



Психофизиологические технологии с биологической обратной связью в реабилитации пациентов после инсульта: рандомизированное контролируемое исследование

Костенко Е.В.^{1,2}, Котельникова А.В.¹, Петрова Л.В.^{1,*},
 Погонченкова И.В.¹, Филиппов М.С.¹

¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Психофизиологические технологии с биологической обратной связью (БОС) являются перспективным направлением медицинской реабилитации (МР) постинсультных больных.

ЦЕЛЬ. Оценка эффективности включения психофизиологической технологии с БОС в комплексную МР пациентов с ишемическим инсультом (ИИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Включены пациенты с ИИ в ранний восстановительный период, имеющие легкий или умеренный двигательный дефицит, когнитивную дисфункцию и расстройства эмоционально-волевой сферы. В программу МР пациентов основной группы 1 (ОГ1; $n = 30$) включили психофизиологическую технологию с БОС по бета-ритму электроэнцефалографии (ЭЭГ); пациенты основной группы 2 (ОГ2; $n = 55$) получали психофизиологические тренировки с БОС на основе частоты сердечных сокращений (ЧСС). Пациентам контрольных групп (КГ1, $n = 30$ и КГ2, $n = 30$) проводилась только базовая МР. Для контроля эффективности МР анализировали динамику физиологических показателей (ЧСС, артериальное давление), параметров ЭЭГ, кардиоинтервалографии (КИГ), а также результатов тестирования по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA), опроснику «Самочувствие, активность, настроение» (САН), госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS), тесту «Мотивация достижения успеха» по Т. Элерсу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведенный БОС-тренинг по бета-ритму ЭЭГ сопровождался статистически значимым улучшением показателей когнитивного статуса пациентов ОГ1 по MoCA, снижением уровня тревоги и реагирования на внешнее воздействие, что подтверждалось динамикой показателей систолического артериального давления (САД) и ЧСС, а также достижением умеренно высокого уровня мотивации с достоверными отличиями от исходных значений и по сравнению с КГ1 ($p < 0,05$). Курс БОС-тренинга по параметрам ЧСС показал достоверное изменение показателей КИГ, снижение САД и ЧСС у пациентов ОГ2; статистически значимо возросли показатели опросника САН ($p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Включение в комплексную реабилитацию психофизиологической технологии с БОС позволяет повысить эффективность постинсультной когнитивно-двигательной реабилитации, в том числе у больных с высокими сердечно-сосудистыми рисками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: психофизиологические технологии, биологическая обратная связь, медицинская реабилитация, инсульт

Для цитирования / For citation: Костенко Е.В., Котельникова А.В., Петрова Л.В., Погонченкова И.В., Филиппов М.С. Психофизиологические технологии с биологической обратной связью в реабилитации пациентов после инсульта: рандомизированное контролируемое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(1):55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66> [Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Petrova L.V., Pogonchenkova I.V., Filippov M.S. The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66> (In Russ.).]

* **Для корреспонденции:** Петрова Людмила Владимировна, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Статья получена: 31.07.2024
Статья принята к печати: 15.11.2024
Статья опубликована: 16.02.2025

The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study

 Elena V. Kostenko^{1,2},  Anastasia V. Kotelnikova¹,  Liudmila V. Petrova^{1,*},
 Irena V. Pogonchenkova¹,  Maksim S. Filippov¹

¹ S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Psychophysiological technologies with biofeedback (BFB) are a promising area of in medical rehabilitation (MR) for post-stroke patients.

AIM. To evaluate the effectiveness of the MR-program including psychophysiological technology with BFB for patients with an ischemic stroke (IS).

MATERIALS AND METHODS. The study includes patients in the early recovery period of IS with mild to moderate motor deficits, cognitive dysfunction and emotional-volitional disorders. The complex MR program for the main group 1 patients (MG1, $n = 30$) included psychophysiological BFB-technology based on the beta-rhythm parameters of Electroencephalography (EEG); the main group 2 (MG2) patients ($n = 55$) received psychophysiological trainings with BFB based on heart rate. The patients of the control groups (KG1, $n = 30$ and KG2, $n = 30$) received only standard MR. To control the effectiveness of MR, we analyzed the changes in physiological parameters (HR, blood pressure (BP)), EEG parameters, cardiointervalography (CIG), as well as the results of the Montreal Cognitive Assessment Scale (MoCA), the well-being, activity, and mood questionnaire (WAM), the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), and the Motivation for Success test according to T. Ehlers.

