести — у 23 пациентов (76,59 %) (рис. 2).

В контрольной группе положительные изменения также есть, но они выражены меньше, чем в основной группе и группе сравнения. Без симптомов — 5 пациентов (16,65 %), имеющие легкие нарушения — 11 пациентов (36,63 %), а со среднетяжелыми нарушениями — 14 пациентов (46,62 %). Наиболее значимые результаты восстановительного процесса отмечены в основной группе, где применялись ВР и ДР, что говорит об эффективности этого метода реабилитации в улучшении неврологических функций у пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения не только в острый период, но и о сохранении показателей восстановления в данной группе (рис. 3).

Анализ результатов по ШР через полгода после завершения раннего восстановительного этапа реабилитации представлен в таблице 4.

Через 6 месяцев после лечения в основной группе показатели изменились следующим образом: количество пациентов в категории 1 балл по ШР увеличилось с 5 (16,65 %) до 15 (50 %), что подчеркивает успех применяемых методов лечения. Показатели ШР в категории легкие нарушения жизнедеятельности 2 балла остались прежними — 11 (36,63 %). В категории умеренные нарушения жизнедеятельности 3 балла по ШР число пациентов снизилось с 10 (33,3 %) до 3 (9,99 %), что иллюстрирует положительные изменения в состоянии участников. Также в группе с выраженными нарушениями жизнедеятельности в 4 балла по ШР наблюдается снижение с 4 (13,32 %) до 1 (3,33 %).

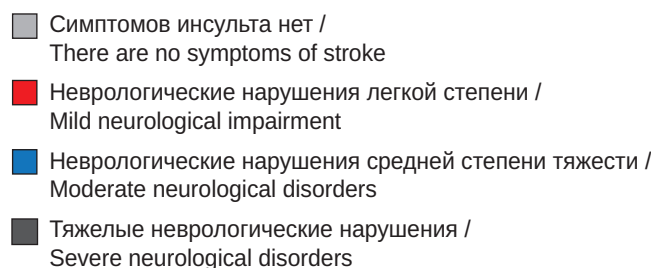
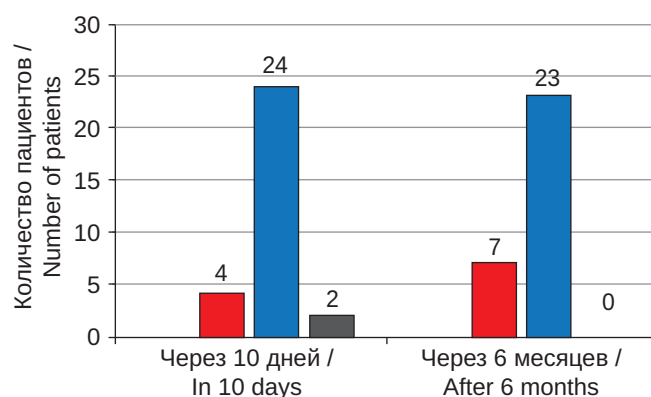


Рис. 2. Динамика тяжести неврологических нарушений в группе сравнения

Fig. 2. Dynamics of severity of neurological disorders in the comparison group

В группе сравнения, где применялась ДР, результаты указывают на положительный эффект от реабилитации. В категории 1 балл по ШР было небольшое увеличение числа пациентов с 0 до 3 (9,99 %). В категории легких нарушений жизнедеятельности 2 балла по ШР улучшение наблюдается с 5 (16,65 %) до 6 человек (19,98 %). В категории умеренных нарушений жизнедеятельности 3 балла по ШР показывают улучшение с 11 (36,63 %) до 13 человек (43,29 %). В группе с выраженными нарушениями жизнедеятельности в 4 балла по ШР число пациентов уменьшилось с 8 (26,64 %) до 7 (23,31 %), а в категории 5 баллов по ШР — с 6 (19,98 %) до 1 (3,33 %). Эти данные демонстрируют эффективность подходов с использованием ДР, хотя результаты уступают показателям основной группы.

