

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab627186>

# Применение технологий виртуальной реальности в реабилитации пациентов с поражением правого и левого полушария в остром периоде ишемического инсульта

А.М. Тынтерова

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** В настоящее время стандартным компонентом программ раннего восстановительного лечения пациентов с острым очаговым поражением мозга является нейрокогнитивная реабилитация с интеграцией инновационных технологий виртуальной реальности (VR).

**Цель исследования** — на основании статистической методологии оценить эффективность нейрокогнитивной реабилитации с применением технологий виртуальной реальности у пациентов с поражением правого и левого полушария в остром периоде ишемического инсульта.

**Материалы и методы.** Обследовано 160 пациентов с диагнозом «Ишемический инсульт в каротидном бассейне», имеющих когнитивные нарушения. В зависимости от локализации инсульта участники исследования разделены на две основные группы: пациенты с поражением левого ( $n=80$ ; группа 1) и правого ( $n=80$ ; группа 2) полушария головного мозга. С 5-го дня госпитализации в дополнение к базисной терапии проводилась реабилитация с применением аппаратно-программного мультимедийного комплекса для дистанционно-контролируемой реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности «Девирта – Делфи». Эффективность реабилитации оценивали по результатам тестирования объективно измеряемых количественных показателей точности и координации выполнения движений до и после лечения с помощью системы Kinect Delphi. Оценка динамики когнитивных и психоэмоциональных показателей осуществлялась посредством нейропсихологического тестирования на 2–4-й дни госпитализации и в конце VR-терапии. Математическая статистика выполнена с использованием языка программирования Python и библиотек Pandas и SciPy.

**Результаты.** Продемонстрированы более высокие показатели эффективности реабилитации у пациентов с правосторонним инсультом. Независимо от латерализации поражения, значимое улучшение отмечено в отношении мнестической, исполнительской функций и идеаторного праксиса, регресса тревожности, депрессии и общей агрессии. У пациентов группы 1 отмечено также улучшение функций речи и снижение уровня общей астении; у пациентов группы 2 — повышение уровня внимания и способности распознавания эмоций. В качестве факторов, негативно влияющих на эффективность реабилитации, у пациентов группы 1 выявлены апатия, тревожность, доинсультное когнитивное снижение, семантическая афазия, снижение внимания; в группе 2 — семантические и зрительно-пространственные нарушения, доинсультное снижение и наличие повторного инсульта.

**Заключение.** Применение иммерсивной среды в ранней реабилитации пациентов с когнитивными нарушениями способствует улучшению выполнения вербальных и визуальных тестов, отражающих мнестическую, регуляторную и нейродинамическую функции при различной латерализации поражения.

**Ключевые слова:** ишемический инсульт; когнитивная дисфункция; психоэмоциональные нарушения; виртуальная реальность; нейрокогнитивная реабилитация.

## Как цитировать:

Тынтерова А.М. Применение технологий виртуальной реальности в реабилитации пациентов с поражением правого и левого полушария в остром периоде ишемического инсульта // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2024. Т. 6, № 2. С. 109–121. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab627186>

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab627186>

# Application of virtual reality technologies in the rehabilitation of patients with left and right hemisphere lesions in the acute period of ischemic stroke

Anastasiya M. Tynterova

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Currently, neurocognitive rehabilitation with the integration of innovative virtual reality (VR) technologies is the standard component of early rehabilitation treatment programs for patients with acute focal brain damage.

**AIM:** Based on the statistical methodology, this study aimed to evaluate the efficiency of neurocognitive rehabilitation with the application VR technologies in patients with left and right hemisphere lesions in the acute period of ischemic stroke.

**MATERIALS AND METHODS:** The study examined 160 patients diagnosed with ischemic stroke exhibiting cognitive impairments. Patients were divided into two groups based on stroke localization: group 1 ( $n=80$ ) had left hemisphere lesions, whereas group 2 ( $n=80$ ) had left hemisphere lesions. Since day 5 of hospitalization, in addition to basic therapy, rehabilitation was performed using a hardware–software multimedia complex based on VR for remote-controlled rehabilitation «Devirta-Delphi». Rehabilitation efficiency (RE) was assessed by testing objectively quantitative measures of accuracy and coordination of movement performance before and after treatment using a Kinect Delphi system. Cognitive and psychoemotional measures were assessed by neuropsychological tests on days 2–4 of hospitalization and at the end of the VR therapy. Mathematical statistics were calculated using Python programming language and its libraries Pandas and SciPy.

**RESULTS:** Higher RE values were obtained in patients with right-sided stroke. Irrespective of lesion lateralization, significant improvement was noted with respect to mnemonic, executive function, and ideomotor praxis, regression of anxiety, depression, and general aggression. Group 1 also showed an improvement in speech function and a decrease in general asthenia, whereas group 2 showed an increase in attention and emotion recognition ability. Factors that negatively affected RE were identified, namely, apathy, anxiety, prestroke cognitive decline, semantic aphasia, and decreased attention in group 1 and semantic and visual–spatial impairments, prestroke decline, and recurrent stroke in group 2.

**CONCLUSION:** The application of an immersive environment in the early rehabilitation of patients with cognitive impairment improves the performance of verbal and visual tests reflecting mnemonic, regulatory, and neurodynamic executive functions in lesions with different lateralization.

**Keywords:** ischemic stroke; cognitive disorders; psychoemotional impairments; virtual reality; neurocognitive rehabilitation.

## To cite this article:

Tynterova AM. Application of virtual reality technologies in the rehabilitation of patients with left and right hemisphere lesions in the acute period of ischemic stroke. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2024;6(2):109–121. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab627186>

## Список сокращений

VR (virtual reality) — виртуальная реальность

## ОБОСНОВАНИЕ

Более чем у половины пациентов после перенесённого нарушения мозгового кровообращения сохраняются остаточные проявления различной степени выраженности [1]. Одним из ведущих факторов, затрудняющих социальную адаптацию после инсульта, является полиморфизм когнитивных расстройств, к которым относятся снижение высших мозговых функций, обеспечивающих процессы перцепции, праксиса, речи, памяти, внимания и исполнительной деятельности [2]. Под постинсультными когнитивными нарушениями следует понимать любые когнитивные расстройства, которые выявляются в первые 3 месяца после инсульта (ранние постинсультные когнитивные нарушения) или в более поздние сроки, но не позднее 1 года после инсульта (поздние постинсультные когнитивные нарушения) [3].

В настоящее время стандартным компонентом программ раннего восстановительного лечения пациентов с острым очаговым поражением мозга является нейрокognitive реабилитация с интеграцией инновационных технологий виртуальной реальности (VR, virtual reality), ориентированных на преодоление когнитивного и психоэмоционального дефицита [4]. Продвижение (таргетирование) технологий VR в реабилитацию больных инсультом может быть достигнуто путём соблюдения базисных принципов: персонализированного комплексного подхода, раннего начала, координированной деятельности специалистов различного профиля, преемственности и длительности терапии [5]. Индивидуальный профиль, функциональный ресурс пациента и возможности оценки эффективности реабилитации лежат в основе оптимального планирования восстановительного лечения, ориентированного на достижение краткосрочных и долгосрочных целей согласно принципу целеполагания SMART (specific, measurable, achievable, relevant, time-bound — конкретика, измеримость, достижимость, актуальность и ограниченность по времени) [6].

