

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633828>

Возможности применения инновационных немедикаментозных технологий в реабилитации пациентов с ранними постинсультными когнитивными нарушениями

А.М. Тынтерова¹, Н.Н. Шушарина¹, Е.Р. Баранцевич²¹ Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия;² Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Одним из ведущих факторов, затрудняющих социальную адаптацию после ишемического инсульта, являются когнитивные и двигательные нарушения.

Цель исследования — оценить эффективность реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности (VR) и влияние основных клинических и функциональных параметров на результативность VR-терапии у пациентов с различной степенью когнитивного снижения в остром периоде ишемического инсульта.

Материалы и методы. Обследовано 170 пациентов с диагнозом ишемического инсульта, имеющих когнитивное снижение по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA). В зависимости от объема терапевтического вмешательства пациенты были рандомизированы в две группы: группа 1 — 120 человек, которым дополнительно проводилась VR-реабилитация (62 пациента с умеренными когнитивными нарушениями, 58 пациентов с деменцией); группа 2 — 50 пациентов, получавших только базовую терапию и стандартную программу ранней реабилитации. С 4–5-го дня госпитализации пациентам группы 1 в дополнение к базисной терапии проводилась VR-реабилитация.

Результаты. Продemonстрировано более значимое восстановление независимости, регресс перцепционных и управляющих функций у пациентов группы 1 по сравнению с контролем. У пациентов с умеренными когнитивными нарушениями значимое улучшение на фоне проведенной VR-реабилитации выявлено в отношении всех когнитивных и функциональных параметров за исключением семантической обработки информации, внимания и конструктивного праксиса. У пациентов с деменцией улучшение отмечено по шкале Национального института здоровья (NIHSS), а также в отношении речевых и мнестических нарушений. В группе 1 корреляция ΔRE (эффективность реабилитации) выявлена с параметрами восприятия, внимания, семантической обработки информации, степенью IQCODE (опросник родственника о когнитивном снижении у пожилого человека) и тяжестью инсульта (NIHSS), с полом, наличием гипертонической болезни и повторного инсульта. У пациентов с умеренными когнитивными нарушениями продемонстрирована корреляция ΔRE с размером очага, уровнем внимания, показателями индекса Бартел (BI), шкалы Рэнкина (mRS) и NIHSS; у пациентов с деменцией — с возрастом, полом, степенью IQCODE, показателями нейровизуализационной шкалы STRIVE, семантической афазией и нарушением восприятия.

Заключение. В настоящем исследовании выявлен полиморфизм факторов, влияющих на эффективность применения VR-терапии у пациентов с различной степенью когнитивного снижения. Современные подходы к VR-реабилитации пациентов с постинсультными когнитивными нарушениями требуют разработки индивидуальных методов реабилитации с использованием иммерсионной среды, ориентированных на структуру, этиологию и тяжесть когнитивного дефицита с учётом степени функционального состояния пациента.

Ключевые слова: ишемический инсульт; когнитивные нарушения; функциональный исход; виртуальная реальность; реабилитация.

Как цитировать:

Тынтерова А.М., Шушарина Н.Н., Баранцевич Е.Р. Возможности применения инновационных немедикаментозных технологий в реабилитации пациентов с ранними постинсультными когнитивными нарушениями // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2024. Т. 6, № 3. С. 230–242. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633828>

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633828>

Possibilities of using innovative non-drug technologies in the rehabilitation of patients with early post-stroke cognitive impairment

Anastasya M. Tynterova¹, Natalia N. Shusharina¹, Evgenii R. Barantsevich²¹ Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia;² Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: One of the leading factors complicating social adaptation after ischemic stroke is cognitive and motor impairment.

AIM: This study aimed to evaluate the effect of rehabilitation using virtual reality technologies and the influence of the main clinical and functional parameters on virtual reality (VR) therapy in patients with different degrees of cognitive decline in the acute period of ischemic stroke.

MATERIALS AND METHODS: This study examined 170 patients diagnosed with ischemic stroke with cognitive decline according to the Montreal Cognitive Assessment. Depending on the volume of therapy, the patients were divided into two groups: group 1 included 120 patients who received additional therapy using VR technologies (62 patients with moderate cognitive impairment, 58 patients with dementia), and group 2 consisted of 50 patients who received only basic therapy and standard methods of early rehabilitation. In group 1, on days 4–5 following basic therapy, rehabilitation using VR was performed. The Barthel Index (BI) scale, Rankin Scale (mRS), and National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) were used to examine cognitive and functional status, and tests were performed to assess cognitive functions, as well as neuroimaging scales ASPECTS, STRIVE, and MTA. The effectiveness of rehabilitation (ΔRE) was measured by the indicator of changes in the parameters of the VR system before and after treatment.

RESULTS: A more significant improvement of the patient's independence and regression of perceptual and executive functions was demonstrated in group 1 than in the control group. In patients with MCI, significant improvement was observed in all cognitive and functional parameters except semantic information processing, attention, and constructive praxis. In patients with dementia, improvement was noted in NIHSS, speech and amnesic disorders. In group 1, ΔRE was found to be associated with the parameters of perception, attention, semantic information processing, IQCODE, and NIHSS and the presence of hypertension and repeated stroke. In patients with MCI, ΔRE was correlated with lesion size, attention level, BI, mRS, and NIHSS and with age, sex, degree of IQCODE and STRIVE, semantic aphasia, and perceptual impairment in patients with dementia.

CONCLUSION: The present study revealed a polymorphism of factors influencing the effectiveness of VR therapy in patients with varying degrees of cognitive decline. Modern approaches to VR rehabilitation of patients with post-stroke cognitive impairment require the development of individual methods of rehabilitation using immersion environment focused on the structure, etiology, and severity of cognitive deficit considering the degree of the patient's functional state.

Keywords: ischemic stroke; cognitive impairment; functional outcome; virtual reality; rehabilitation.

To cite this article:

Tynterova AM, Shusharina NN, Barantsevich ER. Possibilities of using innovative non-drug technologies in the rehabilitation of patients with early post-stroke cognitive impairment. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2024;6(3):230–242. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab633828>

Список сокращений

КТ — компьютерная томография

MPT — магнитно-резонансная томография

ASPECTS (Alberta stroke programme early CT score) — программа Alberta для оценки ранних КТ-изменений при инсульте

BI (Barthel Index) — индекс Бартел

IQCODE (Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly) — опросник информанта о когнитивном снижении у пожилого человека

MoCA (Montreal Cognitive Assessment) — Монреальская шкала оценки когнитивных функций

MTA (Medial Temporallobe Atrophy) — шкала атрофии медиальной височной доли

mRS (Modified Rankin Scale) — модифицированная шкала Рэнкина

NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale) — шкала Национального института здоровья

RE (efficiency of rehabilitation) — эффективность реабилитации

STRIVE (STandards for Reporting Vascular changes on nEuroimaging) — стандарты описания сосудистых изменений при нейровизуализации

VR (virtual reality) — виртуальная реальность

ОБОСНОВАНИЕ

Ишемический инсульт является глобальной проблемой мирового здравоохранения, приводящей к инвалидизации пациента [1]. Одним из ведущих факторов, затрудняющих социальную адаптацию после ишемического инсульта, являются когнитивные нарушения [2]. Согласно данным исследований последних лет, развитие постинсультных когнитивных нарушений различной степени выраженности может варьировать от 40 до 71% [3]. В соответствии с тяжестью постинсультного нейрокогнитивного расстройства выделяют умеренные когнитивные нарушения и деменцию, которые соответствуют снижению в одной или более когнитивной сферах относительно предыдущего уровня функционирования без или с нарушениями функциональной независимости [4, 5].