В контрольной группе, где не применялись ВР и ДР, наблюдаются различные изменения в распределении пациентов по уровням нарушения жизнедеятельности. В категории 1 балл по ШР наблюдается небольшой рост числа пациентов с 7 (23,31 %) до 9 (29,97 %). В группе с легкими нарушениями жизнедеятельности 2 балла по ШР показатели остались неизменными — 7 (23,31 %). В категории умеренных нарушений жизнедеятельности 3 балла по ШР произошло снижение с 3 (9,99 %) до 2 (6,66 %) человек, что говорит о положительном эффекте лечения. В группе с выраженными нарушениями жизнедеятельности в 4 балла по ШР показатели остались неизменными — 8 (26,64 %), в то время как с грубыми нарушениями в 5 баллов по ШР число пациентов сократилось с 5 (16,65 %) до 4 (13,32 %).

В ходе исследования первого и второго этапов полученные результаты субъективных данных по клиническим

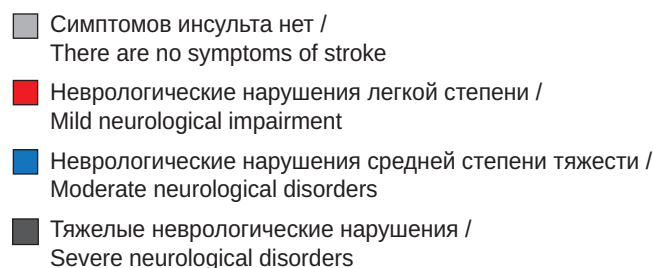
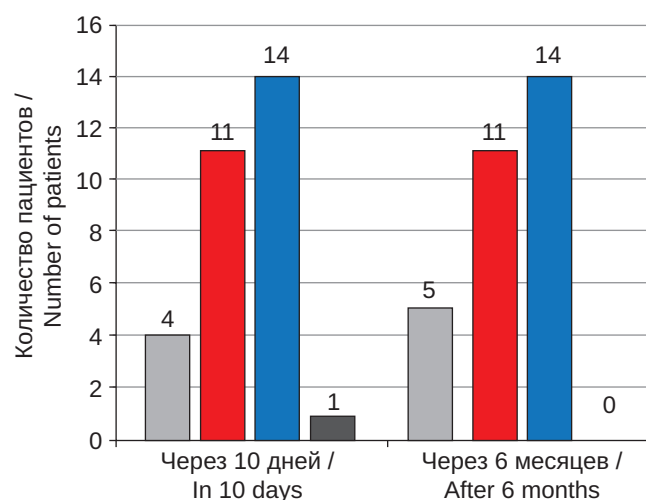


Рис. 3. Динамика тяжести неврологических нарушений в контрольной группе

Fig. 3. Dynamics of severity of neurological disorders in the control group

Таблица 4. Сравнительная межгрупповая характеристика динамики по шкале Рэнкина, n (%)
Table 4. Comparative intergroup characteristics of dynamics according to the Rankin scale, n (%)

Шкала Рэнкина / Rankin scale	Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)			Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)			Контрольная группа (n = 30) / Control group (n = 30)		
	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 month	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months
1	0	5 (16,65 %)	15 (50 %)	0	0	3 (9,99 %)	0	7 (23,31 %)	9 (29,97 %)
2	0	11 (36,63 %)	11 (36,63 %)	0	5 (16,65 %)	6 (19,98 %)	0	7 (23,31 %)	7 (23,31 %)
3	1 (3,33 %)	10 (33,3 %)	3 (9,99 %)*	2 (6,66 %)	11 (36,63 %)	13 (43,29 %)	5 (16,65 %)	3 (9,99 %)	2 (6,66 %)
4	22 (73,26)	4 (13,32 %)	1 (3,33 %)**	18 (59,94 %)	8 (26,64 %)	7 (23,31 %)	16 (53,28 %)	8 (26,64 %)	8 (26,64 %)#
5	7 (23,31 %)	0	0	10 (33,3 %)	6 (19,98 %)	1 (3,33 %)	9 (29,97 %)	5 (16,65 %)	4 (13,32 %)

Примечание: * — достоверные межгрупповые различия по шкале Рэнкина 3 балла между основной группой и группой сравнения через 6 месяцев после реабилитации, $p < 0,05$; ** — достоверные межгрупповые различия по шкале Рэнкина 4 балла между основной группой и группой сравнения через 6 месяцев по шкале Рэнкина месяцев после реабилитации, $p < 0,05$; # — достоверные межгрупповые различия по шкале Рэнкина 4 балла между основной и контрольной группой через 6 месяцев после реабилитации, $p < 0,05$.
Note: * — significant intergroup Rankine 3 points differences between the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, $p < 0.05$; ** — significant intergroup Rankin 4 points differences between the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, $p < 0.05$; # — significant intergroup Rankin 4 points differences between the main and control groups 6 months after rehabilitation, $p < 0.05$.