В Российской Федерации одним из широко используемых продуктов виртуальной реабилитации является отечественный аппаратно-программный мультимедийный комплекс «Девирта – Делфи», предназначенный для дистанционно-контролируемой реабилитации пациентов с когнитивными и двигательными нарушениями (регистрационное удостоверение РЗН 2019/9218 от 13.11.2019). В основе работы программы данного комплекса лежит система распознавания движений с помощью сенсорного датчика, которая реализуется через комплекс упражнений когнитивной и двигательной направленности и позволяет создать полную вовлечённость пациента в процесс

восстановительного лечения. Персонализированная адаптация сценариев с учётом особенностей каждого пациента, разработанная оценочная система, простота использования позволяют рассматривать метод VR как эффективный инструмент для улучшения когнитивных функций, который соответствует важным принципам реабилитации, необходимой пациентам, перенёвшим инсульт [7].

**Цель исследования** — на основании статистической методологии оценить эффективность нейрокognitive реабилитации с применением технологий виртуальной реальности у пациентов с поражением правого и левого полушария в остром периоде ишемического инсульта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проспективное когортное.

### Критерии соответствия

**Критерии включения:** клинические признаки и симптомы, соответствующие диагнозу «ишемический инсульт в каротидном бассейне»; возраст от 50 до 80 лет; балл по NIHSS  $\leq 16$ ; ясный уровень сознания пациентов на момент исследования; снижение когнитивной функции ( $< 25$  баллов по шкале MoCA).

**Критерии исключения:** ранее существовавшее неврологическое и психиатрическое заболевание, затрудняющее неврологическую и функциональную оценку; декомпенсация коморбидных состояний; геморрагический инсульт и транзиторная ишемическая атака, ишемический инсульт в вертебробазилярном бассейне; грубая моторная и сенсорная афазия.

**Критерии невключения:** нестабильность общего состояния пациента; мышечная спастичность  $> 3$  баллов по шкале Эшворта; высокий риск падения больного при ходьбе.

### Условия проведения

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

### Продолжительность исследования

Исследование проводилось с февраля 2022 по декабрь 2023 года.

### Описание медицинского вмешательства

Обследовано 160 пациентов с диагнозом ишемического инсульта, имеющих когнитивное снижение. Локализация

ишемического инсульта оценивалась по данным нейровизуализации.

При поступлении всем пациентам проводилась оценка тяжести инсульта в соответствии со шкалой Национального института здоровья (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS), степени инвалидизации по модифицированной шкале Рэнкина (Modified Rankin scale, mRS), повседневной активности в соответствии с индексом Бартеля (Barthel Index, BI). В качестве скрининга для оценки наличия когнитивного дефицита использовали Монреальскую когнитивную шкалу (Montreal Cognitive Assessment, MoCA). Начальные ишемические изменения в бассейне средней мозговой артерии оценивались по шкале ASPECTS (Alberta stroke programme early CT score) с использованием метода компьютерной томографии.

Стандартизированные методы обследования включали транскраниальную доплерографию экстра- и интракраниальных сосудов, электрокардиограмму в 12 отведениях, общеклинический и биохимический анализ крови, пульсоксиметрию.

С 5-го дня госпитализации всем пациентам в дополнение к базисной терапии и программе раннего восстановительного лечения (речевая реабилитация) проводилась реабилитация с применением программ аппаратно-программного мультимедийного комплекса для дистанционно-контролируемой реабилитации с использованием VR-технологий «Девирта – Делфи». Нейропсихологическое тестирование с оценкой когнитивного и психоэмоционального статуса проводилось на 2–4-й дни госпитализации и на момент окончания реабилитации.

Программа VR-реабилитации включала выполнение 4 заданий в полуиммерсивном типе погружения, направленных на улучшение психоэмоционального состояния, координации и точности движений, развитие когнитивной сферы, расширение двигательного режима, обучение элементарным двигательным умениям и навыкам. Распознавание движений, возможность выполнения упражнения и контроль положения своего тела, не прибегая к помощи игрового контроллера, реализовывался путём применения визуального сенсора. Все жесты фиксировались с помощью методики «захвата движений» с последующим анализом точности и скорости совершения движений. Блок упражнений предусматривал 5 уровней сложности для пациентов с различной степенью когнитивной и двигательной дисфункции. Уровень подбирался после оценки скринингового выполнения заданий и повышался в процессе прохождения реабилитации в течение 10–11 дней.

## Исходы исследования

*Основной исход исследования.* В качестве исходов настоящего исследования оценивались показатели динамики психоэмоциональных и когнитивных нарушений и параметры объективно измеряемых количественных показателей точности и координации выполнения движений до и после лечения.

## Методы регистрации исходов

В начале и в конце исследования проводились контрольные тестирования для оценки изменений основных показателей, произошедших в ходе реабилитации. Использовалось тестирование с помощью системы Kinect Delphi (Девирта) с оценкой объективно измеряемых количественных показателей точности и координации выполнения движений до и после лечения (rehabilitation efficiency, RE).

Оценка динамики нейропсихологических параметров осуществлялась с применением валидных шкал и опросников. Эпизодическая память исследовалась с использованием теста воспроизведения 5 слов, исполнительная функция — с применением теста Струпа, речи — с помощью субшкал MoCA (тесты на повторение двух синтаксически сложных предложений, беглость речи) и оценки семантической афазии (понимание идиом, сложных грамматических конструкций). Для оценки перцепции использовался тест для исследования предметного гнозиса (Бостонский тест называния), тест на распознавание эмоций и оценка симультанной агнозии. С целью оценки праксиса применялись тесты на конструктивный (тест срисовывания 4 геометрических фигур) и идеаторный (выполнение сложных движений, включающих серию простых действий) праксис. Для исследования уровня внимания использовался тест Бурдона. Для выявления когнитивного снижения пациента до инсульта применялся опросник IQCODE (Informant Questionnaire On Cognitive Decline in the Elderly), который позволяет ретроспективно оценить информацию о когнитивных функциях пациента в течение десятилетнего периода. Скрининговое выявление аффективных расстройств осуществлялось с использованием госпитальной шкалы тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS). Для оценки общей астении использовалась шкала MFI-20 (Multidimensional Fatigue Inventory 20), исследование общего уровня постинсультной агрессии проводилось с использованием опросника Басса–Перри (Buss–Perry Aggression Questionnaire, BPAQ-24). Уровень апатии исследовался с применением шкалы оценки апатии (Apathy Evaluated Scale, AES).

## 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 for 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). Для сравнительного анализа использовался дисперсионный тест ANOVA для зависимых и независимых выборок. Анализ различий частот в двух независимых группах проводили при помощи точного критерия Фишера с двусторонней доверительной вероятностью, критерия  $\chi^2$  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 эффективности реабилитации с нейропсихологическими показателями вычислялся коэффициент корреляции ( $r$ ) с использованием метода Фехнера. Для данных, имеющих бинарный тип значений, показатели « $g$ » вычисляли при помощи точно-бисериального метода. Наличие корреляции между величинами подтверждалось, если коэффициент превышал пороговое значение по модулю 0,2. Значимость показателя « $g$ » статистически подтверждалась при помощи вычисления  $p$ -значения ( $p < 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Объекты (участники) исследования

В зависимости от локализации инсульта пациенты ( $n=160$ ) разделены на две основные группы: группа 1 — 80 пациентов с поражением левого полушария головного мозга, из них 38 (47,5%) мужчин, 42 (52,5%) женщины; группа 2 — 80 пациентов с поражением правого полушария головного мозга, из них 36 (45,0%) мужчин, 44 (55,0%) женщины. Средний возраст пациентов составил  $66,94 \pm 5,3$  года.