Полиморфизм и распространённость когнитивных нарушений в когорте пациентов, перенёсших ишемический инсульт, наряду с программами восстановления двигательной и речевой функций обуславливают внедрение методов нейрокогнитивной реабилитации, в том числе с использованием аппаратно-программных компьютерных технологий [6]. Научоёмкие разработки, основанные на результатах новых научно-технических знаний, включают технологии виртуальной реальности (virtual reality, VR), одним из основных преимуществ которых является эффект погружения, который во многом достигается за счёт организации взаимодействия пользователя с виртуальной реальностью способами, аналогично используемым для взаимодействия с реальным миром [7, 8].

Использование адаптированных индивидуальных программ виртуальной реальности, основанное на результатах оценки клинических и функциональных параметров, может обеспечить полностью контролируемую виртуальную экспериментальную среду для восстановления когнитивных и моторных функций пациента. Однако, несмотря на продолжительный и плодотворный опыт

применения VR-технологий в рамках восстановительного лечения двигательных и когнитивных расстройств на разных этапах медицинской реабилитации, тема использования VR-вмешательств в остром периоде ишемического инсульта остаётся недостаточно освещённой. Дискутабельность данного вопроса связана с потенциальными негативными последствиями использования виртуальной реальности, особенно технологий, основанных на полном погружении в виртуальную среду в остром периоде ишемического инсульта, продемонстрированными некоторыми авторами [9, 10]. Проведение исследований, направленных на оценку возможностей VR-вмешательства, эффективности и безопасности данного метода, позволит персонифицировать подход с применением интерактивной среды для лечения постинсультных нейропсихологических расстройств и расширить рамки восстановительного потенциала больных, перенёсших инсульт.

Цель исследования — оценить эффективность реабилитации с применением VR-технологий и влияние основных клинических и функциональных параметров на результативность VR-терапии у пациентов с различной степенью когнитивного снижения в остром периоде ишемического инсульта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Когортное экспериментальное одноцентровое выборочное проспективное.

Критерии соответствия

Критерии включения: клинические признаки и симптомы, соответствующие диагнозу «ишемический инсульт в каротидном бассейне»; возраст от 60 до 80 лет; балл по NIHSS ≤ 16 ; снижение когнитивной функции (< 26 баллов по шкале MoCA).

Критерии исключения: декомпенсация коморбидных состояний; геморрагический инсульт и транзиторная ишемическая атака, ишемический инсульт в вертебробазиллярном бассейне, грубая моторная и сенсорная афазия, наличие противопоказаний/ограничений к проведению VR-вмешательства (кинетоз, эпилепсия, киберболезнь, мышечная спастичность >3 баллов по шкале Эшворта, нестабильность общего состояния пациента, склонность к падениям).

Условия проведения

Исследование выполнено на базе неврологического отделения ГБУЗ «Клиническая больница скорой медицинской помощи» (Калининград).

Продолжительность исследования

Исследование проводилось с апреля 2022 по ноябрь 2023 года.

Описание медицинского вмешательства

Программа VR-реабилитации включала набор упражнений, в которых пациенту предлагалось осуществить ряд повторных или последовательных движений согласно заданному сценарию в полуиммерсивном режиме погружения. Все жесты фиксировались с помощью методики захвата движений с последующим анализом точности и скорости совершения движений. В течение 10 дней оценивалась правильность выполнения 8 заданий с различным уровнем сложности, направленных на восстановление моторного и когнитивного дефицита.

Исходы исследования

В качестве исходов настоящего исследования оценивались параметры тестирования с помощью системы Kinect Delphi (Девирта), показатели когнитивного и функционального статуса до и после лечения.

Методы регистрации исходов

Нейропсихологическое исследование проводилось на 4-й и 14-й дни госпитализации. Для расширенной диагностики когнитивных нарушений у пациентов, перенёвших инсульт, в дополнение к субшкалам Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (Montreal Cognitive Assessment, MoCA) использовались тесты для оценки праксиса, гнозиса, управляющих и нейродинамических функций. Эпизодическая память исследовалась путём оценки повторения 10 слов. Для оценки управляющих функций использовался тест Струпа. Для оценки перцепции использовался тест для исследования предметного гнозиса (Бостонский тест называния). Речевая функция исследовалась с помощью субшкал MoCA (тесты на повторение двух синтаксически сложных предложений, беглость речи) и оценки семантической афазии (понимание сложных грамматических конструкций). Для исследования

праксиса применялись тесты на конструктивный (срисовывание четырёх геометрических фигур) и идеаторный (выполнение сложных движений, включающих серию простых действий) вид праксиса. Для исследования уровня внимания использовался тест Бурдона.

Для выявления когнитивного снижения пациента до инсульта применялся опросник информанта (родственника) о когнитивном снижении у пожилого человека (Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly, IQCODE). Оценка нейровизуализационных показателей осуществлялась по данным компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной (МРТ) томографии, оценка начальных ишемических изменений в бассейне средней мозговой артерии — с использованием программы Alberta для оценки ранних КТ-изменений при инсульте (Alberta stroke programme early CT score, ASPECTS). Нейровизуализационные признаки гиперинтенсивности белого вещества сосудистого происхождения и вторичной атрофии головного мозга определялись согласно МРТ-стандартам исследования церебральной микроангиопатии (STandards for Reporting Vascular changes on nEuroimaging, STRIVE). Степень выраженности лейкоареоза оценивалась с использованием визуальной шкалы Фазекаса (Fazekas). Биомаркеры нейродегенерации альцгеймеровского типа верифицировались на основании выявления атрофии преимущественно в медиобазальных отделах височной коры с использованием шкалы атрофии медиальной височной доли (Medial Temporallobe Atrophy, MTA).

С 4–5-го дня госпитализации в дополнение к базисной терапии и программе раннего восстановительного лечения (кинезитерапия, речевая реабилитация) пациентам проводилась реабилитация с применением VR-технологий (АПК «Девирта-Делфи», Россия, регистрационное удостоверение РЗН 2019/9218 от 13.11.2019) с оценкой основных параметров до и после лечения.

Повседневная активность пациента оценивалась с использованием индекса Бартел (Barthel Index, BI). Для оценки независимости пациента применялась модифицированная шкала Рэнкина (Modified Rankin Scale, mRS). Тяжесть инсульта оценивалась в соответствии со шкалой Национального института здоровья (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS).

В начале и в конце исследования проводилась контрольная оценка изменений основных показателей, произошедших в ходе реабилитации. Эффективность реабилитации (efficiency of rehabilitation, RE) определялась показателем изменения параметров тестирования до и после проведённой терапии (ΔRE).