RESULTS AND DISCUSSION. BFB-training based on the EEG beta rhythm showed a statistically significant improvement in the cognitive status of the patients in MG1 according to the MoCA, a decrease in the level of anxiety and reaction to external influences, which was confirmed by the dynamics of systolic BP (SBP) and HR, as well as the achievement of a moderately high level of motivation with reliable differences from baseline values and compared to Control Group 1 ($p < 0.05$). The course of biofeedback training based on the HR parameters showed a reliable change in the CIG parameters, a decrease in SBP and HR in the patients of MG2; statistically significant increase of the WAM questionnaire parameters ($p < 0.05$).

CONCLUSION. The integration of psychophysiological technology with biofeedback in comprehensive rehabilitation protocols enhances the efficacy of post-stroke cognitive-motor rehabilitation, particularly in patients with high cardiovascular risks.

KEYWORDS: psychophysical technologies, biofeedback, medical rehabilitation, stroke

For citation: Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Petrova L.V., Pogonchenkova I.V., Filippov M.S. The Psychophysiological Technology with Biofeedback in Complex Rehabilitation of Post-Stroke Patients: a Randomized Controlled Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(1):55–66. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-1-55-66> (In Russ.).

* **For correspondence:** Liudmila V. Petrova, E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru

Received: 31.07.2024

Accepted: 15.11.2024

Published: 16.02.2025

ВВЕДЕНИЕ

Психофизиологические технологии с применением биологической обратной связи (БОС) представляют перспективное направление реабилитации пациентов, перенесших инсульт [1]. Современные подходы к реабилитации основываются на биопсихосоциальном принципе: пациент рассматривается не только как объект приложения коррекционных усилий для восстановления утраченных или нарушенных физиологических функций, но и как человек, личность со своими индивидуальными переживаниями, особенностями социального окружения, микро- и макросоциума, нарушенного болезнью привычного течения жизни. Основой психофизиологической реабилитации является нейропластичность, стимуляция которой достигается с помощью упражнений и тренировок, направленных на восстановление когнитивных и моторных навыков. Реабилитационная эффективность систем биологического управления взаимосвязана с тем, что БОС-интерфейс представляет для

человека «физиологическое зеркало», в котором отражаются его внутренние процессы. Взаимодействуя в интерактивном режиме с сигналами БОС, человек учится управлять своим физическим и эмоциональным состоянием, что помогает справляться с последствиями как острого, так и длительного стресса, а также с проявлениями тревожности и депрессии на телесном уровне [2].

К числу психологических последствий инсульта относят нарушения в когнитивной сфере, расстройства тревожно-депрессивного спектра, а также риск возникновения отсроченных признаков психической травмы [3–7], так как внезапность и интенсивность развития эмоциональных реакций соответствуют критериям посттравматического стрессового расстройства. Данные психологические нарушения поддерживают сформировавшиеся двигательные расстройства и влияют на эффективность реабилитационных мероприятий [6, 8–9].

Когнитивные нарушения влияют на утрату трудоспособности, качество жизни и ограничивают возможности

восстановления других нарушенных функций [4, 8–9]. У 83 % выживших после инсульта имеются нарушения хотя бы в одной когнитивной области, у 50 % — в нескольких, через 3 месяца в 71 % случаев сохраняются расстройства в отдельных когнитивных доменах [9]. Распространенность постинсультной деменции составляет 25–41 % и взаимосвязана с социальными факторами, тяжестью и локализацией инсульта [10].

Эмоциональные нарушения у пациентов, перенесших инсульт, представлены депрессивными расстройствами, частота которых в острый период составляет 35 %, в поздний восстановительный период — 31,4 %, в ранний восстановительный период ишемического инсульта (ИИ) — 44,7 % [11]. Имеются данные о распространенности эмоциональных расстройств при ИИ до 60–79 % [5–6].