Все пациенты были стандартизированы по демографическим, коморбидным и клинико-функциональным показателям (табл. 1).

На момент проведения исследования состояние всех больных на фоне проведённой базисной терапии расценивалось как удовлетворительное. На момент поступления все пациенты имели умеренную тяжесть инсульта по NIHSS; умеренное ограничение в самообслуживании по IB; умеренное нейрокогнитивное расстройство по шкале

**Таблица 1.** Клинико-функциональные и демографические показатели ишемического инсульта у пациентов с поражением правого и левого полушария

**Table 1.** Clinical and demographic parameters of ischemic stroke in patients with right and left hemisphere lesions

Показатель	Группа 1, $n=80$	Группа 2, $n=80$	$p$
Демографические показатели, $n$ (%), $M \pm \sigma$			
Женщины	42 (52,5)	44 (55,0)	0,751
Мужчины	38 (47,5)	36 (45,0)	0,752
Средний возраст, лет	$66,85 \pm 5,3$	$67,03 \pm 5,6$	0,798
Подтипы ишемического инсульта (критерии TOAST), $n$ (%)			
ИИ вследствие атеросклероза крупных артерий (атеротромботический)	26 (32,5)	28 (35,0)	0,758
ИИ вследствие кардиогенной эмболии (кардиоэмболический)	31 (38,75)	29 (36,25)	0,744
ИИ вследствие окклюзии мелких артерий (лакунарный)	18 (22,5)	10 (12,5)	0,094
ИИ неустановленной этиологии	5 (6,25)	13 (16,25)*	0,045
Нейровизуализация (преморбидный фон), $n$ (%)			
Атрофия коры	16 (20,0)	11 (13,75)	0,299
Лейкоареоз	22 (27,5)	38 (47,5)*	0,0088
Повторный ИИ	9 (11,25)	19 (23,75)*	0,037
Показатели основных клинических шкал, балл, $M \pm \sigma$			
ASPECTS	$8,73 \pm 2,8$	$8,76 \pm 3,1$	0,711
NIHSS	$8,34 \pm 1,8^*$	$5,87 \pm 1,2$	$< 0,0001$
BI	$81,90 \pm 10,9$	$84,70 \pm 9,9$	0,910
IQCODE	$86,50 \pm 9,8^*$	$82,60 \pm 8,9$	0,009
MoCA	$20,89 \pm 2,8$	$21,10 \pm 2,9$	0,568
mRS	$2,74 \pm 1,8$	$2,34 \pm 1,8$	0,087

*Примечание.* \* Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ). ИИ — ишемический инсульт. TOAST — исследование, на основе которого сформулирована патогенетическая классификация ишемического инсульта с одноименным названием.

*Note.* \* The differences in the indicators are statistically significant ( $p < 0.05$ ). ИИ — ischemic stroke. TOAST (Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment) — a study on the basis of which a pathogenetic classification of ischemic stroke with the same name was formulated.



MoCA. Общий балл по IQCODE в обеих группах соответствовал доинсультным когнитивным нарушениям, выходящим за рамки возрастной нормы. У пациентов с поражением левого полушария отмечался статистически более высокий уровень NIHSS ( $p < 0,0001$ ) и IQCODE ( $p = 0,0093$ ), у пациентов с ишемическим инсультом в правом полушарии чаще встречались неустановленный подтип ишемического инсульта ( $p = 0,045$ ), нейровизуализационные признаки лейкоареоза различной степени ( $p = 0,0088$ ) и повторного ишемического инсульта ( $p = 0,0375$ ). В отношении других признаков статистически значимых отличий по виду инсульта между группами не выявлено ( $p > 0,05$ ).

## Основные результаты исследования

У пациентов обеих групп наиболее выраженные изменения отмечались в отношении памяти, перцепции, исполнительной и речевой функции. Сравнительный анализ выявил статистически значимое снижение памяти у пациентов группы 1 ( $p = 0,010$ ) и распознавания эмоций у пациентов группы 2 ( $p = 0,038$ ). Неглект-синдром выявлен у 7 (8,75%) пациентов с ишемическим инсультом в правой гемисфере.

У всех пациентов выявлены умеренный уровень агрессии (41–60%), субклиническая депрессия (8–10 баллов по HADS), умеренный уровень апатии (18–31 балл по AES) и астенический синдром (>12 баллов по MFI-20). Уровень тревожности расценивался как субклинический (8–10 баллов по HADS) у пациентов группы 2 и как клинический (>11 баллов по HADS) у пациентов группы 1. Статистически

значимыми признаками отличия ( $p < 0,05$ ) в психоэмоциональной сфере пациентов с различной латерализацией поражения являлся уровень апатии ( $p = 0,0030$ ) и тревожности ( $p = 0,0006$ ) у пациентов группы 1, уровень депрессии ( $p = 0,0001$ ) — у пациентов группы 2 (табл. 2).

При проведении множественного анализа динамики когнитивных нарушений у пациентов с различной латерализацией поражения на фоне проводимой терапии значимое улучшение в отношении памяти ( $p < 0,0001$ ,  $p = 0,0048$ ), исполнительной функции ( $p < 0,0001$ ) и идеаторного праксиса ( $p = 0,0004$ ,  $p = 0,0009$ ) было отмечено в обеих группах. У пациентов с ишемическим инсультом в левой гемисфере улучшение когнитивных функций также было выявлено в сфере речи ( $p = 0,0002$ ), у пациентов с ишемическим инсультом в правой гемисфере — в отношении внимания ( $p = 0,0104$ ) и распознавания эмоций ( $p = 0,001$ ).

Анализ показателей психоэмоционального статуса до и после VR-реабилитации выявил значимый регресс ( $p < 0,0001$ ) тревожности, депрессии и общей агрессии (BPAQ-24) вне зависимости от стороны ишемического инсульта. У пациентов группы 1 также было выявлено значительное снижение общей астении в сравнении как с исходными значениями ( $p = 0,0008$ ), так и показателями пациентов группы 2 на момент окончания терапии ( $p = 0,0073$ ). Показатели эффективности реабилитации (rehabilitation effectiveness, RE) были выше у пациентов группы 2 в отношении динамики внутри группы ( $p < 0,0001$ ) и в сравнении с RE в группе 1 ( $p = 0,0122$ , табл. 3).