Этическая экспертиза

Исследование одобрено независимым этическим комитетом Центра клинических исследований ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» (протокол № 2 от 27.04.2021, приложение от 15.01.2022).

Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался. Для статистической обработки данных использовали стандартный пакет прикладных программ SPSS Statistics V23.0 для Windows, язык программирования Python, библиотеки Pandas и SciPy. Характер распределения количественных показателей оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей [$Q1$; $Q3$]. Сравнительный статистический анализ данных с нормальным распределением проводился с помощью дисперсионного теста ANOVA для зависимых и независимых выборок. Для данных, не подчиняющихся нормальному распределению, был применён непараметрический критерий Вилкоксона. Анализ различий частот в двух независимых группах проводили при помощи точного критерия Фишера с двусторонней доверительной вероятностью, критерия χ^2 с поправкой Йейтса. Уровень статистической значимости соответствовал $p < 0,05$. Для множественного сравнения переменных с целью отклонения ложноположительных результатов применяли поправку Бонферрони ($p < 0,0125$). Для оценки связи параметров с показателями функционального исхода и эффективности реабилитации вычисляли коэффициент корреляции (r). Для корреляции непрерывных значений, включающих признаки, исчисляемые в баллах, использовались методы Пирсона и Спирмена. Для данных, имеющих бинарный тип значений (пол, коморбидная патология, наличие повторного ишемического инсульта, латерализация поражения, нейровизуализационные показатели), показатели коэффициента корреляции (r) вычисляли при помощи точечно-бисериального метода.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

В исследование включено 170 пациентов с диагнозом «Ишемический инсульт в каротидном бассейне», имеющих когнитивное снижение (< 26 баллов) в соответствии со шкалой оценки когнитивных функций MoCA. В зависимости от объёма терапевтического вмешательства пациенты были рандомизированы в две группы.

В группу 1 вошли 120 человек, которым проводилась VR-реабилитация, из них 62 пациента с умеренными когнитивными нарушениями (MoCA 20–25 баллов), 58 пациентов с дементивными когнитивными нарушениями (MoCA < 20 баллов).

В группу 2 (контрольную) вошли 50 пациентов, сопоставимых по полу, возрасту и когнитивной функции, получавших только базовую терапию и стандартную программу ранней реабилитации.

С целью верификации подтипа ишемического инсульта, согласно критериям клинического испытания препарата ORG 10172 в лечении острого инсульта (Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment, TOAST), проведены стандартизированные методы обследования в рамках стандарта оказания медицинской помощи больным с инсультом. Все пациенты группы 1 закончили лечение, нежелательных явлений при проведении VR-терапии не выявлено.

Основные результаты исследования

На основании проведённого обследования у пациентов, включённых в исследование, верифицированы демографические, клинические и нейровизуализационные признаки (табл. 1).

На момент проведения исследования состояние всех больных на фоне проведённой базисной терапии расценивалось как удовлетворительное. На момент поступления все пациенты имели умеренные показатели NIHSS, BI и mRS. Общий балл по IQCODE в обеих группах соответствовал доинсультным когнитивным нарушениям, выходящим за рамки возрастной нормы (> 78 баллов). Сравнительный анализ между группами выявил более высокий показатель mRS ($p = 0,0150$) у пациентов группы 2 и более низкий уровень MoCA ($p = 0,0150$) у пациентов группы 1. Сравнительный анализ показателей пациентов с различной степенью когнитивного дефицита выявил более высокие показатели IQCODE ($p < 0,0001$, $p = 0,010$), более низкие уровни MoCA ($p < 0,0001$, $p = 0,003$) и превалирование признаков гиперинтенсивности белого вещества ($p = 0,0036$, $p = 0,0001$) у пациентов с деменцией в обеих группах. В группе 1 значимость была выявлена в отношении частоты встречаемости вторичной атрофии коры головного мозга ($p = 0,004$) и MTA-критериев ($p = 0,0083$) у пациентов с деменцией в сравнении с больными с умеренными когнитивными нарушениями.

В отношении других признаков статистически значимых отличий между группами не выявлено ($p > 0,05$). При проведении анализа динамики когнитивных и функциональных нарушений после проведённой терапии отмечалось значимое ($p < 0,0125$) улучшение мнестической, исполнительной функций и идеаторного праксиса, регресс неврологического дефицита (NIHSS) и восстановление независимости пациента (mRS) в обеих группах в сравнении с исходными параметрами. В группе 1 также отмечались более значимый регресс mRS, улучшение в отношении перцепции, нейродинамической (внимание) и регулирующей функций в сравнении с параметрами группы 2 (табл. 2).

Сравнительный анализ динамики когнитивных показателей в группах пациентов с различной степенью MoCA продемонстрировал значимое улучшение памяти ($p = 0,0016$, $p < 0,0001$) и речи ($p = 0,0017$, $p = 0,006$) независимо от степени когнитивного снижения с преобладанием у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями.

Таблица 1. Основные характеристики пациентов**Table 1.** Main characteristics of patients

Параметры / Parameters	Статистическая обработка / Statistical processing	Группа / Group		p
		1 (n=120)	2 (n=50)	
Демографические показатели, n (%) / Demographics, n (%)				
• женщины / women	M±σ	62 (51,6)	25 (50,0)	0,588
• мужчины / men		58 (48,4)	25 (50,0)	0,588
Средний возраст, лет / Average age, years	-	67,64±5,9	67,82±5,3	0,330
Подтипы ишемического инсульта (критерии TOAST), n (%) / Subtypes of ischaemic stroke (TOAST criteria), n (%)				
• атеротромботический / atherothrombotic	-	41 (34,2)	12 (30,6)	0,649
• кардиоэмболический / cardioembolic		43 (35,8)	22 (42,8)	0,391
• лакунарный / lacunar		27 (22,5)	14 (18,4)	0,551
• неустановленной этиологии / unspecified etiology		9 (7,5)	2 (8,2)	0,876
Коморбидная патология / Comorbid pathology				
• повторный ишемический инсульт / recurrent ischaemic stroke	-	28 (23,3)	8 (16,0)	0,288
• сахарный диабет / diabetes mellitus		20 (16,7)	6 (12,0)	0,438
• гипертоническая болезнь / hypertensive disease		66 (55,0)	28 (56,0)	0,904
Параметры нейровизуализации / Neuroimaging parameters				
• ишемический инсульт в правой гемисфере, n (%) / ischaemic stroke in the right hemisphere, n (%)	-	51 (42,5)	23 (46,0)	0,674
• ишемический инсульт в левой гемисфере, n (%) / ischaemic stroke in the left hemisphere, n (%)	-	69 (57,5)	27 (54,0)	0,674
• МТА (2-3), n (%)	-	10 (8,3)	4 (8,0)	0,948
• гиперинтенсивность белого вещества (Fazekas 2-3), n (%) / white matter hyperintensity (Fazekas 2-3), n (%)	-	58 (48,3)	17 (34,0)	0,0871
• размер очага, мм / centre size, mm	Me [Q1; Q3]	21 [5; 30]	22 [5; 33]	0,432
• вторичная атрофия коры, n (%) / secondary cortical atrophy, n (%)	-	50 (41,6)	17 (34,0)	0,355
• ASPECTS, балл / score	Me [Q1; Q3]	8,0 [7; 10]	8,5 [8; 10]	0,482
Функциональный статус пациента, балл / Functional status of the patient, score				
• NIHSS	M±σ	6,96±2,0	6,48±3,4	0,253
• BI		80,72±7,9	81,90±9,4	0,403
• IQCODE		83,55±6,8	83,35±6,8	0,903
• mRS		2,4±0,8	2,70±0,4*	0,0150
Когнитивная функция / Cognitive function				
• IQCODE, балл / score	M±σ	83,55±6,8	83,35±6,8	0,903
• MoCA, балл / score	M±σ	20,77±2,1*	22,65±2,8	0,0001
• умеренные когнитивные нарушения, n (%) / moderate cognitive impairment, n (%)	-	62 (51,6)	34 (68,0)	0,059
• деменция, n (%) / dementia, n (%)	-	58 (48,4)	16 (32,0)	0,131

* p < 0,05.