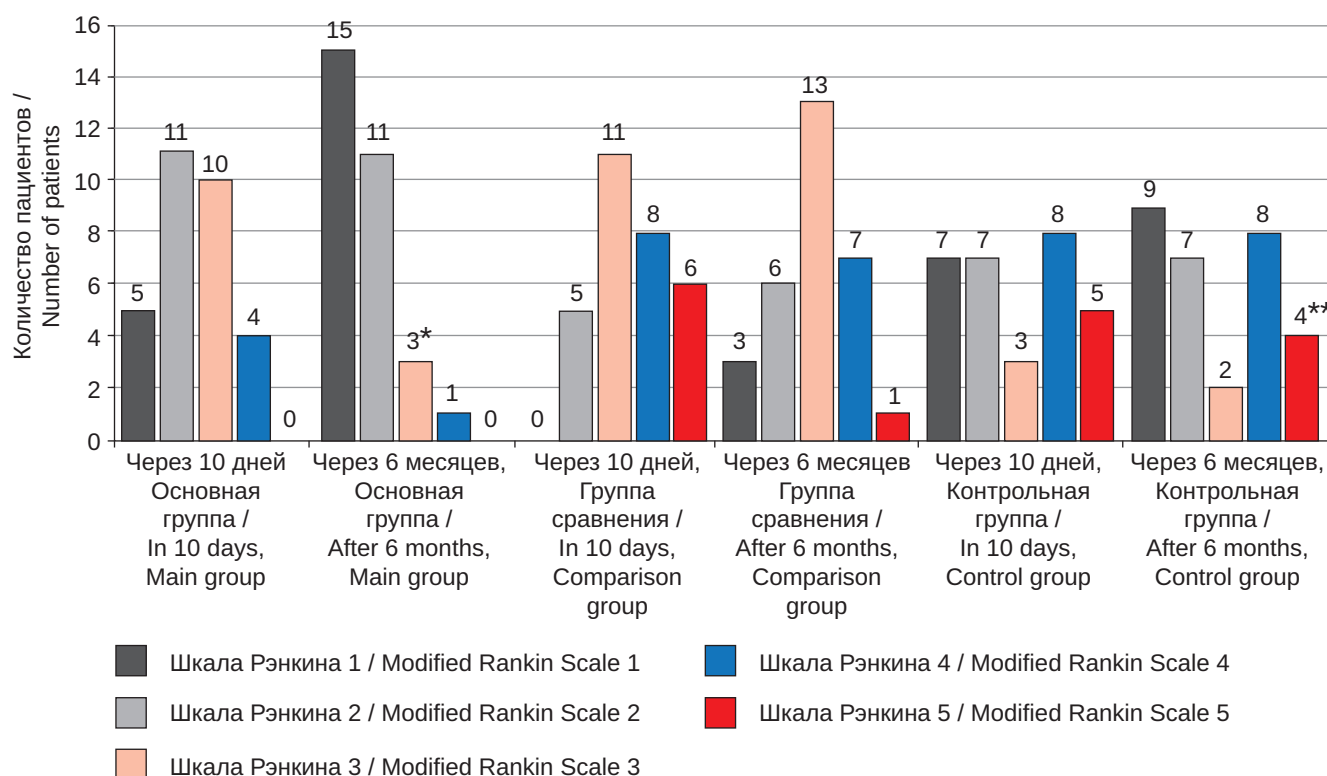


Рис. 4. Динамика реабилитационного прогноза по шкале Рэнкина. * — $p \leq 0,05$ при сравнении основной группы и группы сравнения (умеренное ограничение жизнедеятельности). ** — $p \leq 0,05$ при сравнении основной и контрольной групп (грубое нарушение процессов жизнедеятельности)

Fig. 4. Dynamics of rehabilitation prognosis according to Rankin scale. * — $p \leq 0.05$ when comparing the main group and the comparison group (moderate disability). ** — $p \leq 0.05$ when comparing the main and control groups (severe disruption of vital processes)

ким шкалам свидетельствуют о положительной динамике (табл. 5). Выявлены статистически значимые различия между основной группой и группой сравнения по шкале баланса Берга ($p < 0,05$) и между основной группой и контрольной группами ($p < 0,05$). При оценке индекса ходьбы Хаузера выявлены различия между основной группой и группой сравнения ($p < 0,05$). По индексу мобильности Ривермид различия выявлены в основной группе и группе сравнения ($p < 0,05$).