**Таблица 2.** Показатели нейропсихологического тестирования у пациентов с поражением правого и левого полушария

**Table 2.** Neuropsychological testing indicators in patients with right and left hemisphere lesions

Домен	Группа 1, n=80	Группа 2, n=80	p
Речь	1,94±0,7	2,04±1,0	0,465
Память	1,28±0,5*	1,54±0,9	0,010
Исполнительная функция	6,79±1,3	7,03±1,3	0,244
Внимание	3,89±1,6	4,20±1,0	0,144
Восприятие	21,35±3,2	21,41±3,0	0,903
Конструктивный праксис	4,35±1,4	4,08±1,6	0,257
Идеаторный праксис	4,06±0,9	4,19±1,1	0,414
Симультанный гнозис	0,65±0,7	0,68±0,8	0,801
Семантическая обработка информации	2,36±1,3	2,02±1,2	0,087
Распознавание эмоций	2,45±1,5	2,03±1,0*	0,038
Депрессия	8,20±1,8	9,68±1,7*	0,0001
Тревожность	11,78±4,3*	9,51±3,9	0,0006
Апатия	22,29±7,9*	18,71±7,1	0,0030
Общая астения	12,03±2,4	12,55±2,2	0,155
Общая агрессия	59,83±9,9	60,99±10,8	0,479

*Примечание.* \* Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

*Note.* \* The differences are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

**Таблица 3.** Динамика показателей когнитивной и психоэмоциональной функции у пациентов с поражением правого и левого полушария, М±σ, балл**Table 3.** Dynamics of cognitive and psychoemotional function indicators in patients with right and left hemisphere lesions, M±σ (scores)

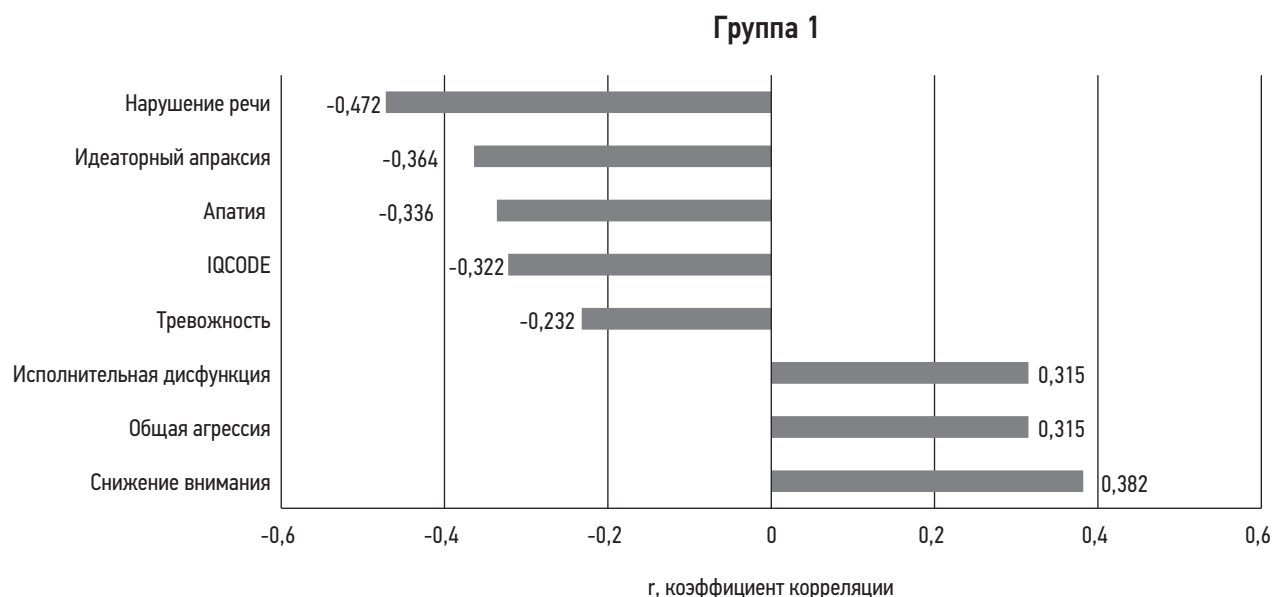
Показатель	Группа 1, n=80		Группа 2, n=80		p
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения	
Речь	1,94±0,7	2,53±1,2	2,04±1,0	2,49±1,8	P1=0,0002* P2=0,0524 P3=0,868
Память	1,28±0,5	2,47±1,8	1,54±0,9	2,27±2,1	P1 <0,0001* P2=0,0048* P3=0,518
Исполнительная функция	6,79±1,3	9,74±1,2	7,03±1,3	10,18±1,6	P1 <0,0001* P2 <0,0001* P3=0,0212
Внимание	3,89±1,6	4,43±1,4	4,20±1,0	4,59±0,9	P1=0,0244 P2=0,0104* P3=0,391
Восприятие	21,35±3,2	22,38±3,1	21,41±3,0	22,50±3,5	P1=0,0403 P2=0,0360 P3=0,818
Конструктивный праксис	4,35±1,4	4,74±1,5	4,08±1,6	4,66±1,5	P1=0,091 P2=0,019 P3=0,736
Идеаторный праксис	4,06±0,9	4,64±1,1	4,19±1,1	4,75±1,0	P1=0,0004* P2=0,0009* P3=0,509
Симультанный гнозис	0,65±0,7	0,68±1,4	0,68±0,8	0,69±0,9	P1=0,707 P2=0,839 P3=0,953
Семантическая обработка информации	2,36±1,3	2,63±2,1	2,02±1,2	2,21±1,9	P1=0,329 P2=0,450 P3=0,186
Распознавание эмоций	2,45±1,5	2,63±2,0	2,03±1,0	2,60±0,8	P1=0,520 P2=0,001* P3=0,901
Депрессия	8,20±1,8	4,89±1,8	9,68±1,7	7,39±1,9	P1 <0,0001* P2 <0,0001* P3 <0,0001*
Тревожность	11,78±4,3	5,21±4,3	9,51±3,9	6,05±3,9	P1 <0,0001* P2 <0,0001* P3=0,197
Апатия	22,29±7,9	23,48±7,6	18,71±7,1	17,76±6,9	P1=0,333 P2=0,391 P3=0,0001*
Общая астения	12,03±2,4	11,01±2,4	12,55±2,2	12,02±2,3	P1=0,0080* P2=0,138 P3=0,0073*
Общая агрессия	59,83±9,9	50,74±9,0	60,99±10,8	49,06±7,8	P1 <0,0001* P2 <0,0001* P3=0,458
RE	8,16±7,2	10,45±5,5	9,77±2,3	12,14±2,3	P1=0,0251 P1 <0,0001* P3=0,0122*

*Примечание.* \* Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,0125$  с поправкой Бонферрони). P1 и P2 — показатель статистического отличия между параметрами до и после лечения в группах 1 и 2; P3 — показатель статистического отличия параметров между группами после лечения. RE — эффективность реабилитации.

*Note.* \* The differences between the parameters are statistically significant ( $p < 0.0125$  with Bonferroni correction). P1 and P2 — significant difference between the parameters before and after treatment in groups 1 and 2; P3 — significant difference between the parameters between the groups after treatment. RE — rehabilitation effectiveness.