У пациентов с умеренными когнитивными нарушениями выявлен также значимый регресс нарушений восприятия ($p < 0,0001$), идеаторного праксиса ($p = 0,0028$) и управляющих функций ($p < 0,0001$) в сравнении с исходными параметрами и когнитивными показателями пациентов с деменцией на момент окончания терапии.

Анализ оценки динамики показателей по основным клиническим шкалам выявил статистическое снижение показателя NIHSS ($p < 0,0001$, $p = 0,003$) у пациентов обеих групп.

В отношении функционального исхода в соответствии со шкалой mRS и восстановления ежедневной активности по BI значимое улучшение выявлено только у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями ($p < 0,0001$, $p = 0,0048$). Оценка показателей тестирования основных показателей Kinect Delphi продемонстрировала улучшение ($p < 0,0001$, $p = 0,0016$) в обеих группах с превалированием у больных с умеренными когнитивными нарушениями (табл. 3).

При оценке взаимоотношений показателя ΔRE у пациентов группы 1 наиболее значимая отрицательная

Таблица 2. Динамика основных показателей у пациентов основной и контрольной групп на фоне проведённой терапии, балл, М±σ
Table 2. Dynamics of the main indicators in patients of the main and control groups during the treatment, points (M±σ)

Показатель / Indicator	Группа 1 / Group 1 n=120		Группа 2 / Group 2 n=50		p
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	
Речь / Speech	1,85±0,7	2,09±1,2	2,04±1,0	2,39±1,6	p1=0,080 p2=0,099 p3=0,181
Память (тест Лурия) / Memory (Luria test)	4,29±1,5	5,43±1,8	4,53±1,5	5,53±2,2	p1 <0,0001* p2=0,001* p3=0,849
Управляющая функция / Control function	6,29±1,3	9,28±1,5	6,55±1,3	8,29 ±1,6	p1 <0,0001* p2 <0,001* p3=0,0002*
Внимание / Attention	4,10±1,2	4,39±0,7	4,07±1,0	4,09±0,9	p1=0,0156 p2=0,626 p3=0,0118*
Восприятие / Perception	31,68±3,2	33,59±0,9	32,08±3,0	33,01±2,0	p1 <0,0001* p2=0,163 p3=0,0098*
Конструктивный праксис / Constructive praxis	4,15±2,2	4,42±1,8	4,37±1,4	4,66±1,4	p1=0,120 p2=0,240 p3=0,910
Идеаторный праксис / Ideator praxis	4,08±1,3	4,45±0,8	4,19±1,1	4,75±1,0	p1=0,0094* p2=0,0073* p3=0,0405
Семантическая обработка информации / Semantic information processing	2,49±0,7	2,40±1,4	2,36±1,8	2,37±1,9	p1=0,442 p2=0,972 p3=0,657
NIHSS	6,96±2,0	4,39±2,2	6,48±3,4	4,78±3,8	p1 <0,0001* p2 <0,0001* p3=0,384
mRS	2,4±0,8	1,21±0,6	2,70±1,8	1,70±1,1	p1 <0,0001* p2 <0,0001* p3=0,0034*
BI	80,72±7,9	85,3±9,0	81,90±9,4	83,90±8,4	p1=0,053 p2=0,972 p3=0,357

Примечание. * Различия показателей статистически значимы ($p < 0,0125$). p1 — показатель статистического отличия между параметрами в группе 1; p2 — показатель статистического отличия между параметрами в группе 2; p3 — показатель статистического отличия параметров между группами после лечения.

Note. * Differences in indicators are statistically significant ($p < 0.0125$). p1, indicator of statistical difference between parameters in group 1; p2, indicator of statistical difference between parameters in group 2; p3, indicator of statistical difference between parameters between groups after treatment.

корреляция выявлена с параметрами восприятия ($r=-0,517$), IQCODE ($r=-0,479$), NIHSS ($r=-0,357$), полом ($r=-0,331$), наличием гипертонической болезни ($r=-0,420$) и повторного инсульта ($r=-0,317$). Положительная корреляция отмечалась в отношении внимания ($r=0,448$),

семантической обработки информации ($r=0,428$) и BI ($r=0,357$); рис. 1.

Анализ корреляционных взаимоотношений показателя ΔRE с основными параметрами у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями выявил наиболее значимую

Таблица 3. Динамика когнитивных и функциональных показателей у пациентов с различной степенью когнитивного дефицита до и после лечения, балл, М±σ**Table 3.** Dynamics of cognitive and functional indicators in patients with varying degrees of cognitive deficit before and after treatment, points (M±σ)

Показатель / Indicator	MoCA 20–25 баллов / score n=62		MoCA <20 баллов / score n=58		p
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	
Речь / Speech	2,12±0,7	2,60±1,2	1,58±0,7	2,06±0,9	p1=0,006* p2=0,0017* p3=0,0033*
Память (тест Лурия) / Memory (Luria test)	5,46±1,5	6,83±1,8	3,12±1,5*	4,02±1,5	p1 <0,0001* p2=0,0016* p3 <0,0001*
Управляющая функция / Executive function	6,50±2,8	11,50±3,1	6,08±2,6	7,05±2,5	p1 <0,0001* p2=0,0428 p3 <0,0001*
Восприятие / Perception	37,16±1,2	39,22±1,5	26,20±1,4	27,96±1,6	p1 <0,0001* p2=0,113 p3 <0,0001*
Внимание / Attention	3,78±2,6	4,12±1,9	4,34±1,5	4,66±1,4	p1=0,267 p2=0,117 p3=0,076
Конструктивный праксис / Constructive praxis	4,62±0,8	4,67±1,1	3,68±0,7	4,16±1,5	p1=0,805 p2=0,029 p3=0,0148
Идеаторный праксис / Ideator praxis	4,16±0,8	4,75±1,4	4,02±1,0	4,13±0,9	p1=0,0041* p2=0,653 p3=0,0028*
Семантическая обработка информации / Semantic information processing	2,24±0,8	2,74±1,4	1,84±0,8	2,05±0,9	p1=0,0147 p2=0,250 p3=0,0009*
NIHSS	7,28±3,0	4,73±3,4	6,64±3,4	4,05±4,1	p1 <0,0001* p2=0,003* p3=0,0323
mRS	2,50±1,8	1,16±1,1	2,30±1,8	1,26±2,6	p1 <0,0001* p2=0,0137 p3=0,782
BI	80,32±8,8	85,12±9,8	81,11±9,2	85,43±10,1	p1=0,0048* p2=0,018 p3=0,841
RE	567,40±7,0	651,93±8,0	474,53±11,7	480,47±10,7	p1 <0,0001* p2=0,0034* p3 <0,0001*

Примечание. * Различия показателей статистически значимы ($p < 0,0125$ с поправкой Бонферрони). p1 — показатель статистического отличия между параметрами в группе пациентов с умеренными когнитивными нарушениями; p2 — показатель статистического отличия между параметрами в группе пациентов с деменцией; p3 — показатель статистического отличия параметров между группами после лечения.