Распространенность постинсультной усталости варьирует от 30 % до 70 %, негативно влияет на мотивацию к реабилитации, снижает качество жизни больных [7, 12–15].

Апатия, выявляемая у 16–55 % пациентов, сопровождается утратой интереса и мотивации к адаптации в новых условиях функционирования. Больные полностью или частично игнорируют реабилитационные мероприятия, становятся безынициативны, не испытывают потребности взаимодействия с окружающей средой и участия в социальной жизни [16].

Нарушения в двигательной сфере, обусловленные изменением ответа тела на контролируемые действия для поддержания физиологического паттерна ходьбы с сохранением равновесия и стабильности, часто отягощаются кинезиофобическими реакциями [17–18]. Исследования, посвященные преодолению ограничительного поведения в ходе двигательной реабилитации, подчеркивают важность такой психологической переменной, как самоконтроль [19–20].

Таким образом, основными точками приложения коррекционных усилий при использовании психофизиологических технологий с применением метода БОС являются психофизиологическое состояние пациентов после инсульта, когнитивный статус и эмоционально-мотивационная сфера.

ЦЕЛЬ

Оценка эффективности комплексной медицинской реабилитации (МР) с применением психофизиологической технологии с БОС у пациентов, перенесших ИИ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали пациенты с ИИ, проходившие амбулаторную МР на базе ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого» Департамента здравоохранения города Москвы.

Психофизиологическая технология с БОС реализовывалась с помощью аппаратно-программного комплекса «Нейрон-Спектр-5» («Нейрософт», Россия)¹.

¹ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 1379н от 28.12.2020 «Об утверждении перечня оборудования для оснащения и переоснащения медицинских организаций при реализации региональных программ модернизации первичного звена здравоохранения»

В качестве обратной связи использовались параметры электроэнцефалографических сигналов (ЭЭГ-сигналов) с направленностью на активацию (БОС-тренинг по бета-ритму), тренинг по частоте сердечных сокращений (ЧСС) и электромиографии (ЭМГ) [1–2]. Распределение пациентов в одну из групп БОС-тренинга проводилось методом случайных чисел. Психофизиологическая технология с БОС на основе параметров ЭЭГ-сигнала осуществлялась 60 пациентам; 85 пациентам проводился психофизиологический тренинг с БОС по ЧСС.

Все пациенты, включенные в исследование, подписали согласие на участие. Критерии включения: ранний восстановительный период первичного ИИ, возраст 45–75 лет, легкие и умеренные двигательные нарушения (мышечная сила паретичной конечности 3–4 балла по шкале Комитета медицинских исследований (Medical Research Council Scale — MRCS); спастичность ≤ 2 баллов по модифицированной шкале Эшворта (Modified Ashworth Scale — MAS), сохранность когнитивной функции по Монреальской шкале оценки когнитивных функций (MoCA) > 20 баллов, отсутствие значимой тревоги и депрессии < 11 баллов по госпитальной шкале тревоги и депрессии (HADS).

Все пациенты получали стандартную программу МР (индивидуальная лечебная гимнастика, магнитотерапия, массаж паретичных конечностей) и базовую терапию основного и сопутствующих заболеваний в соответствии с действующими стандартами и клиническими рекомендациями. Продолжительность курса МР составила 15 сеансов, 3 раза в неделю; длительность визита пациента в клинику составляла 2–3 часа.

Психофизиологическая технология с обратной связью на основе параметров ЭЭГ-сигнала

В исследование включено 60 пациентов с давностью перенесенного инсульта $62,3 \pm 5,8$ дней; из них 26 женщин (43,3 %), 34 мужчины (56,7 %); средний возраст составил $58,2 \pm 4,8$ лет. Пациентов методом случайных чисел распределили в две группы: основную (ОГ1, $n = 30$) и контрольную (КГ1, $n = 30$). Пациенты групп исследования были сравнимы по возрасту, полу и клиническим проявлениям. Все пациенты получали базовый комплекс реабилитации, направленный на восстановление дисфункции кисти и статолокомоторных нарушений, проводимых последовательно в течение одного визита (лечебная физкультура, физиотерапия, массаж). Программа МР пациентов ОГ1 дополнялась психофизиологической технологией с БОС по бета-ритму головного мозга.