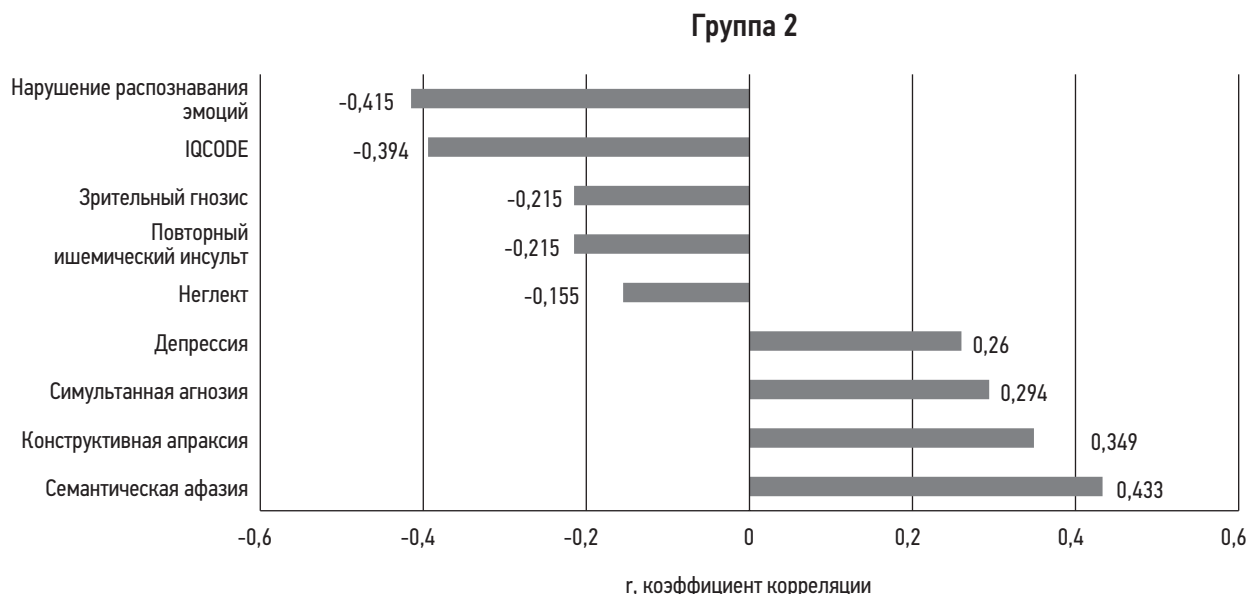
Корреляционный анализ RE с различными доменами нейропсихологического статуса пациентов группы 1 выявил отрицательную корреляцию с нарушениями речи ( $r=-0,472$ ;  $p<0,001$ ), идеаторной апраксией ( $r=-0,364$ ;  $p=0,006$ ), уровнем апатии ( $r=-0,336$ ;  $p<0,001$ ) и степенью IQCODE ( $r=-0,322$ ;  $p<0,001$ ). Положительные взаимоотношения были продемонстрированы с показателями исполнительной дисфункции ( $r=0,315$ ;  $p=0,003$ ), снижением внимания ( $r=0,382$ ;  $p<0,001$ ) и уровнем общей агрессии ( $r=0,315$ ;  $p<0,001$ ) (рис. 1).

У пациентов группы 2 отрицательная корреляция RE отмечена с нарушением распознавания эмоций ( $r=-0,415$ ;  $p<0,001$ ), зрительной агнозией ( $r=-0,215$ ;  $p=0,001$ ), наличием повторного инсульта в анамнезе ( $r=-0,215$ ;  $p<0,001$ ) и степенью IQCODE ( $r=-0,394$ ;  $p<0,001$ ). Положительная корреляция была выявлена с параметрами симультанного гнозиса ( $r=0,294$ ;  $p<0,001$ ), семантической обработки информации ( $r=0,433$ ;  $p=0,02$ ), конструктивного праксиса ( $r=0,349$ ;  $p<0,001$ ) и уровнем депрессии ( $r=0,260$ ;  $p=0,007$ ) (рис. 2).



**Рис. 1.** Корреляция показателя эффективности реабилитации (RE) с нейропсихологическими показателями пациентов с ишемическим инсультом в левой гемисфере.

**Fig. 1.** Correlation of rehabilitation effectiveness (ER) with neuropsychological indicators in patients with left-sided ischemic stroke.



**Рис. 2.** Корреляция показателя эффективности реабилитации (RE) с нейропсихологическими показателями пациентов с ишемическим инсультом в правой гемисфере.

**Fig. 2.** Correlation of rehabilitation effectiveness (ER) with neuropsychological indicators of patients with right-sided ischemic stroke.



## Нежелательные явления

В ходе исследования развития нежелательных явлений не отмечено.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме основного результата исследования

Данные настоящего исследования демонстрируют гетерогенность когнитивных нарушений и полиморфизм факторов, влияющих на эффективность применения VR-терапии у пациентов с поражением правой и левой гемисферы в остром периоде ишемического инсульта.

### Обсуждение основного результата исследования

Одним из признаков когнитивного снижения при локальных поражениях полушарий головного мозга являются афатические нарушения, включающие снижение беглости речи и семантической обработки информации. Незначительное снижение речевой функции связано с поражением структур обоих полушарий, вовлечённых в речевую деятельность. Помимо классических центров левого полушария, в формировании речи важную роль играют и другие области головного мозга, локализованные в правой гемисфере. Поражение правого полушария ведёт к развитию прагматического дефицита, трудностям восприятия образных речевых сигналов и проблемам с языковыми задачами высокого уровня, которые относятся к семантической и лексической обработке [8].

Снижение исполнительной функции и внимания является одним из частых проявлений когнитивного дефицита в остром периоде ишемии, представленным в настоящем исследовании у всех пациентов с постинсультными когнитивными нарушениями. С одной стороны, это связано с поражением передних отделов головного мозга и нарушением лобно-подкорковых взаимоотношений, анатомически и функционально связанных с данными когнитивными функциями [9]. С другой стороны, снижение регуляторных и нейродинамических функций является облигатным компонентом доинсультного когнитивного снижения сосудистой природы, трактуемое в настоящее время как церебральная микроангиопатия или болезнь мелких сосудов [10]. Преимущественное снижение памяти у пациентов с ишемическим поражением доминантного полушария связано с вовлечением в патологический процесс областей, ассоциированных как с модально-неспецифическими, так и модально-специфическими аспектами мнестической функции, в то время как мнестическая дисфункция у пациентов с поражением правого полушария в большей степени носит неспецифический характер и связана с развитием ишемии структур, участвующих в когнитивных процессах формирования произвольной памяти и воспроизведения информации (диэнцефальные, медиобазальные области, гиппокамп) [11].

При оценке реальной распространённости и структуры мнестических нарушений в остром периоде инсульта надо принимать во внимание также преморбидное снижение, что в настоящем исследовании подтверждается уровнем IQCODE, который соответствует наличию доинсультного когнитивного дефицита у пациентов обеих групп [12]. Значимым признаком в структуре когнитивного дефицита у пациентов с поражением правой гемисферы является нарушение зрительного распознавания эмоциональных переживаний преимущественно за счёт узнавания позитивных эмоций по схематическому изображению. Данные результаты соответствуют современным представлениям о дефиците как восприятия позитивных и негативных эмоций в качестве коррелята ишемического поражения правой гемисферы, так и роли субдоминантного полушария в процессах эмоционального контроля [13, 14].