Исходя из полученных данных мобильность пациентов выше в группе с применением ВР, что, возможно, свидетельствует о действенности метода.

Необходимо отметить, что при завершении процедуры с применением ВР большинство пациентов высказывались положительно, были заинтересованы в продолжении занятий. Уменьшалась тревожность пациентов, поднимался настрой на занятия. Дискомфортные ощущения возникали крайне редко (1 пациент), проявлялись легким головокружением, которое нивелировалось спустя несколько секунд. Пациент выразил желание продолжить исследование.

Результаты исследования показали, что применение иммерсивной ВР в сочетании с велокинетическими занятиями на роботизированном тренажере значительно улучшает реабилитационные показатели у пациентов после острейшего периода острого нарушения мозгового кровообращения. Велотренировки на роботизированном тренажере содействовали укреплению мышц и улучшению общей координации движений. Комбинирование ВР и ДР повышает как физические параметры, так и когнитивные способности пациентов.

Отдаленные результаты, оцененные через 6 месяцев, подтвердили устойчивость улучшений у пациентов основной группы. Они продолжали показывать лучшие результаты по всем используемым шкалам по сравнению с группой сравнения и контрольной группой. Это дает основания полагать, что добавление элементов ВР в курс реабилитации может стать перспективным направлением в восстановлении пациентов после инсульта, оказывая долгоиграющее положительное влияние на их функциональный статус и качество жизни.

В нашем исследовании оценивался эффект от реабилитации по функции мобильности и опоры сразу после курса реабилитации с ВР и через 6 месяцев, то есть по окончании раннего восстановительного периода. Аналогичное исследование и результаты опубликованы в работе Цай Х. и соавт. в 2022 г., которые показали эффективность воздействия реабилитации с использованием иммерсивной ВР на восстановление функции ходьбы. Пациенты в процитированном исследовании также были в стационарных условиях, давность инсульта составила месяц или менее с нарушением функции ходьбы. Однако неизвестно, получали до этого пациенты другие методы реабилитации или нет [20]. Совпадает наше мнение и с другими исследованиями: пациенты с инсультом, включенные в группу с ВР и ДР, более вовлечены в процесс реабилитации, у них быстрее восстанавливается когнитивный дефицит, они более мотивированы на восстановление [21]. Более того, исследования показали, что риск применения иммерсивной ВР в реабилитации пациентов, перенесших инсульт, не превышает пользу при условии соблюдения

Таблица 5. Сравнительная межгрупповая характеристика динамики показателей мобильности пациентов, Me [5P; 95P]
Table 5. Comparative intergroup characteristics of the dynamics of patient mobility indicators, Me [5P; 95P]

Функциональные шкалы / Functional scales	Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)			Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)			Контрольная группа (n = 30) / Control group (n = 30)		
	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months	На 3-й день / On day 3	Через 10 дней после начала лечения / 10 days after the start of treatment	Через 6 месяцев / After 6 months
Индекс мобильности Ривермид / Rivermead Mobility Index	3 [0; 7]	10 [4; 14]	13,5 [8; 15]	1 [0; 7]	6 [0; 13]	9,5 [9,5; 14]##	2 [0; 8]	10,5 [1; 14]	11 [2; 14]
Шкала реабилитационной маршрутизации / Rehabilitation routing Scale	4 [3; 5]	3 [2; 4]	1,5 [1; 3]	4 [3; 5]	4 [2; 5]	3 [3; 4]	4 [3; 5]	2 [1; 5]	2 [1; 5]
Шкала Берга / The Berg scale	0,5 [0; 28]	41 [9; 54]	48 [34; 54]*	0 [0; 20]	21 [0; 48]	37 [37; 48]	0 [0; 38]	41 [0; 51]	42 [0; 51]#
Индекс ходьбы Хаузера / Hauser's walking index	9 [5; 9]	4 [1; 8]	1,5 [0; 4]**	9 [7; 9]	6,5 [2; 9]	4 [4; 9]	9 [3; 9]	3 [1; 9]	3 [1; 9]
Функциональные категории ходьбы (Holden M. et al., 1986; Wade D., 1992) / Functional categories of walking (Holden M. et al., 1986; Wade D., 1992)	0 [0; 2]	3 [0; 5]	5 [3; 5]	0 [0; 0]	0 [0; 4]	2,5 [2,5; 4]	0 [0; 4]	4 [0; 5]	4 [0; 5]