Note. * Differences in indicators are statistically significant ($p < 0.0125$ with Bonferroni correction). p1, indicator of statistical difference between parameters in group 1; p2, indicator of statistical difference between parameters in group 2 with dementia; p3, indicator of statistical difference between parameters between groups after treatment.

обратную корреляцию с размером очага ($r=-0,325$, $p=0,0016$), исходными показателями BI ($r=-0,325$, $p=0,0008$) и NIHSS ($r=-0,405$, $p=0,001$). Положительная корреляция ΔRE выявлена с уровнями mRS ($r=0,407$, $p<0,0001$) и внимания ($r=0,404$, $p=0,0013$). У больных с деменцией отрицательная

корреляция ΔRE выявлена с параметрами возраста ($r=-0,475$, $p=0,0009$), пола ($r=-0,412$, $p<0,0001$) и степенью IQCODE ($r=-0,375$, $p<0,0001$). Положительная корреляция ΔRE ($r=0,475$, $p<0,0001$) выявлена с параметрами семантической обработки информации и восприятия (рис. 2).

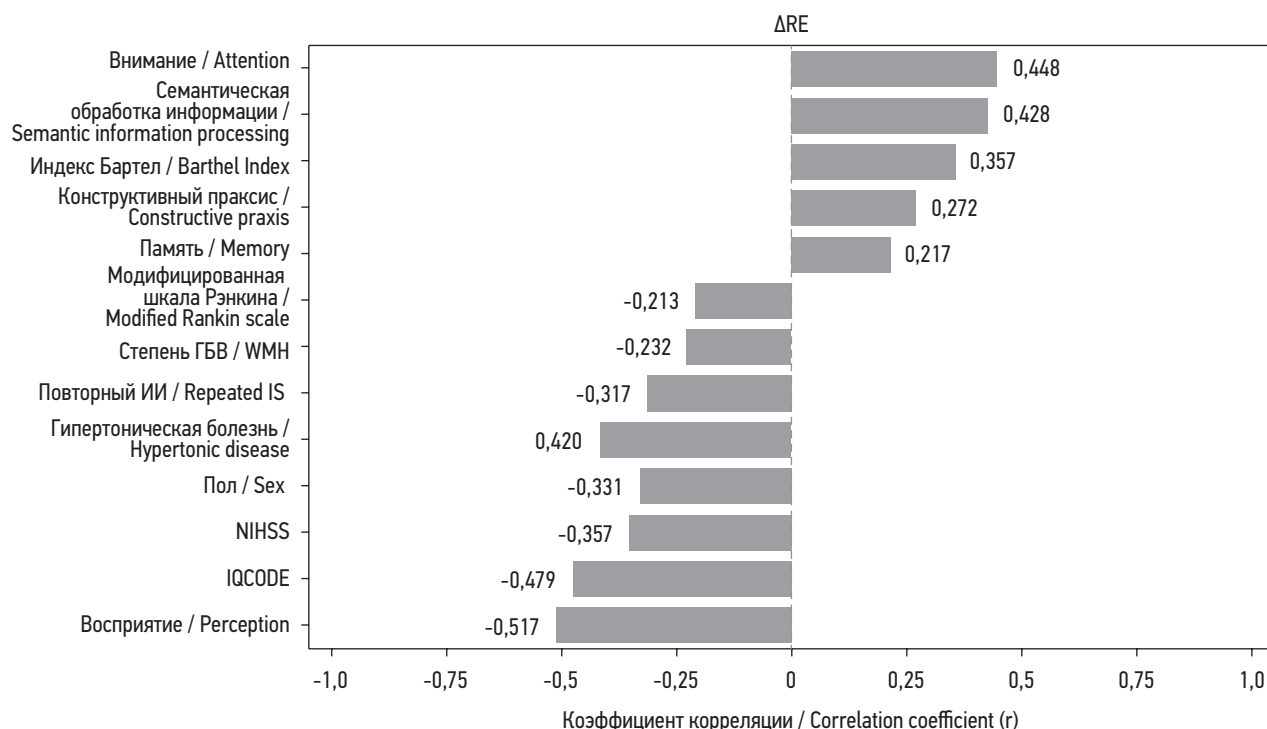


Рис. 1. Влияние исходных показателей на эффективность реабилитации пациентов с ишемическим инсультом. ИИ — ишемический инсульт; ГБВ — гиперинтенсивность белого вещества.

Fig. 1. The influence of initial indicators on the effectiveness of rehabilitation of patients with varying degrees of cognitive decline in the acute period of ischemic stroke. IS, ischemic stroke; WMH, white matter hyperintensity.

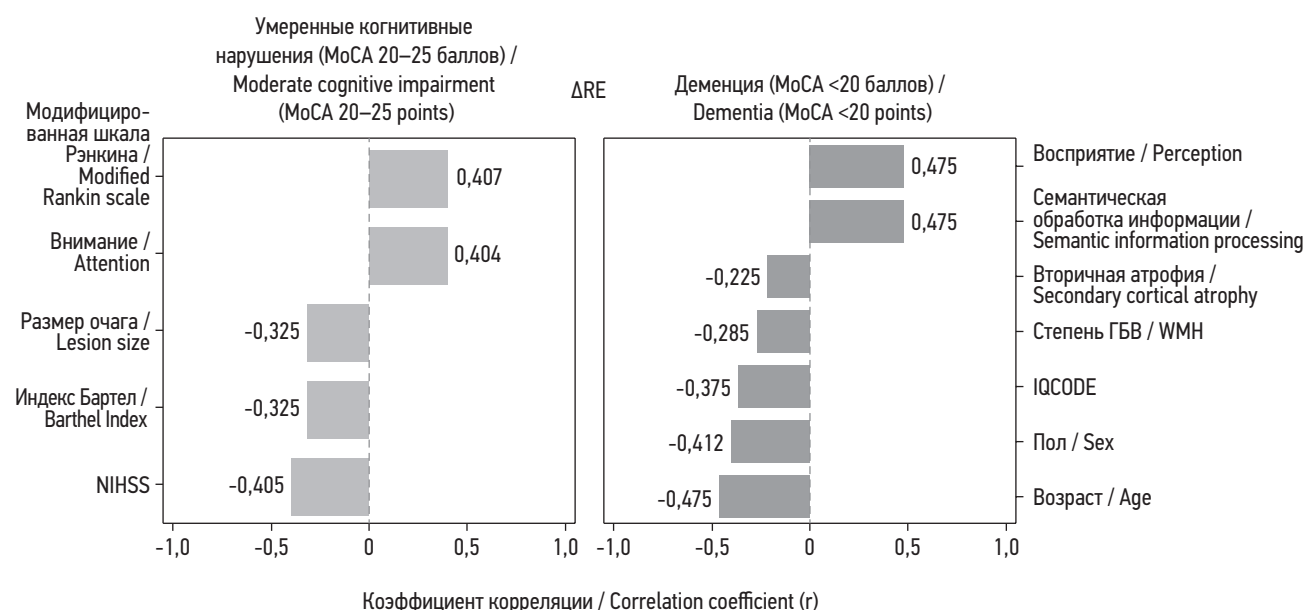


Рис. 2. Влияние исходных показателей на эффективность реабилитации пациентов с различной степенью когнитивного снижения в остром периоде ишемического инсульта. ГБВ — гиперинтенсивность белого вещества; MoCA (Montreal Cognitive Assessment).