Психоземональные расстройства являются неотъемлемым компонентом ранних постинсультных когнитивных нарушений с превалированием мотивационных нарушений и тревожности у пациентов с левосторонним поражением, депрессии — у пациентов с ишемическим инсультом в правой гемисфере. Настоящие результаты соответствуют данным крупномасштабных популяционных исследований, демонстрирующих высокую распространённость постинсультной депрессии, тревожности, апатии и агрессивного поведения и у пациентов, перенёсших инсульт [15, 16]. В работе отмечено также негативное влияние уровня апатии и тревожности на регресс двигательного и когнитивного дефицита у пациентов с поражением левой гемисферы, что соответствует выявленной отрицательной корреляции.

Результаты демонстрируют улучшение всех исследуемых нейропсихологических параметров на фоне проводимой VR-терапии у пациентов в остром периоде ишемического инсульта. Независимо от латерализации поражения, значимое улучшение было отмечено в отношении мнестической, исполнительной функции и идеаторного праксиса, регресса тревожности, депрессии и общей агрессии. У пациентов с ишемическим инсультом в левой гемисфере также было отмечено улучшение функций речи и снижение уровня общей астении; у пациентов с ишемическим инсультом в правой гемисфере — повышение уровня внимания и способности распознавания эмоций.

Положительная динамика в отношении показателей идеаторного праксиса и исполнительной функции связана с действием кинематической составляющей программ VR, которая обеспечивает стимуляцию моторно-когнитивных и коммуникативных процессов, что даёт возможность пациентам управлять виртуальной средой, инициировать и планировать автоматические целенаправленные двигательные реакции [17, 18]. Мультисенсорная стимуляция, ориентированная на решение задач различной модальности (планирование, смена установок), играет роль в восстановлении исполнительной функции и кратковременной зрительно-пространственной памяти [19]. Интеграция

лингвистической составляющей (поиск слов, понимание инструкций, вербальная коммуникация) в мультисенсорную стимуляцию с использованием программ VR способствует восстановлению речевых навыков [20]. Более значимые показатели эффективности восстановления речевой функции у пациентов с поражением левого полушария связаны с комплексным подходом в ранней нейрокогнитивной реабилитации, включающим, помимо VR-терапии, классические логопедические занятия.

Сочетание различных траекторий восстановительного лечения пациентов с афатическими нарушениями необходимо с учётом формирования структуры речевого дефицита у пациентов с левополушарным инсультом за счёт суммирования поражений речевых центров доминантного полушария и структур, принимающих участие в лексико-семантической обработке информации. Эффективность влияния VR-терапии на восстановление уровня внимания и способность распознавания эмоций у пациентов с правополушарным инсультом имеет ряд объяснений. Во-первых, непосредственное влияние виртуального пространства на сенсорные каналы при полном или частичном погружении пациента в виртуальную среду положительно отражается на функциях внимания и перцепции при выполнении зрительно-проприоцептивных задач [21]. Во-вторых, более низкий уровень апатии у пациентов с поражением правого полушария способствует большей вовлечённости и интересу пациентов к среде виртуальной реальности и активному участию в программе, приводя к улучшению зрительного восприятия и нейродинамических функций. В-третьих, игровая иммерсивная терапия потенцирует позитивные эмоции пациента, что, учитывая коморбидность депрессии и нарушенного распознавания положительных лицевых стимулов у пациентов с поражением правой гемисферы, способствует улучшению настроения и правильного восприятия экспрессии лицевых эмоций [22].

Результаты исследования демонстрируют более высокие показатели эффективности реабилитации у пациентов с правосторонним инсультом, что свидетельствует о влиянии латерализации поражения на процессы восстановления пациента в остром периоде ишемии. В качестве факторов, негативно влияющих на динамику восстановления когнитивных и психоэмоциональных функций у пациентов с левосторонним инсультом, выявлены расстройства внимания, клиническая тревожность, уровень апатии и степень тяжести неврологического дефицита, более выраженные в сравнении с пациентами с поражением правой гемисферы. Постинсультная апатия, тесно связанная с тяжестью ишемического инсульта и когнитивной дисфункцией, проявляется снижением мотивации, интереса и эмоционального ответа, что приводит к потере инициативы, социально-психологической дезадаптации и отрицательно влияет на эффективность восстановительной терапии. Постинсультная тревога затрагивает практически все сферы жизнедеятельности пациента, перенёсшего

инсульт, ухудшает качество социального функционирования пациента, снижает адаптационные возможности и приверженность к терапии [23]. Показатели зрительного внимания являются базовой функцией, определяющей перспективы восстановления при использовании иммерсивных систем. Исходно сниженный уровень внимания у пациентов с поражением левой гемисферы способствовал более низкой концентрации при выполнении задач в рамках заданного сценария, что отразилось на конечной оценке эффективности реабилитации.

С учётом положительной динамики восстановления функций внимания у пациентов обеих групп возможным решением является изменение способа погружения и увеличение сеансов проводимой VR-реабилитации для пациентов с исходным низким уровнем нейродинамических функций.

Отсутствие убедительных данных о влиянии виртуальной среды на степень восстановления синдрома неглекта в настоящем исследовании связано с недостаточностью выборки данных пациентов и стандартным использованием VR-программ без учёта игнорирования у пациентов с ишемическим инсультом в правой теменно-затылочной области. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования с внедрением сценариев VR для пациентов с односторонним игнорированием зрительных стимулов с последующей оценкой влияния иммерсивной среды на динамику показателей зрительно-пространственных функций пациентов с синдромом неглекта [24].

Оценка динамики когнитивных нарушений на фоне проводимой VR-терапии выявила недостаточное улучшение в отношении семантической обработки информации, конструктивного праксиса, симультанного и зрительного гнозиса у пациентов обеих групп и негативное влияние данных расстройств в совокупности с показателем IQCODE на эффективность реабилитации. Учитывая значительное место семантических и зрительно-пространственных нарушений в структуре деменций нейродегенеративной природы, подобные результаты можно рассматривать с позиции формирования определённого фенотипа постинсультного когнитивного нарушения в рамках смешанной деменции, в настоящее время рассматриваемой как болезнь Альцгеймера с цереброваскулярным заболеванием и наличием проявлений нейродегенеративного и цереброваскулярного заболевания, тесно связанных между собой [25, 26].

Другим немаловажным предиктором недостаточной эффективности реабилитации у пациентов с поражением правой гемисферы является множественное очаговое поражение серого и белого вещества головного мозга при повторных инсультах, как клинически явных, так и «немых», выявляемых по данным нейровизуализации [27].

Отрицательная корреляция показателя RE с нарушениями речи и идеаторной апраксией у пациентов с поражением в левой гемисфере и нарушениями перцепции (распознавание эмоций, зрительный гнозис) у больных

с ишемическим инсультом в правом полушарии демонстрирует целесообразность применения выбранных программ VR в нейрокогнитивной реабилитации пациентов с различной латерализацией ишемического инсульта, имеющих данный когнитивный дефицит. Полученные результаты также соответствуют показателям положительной динамики данных когнитивных функций. Положительная корреляция RE с психоэмоциональными доменами демонстрирует эффективность использования иммерсионной среды в реабилитации пациентов с депрессией с правосторонним поражением и общей агрессией — с левосторонним инсультом. Полученные результаты соответствуют данным других работ, в которых отражена эффективность использования различных программ VR в терапии аффективных, мотивационных и астенических нарушений [28, 29].