Примечание:* — достоверные межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 6 месяцев после реабилитации, $p < 0,05$, по шкале Берга; ** — достоверные межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 6 месяцев после реабилитации, $p < 0,05$, по индексу ходьбы Хаузера; # — достоверные межгрупповые различия между основной и контрольной группой через 6 месяцев после реабилитации, $p < 0,05$, по шкале Берга; ## — достоверные межгрупповые различия между основной группой и группой сравнения через 6 месяцев после реабилитации, $p < 0,05$, по индексу мобильности Ривермид.

Note:* — Significant intergroup differences between the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, $p < 0.05$, on the Berg scale; ** — Significant intergroup differences between the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, $p < 0.05$, according to the Hauser walking index; # — Significant intergroup differences between the main group and the comparison group 6 months after rehabilitation, $p < 0.05$, according to the Rivermead mobility Index.

протокола включения таких пациентов в данный метод [22]. В отечественных изданиях также активно обсуждается применение ВР в реабилитации, идет отработка подходов к объективизации и оценки эффективности этого метода при различной патологии [23]. Практически во всех исследованиях используется традиционная система оценки функциональной активности по клиническим шкалам [24]. Тщательная оценка двигательной функции с использованием оценочных шкал демонстрирует достоверную эффективность адьювантной двигательной реабилитации с использованием ВР [24]. Полностью привязывать все эффекты улучшения мобильности и двигательных функций нижних конечностей только к виртуальным технологиям не совсем применимо, поскольку имеет место целый комплекс реабилитационных мероприятий. По нашему мнению, именно применение унифицированных шкал оценки двигательной активности позволит дальше проводить метаанализ результатов использования ВР в реабилитации.

Ограничения исследования

Полученные результаты представляют собой промежуточную оценку состояния пациентов в конце раннего восстановительного периода. Затем предстоит провести детальный анализ параметров качества жизни, в том числе физического и психоэмоционального функ-

ционирования, также корреляционный и регрессионный анализ. Кроме того, ряд ограничений в применении данного метода связан с техническими возможностями реабилитационных отделений, с необходимостью обучения персонала работе с виртуальными программами. Также существуют ограничения по применению методов объективной оценки состояния пациентов в постинсультный период, так как в каждом конкретном случае могут потребоваться другие клинические и инструментальные исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное исследование продемонстрировало, что интеграция современных технологий в реабилитационный процесс может приносить существенные улучшения в клинических и функциональных исходах для пациентов после острого нарушения мозгового кровообращения в виде улучшения общей мобильности и двигательных функций нижних конечностей. ВР и роботизированные тренажеры представляют собой многообещающие инструменты для улучшения эффективности реабилитации и требуют дальнейших исследований для оптимизации протоколов применения и оценки долгосрочных эффектов. Унификация подходов к оценке результатов применения реабилитационных технологий с ВР позволит в дальнейшем провести метаанализ аналогичных исследований.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Туровина Елена Фаридовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской профилактики и реабилитации, Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России.

E-mail: e_turov@mail.ru, turovinina@tyumsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6585-0554>

Дмитрий Николаевич Плотников, врач-невролог, заведующий первично-сосудистым отделением, Областная больница № 23 (г. Ялуторовск).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7648-3342>

Вклад авторов. Авторы данного исследования подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: Туровина Е.Ф. — руководство проектом, методология, проверка и редактирование рукописи; Плотников Д.Н. — проведение исследования, обеспечение материалов для исследования, написание черновика статьи.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Туровина Е.Ф. — член редакционной коллегии журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют отсутствие конфликта интересов.

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом при ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Тюмень, Россия), протокол № 97 от 09.01.2021.