Fig. 2. Effect of initial indicators on the rehabilitation of patients with varying degrees of cognitive decline in the acute period of ischemic stroke. WMH, white matter hyperintensity; MoCA (Montreal Cognitive Assessment).

Нежелательные явления

В ходе проведения исследования нежелательных явлений не отмечено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

В настоящем исследовании выявлен полиморфизм факторов, влияющих на эффективность применения программ VR-терапии, оценена результативность применения VR-тренингов у пациентов с различной степенью когнитивного снижения в остром периоде ишемического инсульта.

Обсуждение основного результата исследования

В настоящем исследовании отмечено улучшение в отношении всех когнитивных и функциональных параметров вне зависимости от проводимой терапии, что связано с естественными механизмами саногенеза на фоне проводимого базового лечения. Наиболее значимое восстановление независимости пациента наряду с регрессом перцепционных и управляющих функций наблюдалось у пациентов основной группы, что демонстрирует позитивное влияние виртуального пространства и мультисенсорной стимуляции, ориентированных на решение задач различных модальностей, на восстановление двигательных и зрительно-проприоцептивных функций [11]. В пользу эффективности использования VR-технологий в коррекции перцепционных нарушений свидетельствует также выявленная отрицательная корреляция параметра эффективности реабилитации с показателем функции восприятия.

Результаты продемонстрировали отличия эффективности VR-вмешательства у пациентов с различной степенью когнитивного снижения.

В группе пациентов с умеренными когнитивными нарушениями на фоне проведённой VR-реабилитации выявлено значимое улучшение в отношении всех когнитивных и функциональных параметров за исключением полного регресса семантической афазии, конструктивной апраксии и нарушений функции внимания. Однако, учитывая незначительное снижение исходных показателей конструктивного праксиса и семантической обработки информации, использование VR-терапии можно рассматривать как эффективный метод для восстановления минимального семантического дефицита и конструктивной апраксии у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями.

Недостаточный регресс нарушений внимания у пациентов с ишемическим инсультом, преимущественно с умеренными когнитивными нарушениями, актуализируют

вопрос применения виртуальной реальности у пациентов с нейродинамической дисфункцией. Ряд авторов в исследованиях последних лет, посвящённых оценке эффективности применения VR-технологий в коррекции нарушений внимания, демонстрируют наибольшие перспективы использования длительных сеансов полного погружения с созданием индивидуальных сценариев для повышения общего уровня устойчивости внимания пациентов, перенёвших инсульт [12, 13]. Таким образом, результаты настоящего исследования демонстрируют целесообразность персонализации подхода при планировании VR-терапии у пациентов с нарушением внимания с расширением ресурса иммерсионных интерактивных сценариев и длительности VR-реабилитации.

В группе больных с деменцией на фоне проведённой VR-терапии значимое улучшение отмечено в отношении регресса неврологического дефицита, уровня речевых и мнестических нарушений. В отношении восстановления дневной активности и независимости улучшение на фоне проводимой терапии выявлено только в группе пациентов с умеренными когнитивными нарушениями, что согласуется с данными работ, демонстрирующими значимый положительный эффект применения VR-реабилитационного тренинга на восстановление функционального статуса больных с постинсультными умеренными когнитивными нарушениями [14, 15].

Таким образом, в настоящем исследовании выявлено, что уровень когнитивного снижения непосредственно связан с прогнозом восстановления когнитивных и двигательных функций у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. Несмотря на очевидную значимость сосудистого генеза в структуре когнитивных нарушений, наличие МТА-критериев в совокупности со зрительно-пространственными, мнестическими и семантическими нарушениями в большей степени свидетельствуют о дегенеративной патологии, что позволяет в ряде случаев верифицировать смешанный характер деменции с наличием проявлений нейродегенеративного и цереброваскулярного заболеваний, тесно связанных между собой [16].

Когнитивными нарушениями, негативно влияющими на результативность VR-терапии у пациентов с ишемическим инсультом, являлись конструктивная апраксия, нарушение восприятия, нейродинамические и семантические расстройства. Для пациентов с деменцией наибольшее значение в качестве факторов, затрудняющих VR-реабилитацию, имели зрительно-пространственные нарушения и семантическая афазия, для пациентов с умеренными когнитивными нарушениями — снижение внимания. Полученные результаты соответствуют данным многолетних наблюдений, демонстрирующим более низкую эффективность применения VR-терапии у пациентов с низким уровнем двигательного контроля,

различной представленностью нарушений зрительного гнозиса и семантическим дефицитом [17–19].

Показатель ASPECTS, размер очагов ишемии, исходные показатели тяжести инсульта и дневной активности в настоящем исследовании также представляют собой информативный показатель в отношении оценки прогноза результативности VR-реабилитации вне зависимости от степени когнитивного снижения. Однако критерии включения (NIHSS <16 баллов) не позволяют рассматривать данные параметры в качестве достоверных независимых факторов, что обуславливает целесообразность проведения дальнейших исследований с оценкой влияния функциональных и нейровизуализационных параметров на прогноз восстановления пациентов с различной тяжестью ишемического инсульта в остром периоде.

Результаты демонстрируют лучшие показатели результативности проведённой VR-терапии у пациентов мужского пола и более молодого возраста вне зависимости от степени когнитивного дефицита, что подтверждает статистические данные, полученные рядом исследователей в отношении влияния возраста и гендерных признаков на степень восстановления двигательных и когнитивных функций больного, перенёсшего инсульт [20].

Наличие STRIVE-критериев, гипертонической болезни и степени IQCODE отрицательно сказывались на результативности VR-реабилитации у пациентов с ишемическим инсультом, преимущественно с грубым нарушением когнитивной функции. Полученные данные в совокупности с фенотипом когнитивного нарушения и МТА-признаками позволяют рассматривать преморбидный когнитивный дефицит смешанной природы в качестве фактора, негативно влияющего на возможности восстановления двигательных и когнитивных функций в данной когорте пациентов [21].