### Ограничения исследования

Основным ограничением настоящего исследования являются недостаточная выборка больных с синдромом неглекта и лимитированное применение программ АПК «Девирта – Делфи»

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с поражением правого и левого полушария в остром периоде ишемического инсульта отмечается амнестический мультифункциональный тип умеренных когнитивных расстройств, характеризующийся нарушением в сферах перцепции и речи, снижением памяти, регуляторных и нейродинамических функций. Латерализация ишемического инсульта отражается на структуре когнитивного дефицита с формированием определённого фенотипа когнитивных нарушений, характеризующегося

преимущественным проявлением мнестических нарушений у пациентов с левосторонним инсультом и снижения распознавания эмоций у больных ишемическим инсультом в правой гемисфере. Применение иммерсивной среды в ранней реабилитации пациентов с когнитивными нарушениями способствует улучшению выполнения вербальных и визуальных тестов, отражающих мнестическую, регуляторную и нейродинамическую функции.

Семантическая афазия, конструктивная апраксия, наличие повторного ишемического инсульта в анамнезе, левосторонняя локализация поражения, тревожность и мотивационные нарушения в совокупности с преморбидным когнитивным снижением негативно отражаются на эффективности VR-терапии. В связи с этим при разработке траекторий VR-реабилитации пациентов с семантическим и зрительно-пространственным дефицитом, имеющих высокий уровень тревожности и апатии, рекомендуется персонализированный подход с коррекцией времени и типа погружения в виртуальную среду.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Исследование проведено в рамках проекта «Приоритет 2030» Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта.

**Конфликт интересов.** Автор подтверждает отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The study was conducted within the framework of the project "Priority 2030" of the Immanuel Kant Baltic Federal University.

**Competing interests.** The author declare that they have no competing interests.

### 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. Вербицкая С.В., Парфенов В.А., Решетников В.А., и др. Постинсультные когнитивные нарушения (результаты 5-летнего наблюдения) // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2018. Т. 10, № 1. С. 37–42. EDN: URIJOY doi: 10.14412/2074-2711-2018-1-37-42
3. Einstad M.S., Saltvedt I., Lydersen S., et al. Associations between post-stroke motor and cognitive function: A cross-sectional study // *BMC Geriatr.* 2021. Vol. 21, N 1. P. 103. EDN: PYLLQX doi: 10.1186/s12877-021-02055-7
4. Карпов О.Э., Даминов В.Д., Новак Э.В., и др. Технологии виртуальной реальности в медицинской реабилитации как пример современной информатизации здравоохранения // *Вестник Национального медико-хирургического центра*

им. Н.И. Пирогова. 2020. Т. 15, № 1. С. 89–98. EDN: VOJWKM doi: 10.25881/BPNMSC.2020.71.14.017

5. Иванова Г.Е., Бодрова Р.А., Буйлова Т.В., и др. Алгоритм формулирования реабилитационного диагноза с помощью Международной классификации функционирования пациента, перенесшему инсульт: клинический случай // *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация.* 2022. Т. 4, № 1. С. 37–54. EDN: FLURCZ doi: 10.36425/rehab96918
6. Герасимова Г.В., Струкова Н.В., Курдыбайло С.Ф., и др. Применение SMART-подхода, оценка достижения целей в процессе реабилитации пациентов // *Физическая и реабилитационная медицина.* 2021. Т. 3, № 4. С. 41–48. EDN: MNQQTZ doi: 10.26211/2658-4522-2021-3-4-41-48
7. Костенко Е.В., Петрова Л.В., Погонченкова И.В., и др. Виртуальная реальность как технология мультимодальной коррекции постинсультных двигательных и когнитивных нарушений в условиях многозадачности функционирования (обзор литературы) // *Российский медицинский журнал.* 2022. Т. 28, № 5. С. 381–394. EDN: KTQSIM doi: 10.17816/medjrf112059

8. Gajardo-Vidal A., Lorca-Puls D.L., Hope T.M., et al. How right hemisphere damage after stroke can impair speech comprehension // *Brain*. 2018. Vol. 141, N 12. P. 3389–3404. doi: 10.1093/brain/awy270
9. Lugtmeijer S., Lammers N.A., de Haan E.H., et al. Post-stroke working memory dysfunction: A meta-analysis and systematic review // *Neuropsychol Rev*. 2021. Vol. 31, N 1. P. 202–219. EDN: AYQEXS doi: 10.1007/s11065-020-09462-4
10. Локшина А.Б., Гришина Д.А., Захаров В.В. Сосудистые когнитивные нарушения: вопросы диагностики и лечения // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2023. Т. 15, № 2. С. 106–113. EDN: OAXYQT doi: 10.14412/2074-2711-2023-2-106-113
11. O'Sullivan M.J., Li X., Galligan D., Pendlebury S.T. Cognitive recovery after stroke: Memory // *Stroke*. 2023. Vol. 54, N 1. P. 44–54. EDN: KTIPIE doi: 10.1161/STROKEAHA.122.041497
12. Старчина Ю.А. Когнитивные нарушения после инсульта // *Медицинский совет*. 2017. № 15. С. 27–32. EDN: XUYAUR doi: 10.21518/2079-701X-2017-0-27-32
13. Народова Е.А., Шнайдер Н.А., Народова В.В., и др. Роль специализации полушарий головного мозга в эмоциональном контроле // *Доктор Руч*. 2020. Т. 19, № 4. С. 23–28. EDN: HVEPYX doi: 10.31550/1727-2378-2020-19-4-23-28
14. O'Connell K., Marsh A.A., Edwards D.F., et al. Emotion recognition impairments and social well-being following right-hemisphere stroke // *Neuropsychol Rehab*. 2022. Vol. 32, N 7. P. 1337–1355. doi: 10.1080/09602011.2021.1888756
15. Cai W., Mueller C., Li Y.J., et al. Post stroke depression and risk of stroke recurrence and mortality: A systematic review and meta-analysis // *Ageing Res Rev*. 2019. N 50. P. 102–109. doi: 10.1016/j.arr.2019.01.013
16. Tay J., Morris R.G., Markus H.S. Apathy after stroke: Diagnosis, mechanisms, consequences, and treatment // *Int J Stroke*. 2021. Vol. 16, N 5. P. 510–518. doi: 10.1177/1747493021990906
17. 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. N 11. P. 280. doi: 10.3389/fnagi.2019.00280
18. Park W., Kim J., Kim M. Efficacy of virtual reality therapy in ideomotor apraxia rehabilitation: A case report // *Medicine (Baltimore)*. 2021. Vol. 100, N 28. P. e26657. doi: 10.1097/MD.00000000000026657
19. 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: JUYXAW doi: 10.3390/s23031712
20. 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
21. 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. N 16. P. 880447. EDN: JMRIFL doi: 10.3389/fnsys.2022.880447
22. Marín-Morales J., Llinares C., Guixeres J., et al. Emotion recognition in immersive virtual reality: From statistics to affective computing // *Sensors (Basel)*. 2020. Vol. 20, N 18. P. 5163. EDN: AMMKCA doi: 10.3390/s20185163
23. Li W., Xiao W.M., Chen Y.K., et al. Anxiety in patients with acute ischemic stroke: Risk factors and effects on functional status // *Front Psychiatry*. 2019. N 10. P. 257. doi: 10.3389/fpsy.2019.00257
24. 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. N 14. P. 1271458. EDN: VZXBOY doi: 10.3389/fpsyg.2023.1271458
25. Чердак М.А. Смешанная деменция у пациента, перенесшего инсульт // *Российский журнал гериатрической медицины*. 2020. № 3. С. 236–242. EDN: NTHOUX doi: 10.37586/2686-8636-3-2020-236-242
26. 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, N 1. P. 16385. doi: 10.1038/s41598-021-95821-x
27. Парфенов В.А. Сосудистые когнитивные нарушения и хроническая ишемия головного мозга (дисциркуляторная энцефалопатия) // *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2019. Т. 11, № S3. С. 61–67. EDN: KWRPMJ doi: 10.14412/2074-2711-2019-3S-61-67
28. Donnelly M.R., Reinberg R., Ito K.L., et al. Virtual reality for the treatment of anxiety disorders: A scoping review // *Am J Occup Ther*. 2021. Vol. 75, N 6. P. 7506205040. doi: 10.5014/ajot.2021.046169
29. De Luca R., Torrisi M., Piccolo A., et al. Improving post-stroke cognitive and behavioral abnormalities by using virtual reality: A case report on a novel use of nirvana // *Appl Neuropsychol Adult*. 2018. Vol. 25, N 6. P. 581–585. doi: 10.1080/23279095.2017.1338571