Информированное согласие. В исследовании не раскрывается сведений, позволяющих идентифицировать личность пациентов. От всех пациентов (законных представителей) было получено письменное согласие на публикацию всей соответствующей медицинской информации, включенной в рукопись.

Доступ к данным. Данные, поддерживающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Elena F. Turovinina, D.Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of Medical Prevention and Rehabilitation, Tyumen State Medical University.

E-mail: e_turov@mail.ru, turovinina@tyumsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6585-0554>

Dmitrij N. Plotnikov, neurologist, Head of the Department of Vascular Surgery, Regional Hospital No. 23 (Yalutorovsk).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7648-3342>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Turovinina E.F. — project administration, methodology, writing — review & editing; Plotnikov D.N. — investigation, resources, writing — original draft.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. Turovinina E.F. — Member of Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. The other authors state that there is no conflict of interest.

Ethics Approval. The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Tyumen State Medical University (Tyumen, Russia), Protocol No. 97 dated 09.01.2021.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patients. Written consent was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Avan A., Digaleh H., Di Napoli M., et al. Socioeconomic status and stroke incidence, prevalence, mortality, and worldwide burden: an ecological analysis from the Global Burden of Disease Study 2017. *BMC Med.* 2019; 17(1): 191. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1397-3>
2. van der Krogt H.J., Meskers C.G., de Groot J.H., et al. The gap between clinical gaze and systematic assessment of movement disorders after stroke. *J NeuroEngineering Rehabil.* 2012; 9: 61. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-9-61>
3. Румянцева С.А., Силина Е.В., Свищева С.П., Комаров А.Н. Медицинские и организационные проблемы до- и постинсультной инвалидизации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2013; 113(9-2): 43-49. [Rumiantseva S.A., Silina E.V., Svishcheva S.P., Komarov A.N. Medical and organizational issues of pre- and post-stroke disablement. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2013; 113(9-2): 43-49 (In Russ.).]
4. Белкин А.А. Синдром последствий интенсивной терапии (ПИТ-синдром). Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова. 2018; 2: 12-23. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2018-2-12-23> [Belkin A.A. Syndrome Effects of Intensive Therapy — Post Intensive Care Syndrome (PICS). *Alexander Saltanov Intensive Care Herald.* 2018; 2: 12-23. <https://doi.org/10.21320/1818-474X-2018-2-12-23> (In Russ.).]
5. Xu B., Lin X. The influence of early comprehensive rehabilitation on the quality of life of stroke patients with hemiplegia. *Modern Medicine and Health Research.* 2023; 7(4): 60-2. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2096-3718.2023.04.020>
6. Belda-Lois J.M., Mena-del Horno S., Bermejo-Bosch I., et al. Rehabilitation of gait after stroke: a review towards a top-down approach. *J NeuroEngineering Rehabil.* 2011; 8: 66. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-8-66>
7. Wei X., Sun S., Zhang M., et al. A systematic review and meta-analysis of clinical efficacy of early and late rehabilitation interventions for ischemic stroke. *BMC Neurol.* 2024; 24: 91. <https://doi.org/10.1186/s12883-024-03565-8>
8. Talbot L.R., Viscogliosi C., Desrosiers J., et al. Identification of rehabilitation needs after a stroke: an exploratory study. *Health Qual Life Outcomes.* 2004; 2: 53. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-2-53>
9. Tadi P, Lui F. Acute Stroke. [Updated Aug. 17, 2023]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535369/> (Accessed 01.01.2025).
10. Eppele C., Maurer-Burkhard B., Licht MC., et al. Vojta therapy improves postural control in very early stroke rehabilitation: a randomised controlled pilot trial. *Neurol. Res. Pract.* 2020; 2: 23. <https://doi.org/10.1186/s42466-020-00070-4>
11. Макаров А.О., Иванова Н.Е., Ефимова М.Ю. и др. Стратификация факторов риска развития повторного инсульта и оптимизация реабилитационных мероприятий у лиц пожилого возраста, страдающих гипертонической болезнью. Вестник восстановительной медицины. 2015; 4(68): 27-32. [Makarov A.O., Ivanova N.E., Efimova M.J., et al. Stratification of the repeat stroke risk factors optimization of rehabilitation measures in relation to elderly patients suffering from hypertension. *Bulletin of Rehabilitation Medicine.* 2015; 4(68): 27-32 (In Russ.).]