Ограничения исследования

Основным ограничением настоящего исследования является исключение из исследования пациентов с тяжестью ишемического инсульта по шкале NIHSS >16 баллов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Регресс неврологического дефицита, мнестических и речевых нарушений отмечался на фоне проведённого лечения у пациентов вне зависимости от степени когнитивного снижения. Функциональный статус пациента, сторона поражения, нейродинамические и речевые нарушения были значимы для прогнозирования восстановления двигательной и когнитивной функций у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями. Показатели в сфере восприятия, доинсультное

когнитивное снижение, степень выраженности церебральной микроангиопатии и атрофии, демографические показатели, зрительно-пространственные и семантические расстройства были предикторами неблагоприятного прогноза в отношении результативности VR-терапии у пациентов с деменцией.

Учитывая позитивный, но недостаточный эффект VR-реабилитации у пациентов с нарушениями внимания, требуется проведение дальнейших исследований, ориентированных на оценку результативности и безопасности VR-тренингов с использованием расширенного спектра иммерсионных программ для коррекции нейродинамических нарушений.

С целью прогнозирования восстановления двигательных и когнитивных нарушений у пациентов с деменцией необходимо проведение расширенной диагностики с верификацией основных факторов, потенциально влияющих на функциональный исход.

Современные подходы к VR-терапии пациентов с ранними постинсультными когнитивными нарушениями требуют разработки индивидуальных методов реабилитации с использованием иммерсионной среды, ориентированных на структуру, этиологию и тяжесть когнитивного дефицита с учётом степени функционального состояния пациента, перенёсшего инсульт.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование проведено в рамках государственного задания FZWM-2024-0013.

Конфликт интересов. Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Вклад авторов. А.М. Тынтерова — концепция и дизайн исследования, отбор пациентов для исследования, подготовка текста; Е.Р. Баранцевич — редактирование; Н.Н. Шушарина — научный менеджмент, статистическая обработка данных. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This work was performed within the scope of the State assignment FZWM-2024-0013.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Author contribution. A.M. Tynterova — concept and design of the study, sampling of patients for the study, drafting the text; E.R. Barantsevich — editing; N.N. Shusharina — scientific management, statistical data processing. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключихина О.А., Шпрах В.В., Стаховская Л.В., и др. Динамика показателей заболеваемости инсультом и смертности от него за восьмилетний период на территориях, вошедших в федеральную программу реорганизации помощи пациентам с инсультом // *Acta Biomed Sci.* 2021. Т. 6, № 1. С. 75–80. EDN: WPNTHD doi: 10.29413/ABS.2021-6.1.10
2. Кабыш С.С., Прокопенко С.В., Голикова-Черешкевич А.В., и др. Состояние когнитивных функций в остром периоде ишемического инсульта // *Доктор. Ру.* 2023. Т. 22, № 6. С. 67–71. EDN: WAZWBW doi: 10.31550/1727-2378-2023-22-6-67-71
3. 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. Т. 120, № 11. С. 99–107. EDN: VZORCZ doi: 10.17116/jnevro202012011199
4. Коберская Н.Н., Мхитарян Э.А., Локшина А.Б., Гришина Д.А. Додементные когнитивные расстройства // *Российский журнал гериатрической медицины.* 2022. № 1. С. 48–57. EDN: HDBTXJ doi: 10.37586/2686-8636-1-2022-48-57
5. Regier D.A., Kuhl E.A., Kupfer D.J. The DSM-5: Classification and criteria changes // *World Psychiatry.* 2013. Vol. 12, N 2. P. 92–98. doi: 10.1002/wps.20050
6. Иванова Г.Е. Медицинская реабилитация: задачи и пути решения // *Клиническое питание и метаболизм.* 2020. Т. 1, № 1. С. 8–9. EDN: GBKVHQ doi: 10.17816/clinutr33032
7. Demeco A., Zola L., Frizziero A., et al. Immersive virtual reality in post-stroke rehabilitation: A systematic review // *Sensors (Basel).* 2023. Vol. 23, N 3. P. 1712. EDN: JUXXAW doi: 10.3390/s23031712
8. Liu Y., Tan W., Chen C., et al. A review of the application of virtual reality technology in the diagnosis and treatment of cognitive impairment // *Front Aging Neurosci.* 2019. Vol. 11. P. 280. doi: 10.3389/fnagi.2019.00280
9. Lee H.C., Huang C.L., Ho S.H., Sung W.H. The effect of a virtual reality game intervention on balance for patients with stroke: A randomized controlled trial // *Games Health J.* 2017. Vol. 6, N 5. P. 303–311. doi: 10.1089/g4h.2016.0109
10. Shen J., Gu X., Yao Y., et al. Effects of virtual reality-based exercise on balance in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis // *Am J Phys Med Rehabil.* 2023. Vol. 102, N 4. P. 316–322. doi: 10.1097/PHM.0000000000002096
11. Patsaki I., Dimitriadi N., Despoti A., et al. The effectiveness of immersive virtual reality in physical recovery of stroke patients: A systematic review // *Front Syst Neurosci.* 2022. Vol. 16. P. 880447. EDN: JMRIFL doi: 10.3389/fnsys.2022.880447
12. Zhang T., Liu W., Bai Q., et al. Virtual reality technology in the rehabilitation of post-stroke cognitive impairment: An opinion article on recent findings // *Front Psychol.* 2023. Vol. 14. P. 1271458. EDN: VZXBOY doi: 10.3389/fpsyg.2023.1271458
13. Wiley E., Khattab S., Tang A. Examining the effect of virtual reality therapy on cognition post-stroke: A systematic review and meta-analysis // *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2022. Vol. 17, N 1. P. 50–60. doi: 10.1080/17483107.2020.1755376
14. Chen X., Liu F., Lin S., et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on cognitive function and activities of daily living of patients with post-stroke cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis // *Arch Phys Med Rehabil.* 2022. Vol. 103, N 7. P. 1422–1435. EDN: JXPQKZ doi: 10.1016/j.apmr.2022.03.012
15. Разумникова О.М., Трубникова О.А. Технологии виртуальной реальности для восстановления когнитивных функций и качества жизни: применение для кардиологических пациентов с ишемией мозга // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2023. Т. 12, № 4. С. 133–148. EDN: HOQPYM doi: 10.17802/2306-1278-2023-12-4-133-148
16. Pinho J., Quintas-Neves M., Dogan I., et al. Incident stroke in patients with Alzheimer's disease: Systematic review and meta-analysis // *Sci Rep.* 2021. Vol. 11. P. 16385. doi: 10.1038/s41598-021-95821-x
17. Hazelton C., Thomson K., Todhunter-Brown A., et al. Interventions for perceptual disorders following stroke // *Cochrane Database Syst Rev.* 2022. Vol. 11, N 11. P. CD007039. EDN: ODVTQM doi: 10.1002/14651858.CD007039.pub3
18. Vourvopoulos A., Pardo O.M., Lefebvre S., et al. Effects of a brain-computer interface with virtual reality (VR) neurofeedback: A pilot study in chronic stroke patients // *Front Hum Neurosci.* 2019. Vol. 13. P. 210. doi: 10.3389/fnhum.2019.00210
19. Giachero A., Calati M., Pia L., et al. Conversational therapy through semi-immersive virtual reality environments for language recovery and psychological well-being in post stroke aphasia // *Behav Neurol.* 2020. Vol. 2020. P. 2846046. EDN: BYVAHO doi: 10.1155/2020/2846046
20. Максимова М.Ю., Сазонова В.Ю., Айрапетова А.С. // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2019. Т. 13, № 3. С. 11–19. EDN: JAFPMN doi: 10.25692/ACEN.2019.3.2
21. Grefkes C., Fink G.R. Recovery from stroke: Current concepts and future perspectives // *Neurol Res Pract.* 2020. Vol. 2. P. 17. doi: 10.1186/s42466-020-00060-6