## 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. Verbitskaya SV, Parfenov VA, Reshetnikov VA, et al. Post-stroke cognitive impairment (results of a 5-year follow-up). *Neurol Neuropsychiatry Psychosom*. 2018;10(1):37–42. EDN: URIJOY doi: 10.14412/2074-2711-2018-1-37-42
3. Einstad MS, Saltvedt I, Lydersen S, et al. Associations between post-stroke motor and cognitive function: A cross-sectional study. *BMC Geriatr*. 2021;21(1):103. EDN: PYLLQX doi: 10.1186/s12877-021-02055-7
4. Karpov OE, Daminov VD, Novak EV, et al. Virtual reality technologies in medical rehabilitation as an example of modern health informatization. *Bull Pirogov National Med Surg Center*. 2020;15(1): 89–98. EDN: BOJWKM doi: 10.25881/BPNMSC.2020.71.14.017
5. Ivanova GE, Bodrova RA, Builova TV, et al. Algorithm for formulation a rehabilitation diagnosis using the international classification of functioning in a patient with a stroke: Clinical case. *Fizicheskaya i reabilitatsionnaya meditsina, meditsinskaya reabilitatsiya*. 2022;4(1):37–54. EDN: FLURCZ doi: 10.36425/rehab96918
6. Gerasimova GV, Strukova NV, Kurdybailo SF, et al. Application of smart-approach, evaluation of goals in the patients rehabilitation. *Physical Rehabilitation Med*. 2021;3(4):41–48. EDN: MNQQTZ doi: 10.26211/2658-4522-2021-3-4-41-48



7. Kostenko EV, Petrova LV, Pogonchenkova IV, et al. Virtual reality as a technology of multimodal correction of post-stroke motor and cognitive disturbances in conditions of multitasking functioning (literature review). *Med J Russian Federation*. 2022;28(5):381–394. EDN: KTQSIM doi: 10.17816/medjrf112059
8. Gajardo-Vidal A, Lorca-Puls DL, Hope TM, et al. How right hemisphere damage after stroke can impair speech comprehension. *Brain*. 2018;141(12):3389–3404. doi: 10.1093/brain/awy270
9. Lugtmeijer S, Lammers NA, de Haan EH, et al. Post-stroke working memory dysfunction: A meta-analysis and systematic review. *Neuropsychol Rev*. 2021;31(1):202–219. EDN: AYQEXS doi: 10.1007/s11065-020-09462-4
10. Lokshina AB, Grishina DA, Zakharov VV. Vascular cognitive impairment: Issues of diagnosis and treatment. *Neurol Neuropsych Psychosomat*. 2023;15(2):106–113. EDN: OAXYQT doi: 10.14412/2074-2711-2023-2-106-113
11. O'Sullivan MJ, Li X, Galligan D, Pendlebury ST. Cognitive recovery after stroke: Memory. *Stroke*. 2023;54(1):44–54. EDN: KTIPIE doi: 10.1161/STROKEAHA.122.041497
12. Starchina YA. Cognitive disorder after stroke. *Medical council*. 2017;(1S):27–32. EDN: XUYAUR doi: 10.21518/2079-701X-2017-0-27-32
13. Narodova EA, Shnayder NA, Narodova VV, et al. The role of brain hemispheric specialization in emotional regulation. *Doktor Ru*. 2020; 19(4):23–28. EDN: HVEPYX doi: 10.31550/1727-2378-2020-19-4-23-28
14. O'Connell K, Marsh AA, Edwards DF, et al. Emotion recognition impairments and social well-being following right-hemisphere stroke. *Neuropsychol Rehab*. 2022; 32(7):1337–1355. doi: 10.1080/09602011.2021.1888756
15. Cai W, Mueller C, Li YJ, et al. Post stroke depression and risk of stroke recurrence and mortality: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2019; 50:102–109. doi: 10.1016/j.arr.2019.01.013
16. Tay J, Morris RG, Markus HS. Apathy after stroke: Diagnosis, mechanisms, consequences, and treatment. *Int J Stroke*. 2021; 16(5):510–518. doi: 10.1177/1747493021990906
17. 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
18. Park W, Kim J, Kim M. Efficacy of virtual reality therapy in ideomotor apraxia rehabilitation: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(28):e26657. doi: 10.1097/MD.0000000000026657
19. 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
20. 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
21. 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
22. Marín-Morales J, Llinares C, Guixeres J, et al. Emotion recognition in immersive virtual reality: From statistics to affective computing. *Sensors (Basel)*. 2020;20(18):5163. EDN: AMMKCA doi: 10.3390/s20185163
23. Li W, Xiao WM, Chen YK, et al. Anxiety in patients with acute ischemic stroke: Risk factors and effects on functional status. *Front Psychiatry*. 2019;(10):257. doi: 10.3389/fpsy.2019.00257
24. 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
25. Cherdak MA. Mixed dementia in stroke patient. *Russ J Geriatric Med*. 2020;(3):236–242. EDN: NTHOUX doi: 10.37586/2686-8636-3-2020-236-242
26. 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(1):16385. doi: 10.1038/s41598-021-95821-x
27. Parfenov VA. Vascular cognitive impairment and chronic cerebral ischemia (dyscirculatory encephalopathy). *Neurol Neuropsychi Psychosomat*. 2019; 11(3S):61–67. EDN: KWRPMJ doi: 10.14412/2074-2711-2019-3S-61-67
28. Donnelly MR, Reinberg R, Ito KL, et al. Virtual reality for the treatment of anxiety disorders: A scoping review. *Am J Occup Ther*. 2021; 75(6):7506205040. doi: 10.5014/ajot.2021.046169
29. De Luca R, Torrisi M, Piccolo A, et al. Improving post-stroke cognitive and behavioral abnormalities by using virtual reality: A case report on a novel use of nirvana. *Appl Neuropsychol Adult*. 2018; 25(6):581–585. doi: 10.1080/23279095.2017.1338571

## ОБ АВТОРЕ

**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

## AUTHOR'S INFO

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