12. Ferrarello F., Deluca G., Pizzi A., et al. Passive standing as an adjunct rehabilitation intervention after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Physiother.* 2015; 5: 2. <https://doi.org/10.1186/s40945-015-0002-0>
13. Li J., Zhong D., Ye J. et al. Rehabilitation for balance impairment in patients after stroke: a protocol of a systematic review and network meta-analysis. *BMJ Open.* 2019; 9(7): e026844. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-026844>
14. Воловец С.А., Сергеев Е.Ю., Даринская Л.Ю. и др. Современный подход к восстановлению постурального баланса у пациентов с последствиями острого нарушения мозгового кровообращения. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018; 95(2): 4-9. <https://doi.org/10.17116/kurort20189524-9> [Volovets S.A., Sergeenko E.Yu., Darinskaya L.Y., et al. The modern approaches to the restoration of postural balance in the patients suffering from the consequences of an acute cerebrovascular accident (CVA). *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy.* 2018; 95(2): 4-9. <https://doi.org/10.17116/kurort20189524-9> (In Russ.).]
15. Tsang S., Royse C.F., Terkawi A.S. Guidelines for developing, translating, and validating a questionnaire in perioperative and pain medicine. *Saudi J Anaesth.* 2017; 11(Suppl 1): S80-S89. https://doi.org/10.4103/sja.SJA_203_17
16. Faber M.J., Bosscher R.J., van Wieringen P.C. Clinimetric properties of the performance-oriented mobility assessment. *Phys Ther.* 2006; 86(7): 944-954.
17. Воловик М.Г. Технологии виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации пациентов с ограниченными возможностями. Москва. 2018; 10(4): 173-182. <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21> [Volovik M.G. Virtual reality technology in complex medical rehabilitation of patients with disabilities (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2018; 10(4): 173-182. <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21> (In Russ.).]
18. Краснова-Гольева В.В., Гольев М.А. Виртуальная реальность в реабилитации после инсульта. Современная зарубежная психология. 2015; 4(4): 39-44. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2015040406> [Krasnova-Goleva V.V., Golev M.A. Virtual reality in rehabilitation after stroke. *Journal of Modern Foreign Psychology.* 2015; 4(4): 39-44. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2015040406> (In Russ., Abstr. In Engl.).]
19. Левин О.С., Боголепова А.Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120(11): 99-107. <https://doi.org/10.17116/jnevro20201201199> [Levin O.S., Bogolepova A.N. Poststroke motor and cognitive impairments: clinical features and current approaches to rehabilitation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2020; 120(11): 99-107. <https://doi.org/10.17116/jnevro20201201199> (In Russ.).]
20. Cai H., Lin T., Chen L., et al. Evaluating the effect of immersive virtual reality technology on gait rehabilitation in stroke patients: a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 22. 2021; 91. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05031-z>
21. Bergmann J., Krewer C., Bauer P., et al. Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke: a pilot randomized controlled trial. 407. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2018; 54(3): 397-407.
22. Cortés-Pérez I., Nieto-Escamez F.A., Obrero-Gaitán E. Immersive virtual reality in stroke patients as a new approach for reducing postural disabilities and falls risk: a case series. *Brain Sci.* 2020; 10(5): 296. <https://doi.org/10.3390/brainsci10050296>

23. Колышенков В.А., Просвирин А.Н. Оценка эффективности применения комплексной программы реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности: проспективное когортное исследование 59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21(4), 159–172. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-159-72> [Kolysheikov V.A., Prosvirinin A.N. Evaluation of the effectiveness of the virtual reality technologies comprehensive rehabilitation program application: a prospective cohort study of 59 patients with rotator cuff injury. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2022; 21 (4): 159–172. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-159-172> (In Russ.).]
24. Захаров А.В., Хивинцева Е.В., Чаплыгин С.С. и др. Двигательная реабилитация пациентов в остром периоде инсульта с использованием технологии виртуальной реальности. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2021; 121(8–2): 71–75. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112108271> [Zakharov A.V., Khivintseva E.V., Chaplygin S.S., et al. Motor rehabilitation of patients in the acute period of stroke using virtual reality technology. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2021; 121(8–2): 71–75. <https://doi.org/10.17116/jnevro202112108271> (In Russ.).]