REFERENCES

1. Klochikhina OA, Shprakh VV, Stakhovskaya LV, et al. Dynamics of stroke incidence and mortality indicators over eight-year period in the territories included into the federal program of reorganization of care for patients with stroke. *Acta Biomed Sci.* 2021;6(1):75–80. EDN: WPNTHD doi: 10.29413/ABS.2021-6.1.10
2. Kabysh SS, Prokopenko SV, Golikova-Chereshkevich AV, et al. Cognitive functions in acute ischemic stroke period. *Doctor. Ru.* 2023;22(6):67–71. EDN: WAZWBW doi: 10.31550/1727-2378-2023-22-6-67-71
3. Levin OS, Bogolepova AN. Poststroke motor and cognitive impairments: Clinical features and current approaches to rehabilitation. *S.S. Korsakov J Neurol Psych.* 2020;120(11):99–107. EDN: VZORCZ doi: 10.17116/jnevro202012011199
4. Koberskaya NN, Mkhitarayan EA, Lokshina AB, Grishina DA. Pre-dementia cognitive impairment. *Russ J Geriatric Med.* 2022;(1): 48–57. EDN: HDBTXJ doi: 10.37586/2686-8636-1-2022-48-57
5. Regier DA, Kuhl EA, Kupfer DJ. The DSM-5: Classification and criteria changes. *World Psychiatry.* 2013;12(2):92–98. doi: 10.1002/wps.20050

6. Ivanova GE. Medical rehabilitation: Problems and solutions. *Clinical Nutr Metabolism*. 2020;1(1):8–9. EDN: GBKVHQ doi: 10.17816/clinutr33032
7. Demeco A, Zola L, Frizziero A, et al. Immersive virtual reality in post-stroke rehabilitation: A systematic review. *Sensors (Basel)*. 2023;23(3):1712. EDN: JUYXAW doi: 10.3390/s23031712
8. Liu Y, Tan W, Chen C, et al. A review of the application of virtual reality technology in the diagnosis and treatment of cognitive impairment. *Front Aging Neurosci*. 2019;11:280. doi: 10.3389/fnagi.2019.00280
9. Lee HC, Huang CL, Ho SH, Sung WH. The effect of a virtual reality game intervention on balance for patients with stroke: A randomized controlled trial. *Games Health J*. 2017;6(5):303–311. doi: 10.1089/g4h.2016.0109
10. Shen J, Gu X, Yao Y, et al. Effects of virtual reality-based exercise on balance in patients with stroke: A systematic review and meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*. 2023;102(4):316–322. doi: 10.1097/PHM.0000000000002096
11. Patsaki I, Dimitriadi N, Despoti A, et al. The effectiveness of immersive virtual reality in physical recovery of stroke patients: A systematic review. *Front Syst Neurosci*. 2022;16:880447. EDN: JMRIFL doi: 10.3389/fnsys.2022.880447
12. Zhang T, Liu W, Bai Q, et al. Virtual reality technology in the rehabilitation of post-stroke cognitive impairment: An opinion article on recent findings. *Front Psychol*. 2023;14:1271458. EDN: VZXBOY doi: 10.3389/fpsyg.2023.1271458
13. Wiley E, Khattab S, Tang A. Examining the effect of virtual reality therapy on cognition post-stroke: A systematic review and meta-analysis. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2022;17(1):50–60. doi: 10.1080/17483107.2020.1755376
14. Chen X, Liu F, Lin S, et al. Effects of virtual reality rehabilitation training on cognitive function and activities of daily living of patients with poststroke cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022;103(7):1422–1435. EDN: JPXQKZ doi: 10.1016/j.apmr.2022.03.012
15. Razumnikova OM, Trubnikova OA. Use of virtual reality technologies to restore cognitive functions and quality of life: An application for cardiac patients with brain ischemia. *Complex Issues Cardiovasc Dis*. 2023;12(4):133–148. EDN: HOQPYM doi: 10.17802/2306-1278-2023-12-4-133-148
16. Pinho J, Quintas-Neves M, Dogan I, et al. Incident stroke in patients with Alzheimer's disease: Systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021;11:16385. doi: 10.1038/s41598-021-95821-x
17. Hazelton C, Thomson K, Todhunter-Brown A, et al. Interventions for perceptual disorders following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022; 11(11):CD007039. EDN: ODVTQM doi: 10.1002/14651858.CD007039.pub3
18. Vourvopoulos A, Pardo OM, Lefebvre S, et al. Effects of a brain-computer interface with virtual reality (VR) neurofeedback: A pilot study in chronic stroke patients. *Front Hum Neurosci*. 2019;13:210. doi: 10.3389/fnhum.2019.00210
19. Giachero A, Calati M, Pia L, et al. Conversational therapy through semi-immersive virtual reality environments for language recovery and psychological well-being in post stroke aphasia. *Behav Neurol*. 2020;2020:2846046. EDN: BYVAHO doi: 10.1155/2020/2846046
20. Maximova MYu, Sazonova VYu, Ayrapetova AS. Gender features in cerebrovascular disorders in different age groups. *Ann Clin Exp Neurol*. 2019;13(3):11–19. EDN: JAFPMN doi: 10.25692/ACEN.2019.3.2
21. Grefkes C, Fink GR. Recovery from stroke: Current concepts and future perspectives. *Neurol Res Pract*. 2020;2:17. doi: 10.1186/s42466-020-00060-6

ОБ АВТОРАХ

*** Тынтерова Анастасия Михайловна**, канд. мед. наук, доцент;
адрес: Россия, 236041, Калининград, ул. А. Невского д. 14;
ORCID: 0000-0003-1743-4713;
eLibrary SPIN: 2999-5812;
e-mail: antynterova@mail.ru

Шушарина Наталья Николаевна, канд. пед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-8848-6134;
eLibrary SPIN: 6223-5146;
e-mail: nshusharina@kantiana.ru

Баранцевич Евгений Робертович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-3804-3877;
eLibrary SPIN: 9715-2844;
e-mail: professorerb@mail.ru

AUTHORS' INFO

*** Anastasya M. Tynterova**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;
address: 14 Nevskogo street, 236041 Kaliningrad, Russia;
ORCID: 0000-0003-1743-4713;
eLibrary SPIN: 2999-5812;
e-mail: antynterova@mail.ru

Natalia N. Shusharina, Cand. Sci. (Pedagogical);
ORCID: 0000-0002-8848-6134;
eLibrary SPIN: 6223-5146;
e-mail: nshusharina@kantiana.ru

Evgenii R. Barantsevich, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0003-3804-3877;
eLibrary SPIN: 9715-2844;
e-mail: professorerb@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author