Каждому участнику исследования индивидуально определялась стратегия повышения мощности и поддержания бета-ритма головного мозга при мышечном расслаблении. Пороговые значения бета-ритма устанавливались с флюктуациями не менее 30 %. Тренинг БОС по бета-ритму проводился в состоянии бодрствования с открытыми глазами, использовались биполярный монтаж электродов в отведении Fz-Cz (международная система «10–20») и свободный электрод на мочке уха участников. Продолжительность тренинга составила 15 минут, 3 раза в неделю, всего 15 сеансов.

Протокол тренинга автоматически фиксировал динамику бета-ритма мозга и оценивал эффективность попыток пациента в текущем сеансе БОС-тренинга. Курс

состоял из 15 сеансов, проводился после базового комплекса реабилитации.

У всех пациентов исходно (контрольная точка T0), на 7-м сеансе (контрольная точка T1) и после курса МР (контрольная точка T2) оценивались текущее психофизиологическое состояние, когнитивный статус, эмоционально-мотивационная сфера.

Для определения физиологического состояния пациента с помощью кардиофлэшки «ECG Dongle» (ЗАО «Нордавинд», Россия) регистрировали электрокардиограмму (ЭКГ) с оценкой ЧСС, сегмента ST, а также измеряли систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД соответственно) до и после сеансов.

Когнитивный статус пациентов изучался с помощью шкалы MoCA [21]. Эмоционально-мотивационная сфера исследовалась с помощью психодиагностического опросника «Методика мотивации к успеху» (Т. Элерс) [22] и шкалы HADS [23].

Опросником «Методика мотивации к успеху» оценивали выраженность одной из двух ведущих мотивационных тенденций: ориентацию на достижение успеха (чем более ориентирован человек на достижение успеха, тем увереннее он движется к цели, тем скорее решит поставленные задачи и достигнет результата). Низкая мотивация достижения успеха соответствовала результату от 1 до 10 баллов, средний уровень — от 11 до 16, умеренно высокий — от 17 до 20, чрезмерно высокий — выше 21 балла.

Психофизиологическая технология БОС по ЧСС

В исследовании приняли участие 85 пациентов в ранний восстановительный период ИИ в возрасте $53,0 \pm 2,1$ года. Среди них было 49,4 % женщин и 50,6 % мужчин. Они были распределены случайным образом в основную (ОГ2, $n = 55$) и контрольную (КГ2, $n = 30$) группы генератором случайных чисел. Группы были эквивалентны по возрасту, полу и клиническим характеристикам ($p > 0,05$).

Пациентам в ОГ2 был назначен курс МР, включавший базовые реабилитационные мероприятия (лечебная физкультура, физиотерапия, массаж) и тренировки аппаратного биоуправления: 20-минутные ЧСС-тренировки в игровых режимах и ЭМГ-БОС на комплексе «Нейрон-Спектр-5», проводившиеся 3 раза в неделю, всего 15 сеансов. В КГ2 пациентам назначалась только базовая МР с аналогичной периодичностью: 3 раза в неделю, 15 сеансов. Обследование проводилось до (T0) и после (T1) реабилитации с оценкой психофизиологического состояния, когнитивных функций и эмоционально-мотивационной сферы.

ЧСС-тренировки в игровых режимах проводятся под руководством инструктора, который после объяснения цели тренировки (с помощью дыхания, мышечной релаксации, визуализации и эмоционального настроения стараться снизить ЧСС относительно исходных значений) знакомит пациента с оборудованием и игровым интерфейсом. После фиксации кардиодатчика (кардиопояса) пациент усаживается в кресло, в течение 5 минут адаптируется к окружающей среде. За это время врач настраивает выбранную игру («Рыбка», «Воздушный шар» или «Звездолет») и параметры тренировки. Цель игры — путешествие какого-либо объекта, управляемого пациентом (например, воздушный

шар), и преодоление им заданного пути. Достижение определенной цели возможно при поддержании заданного уровня ЧСС (как правило, это 60 ударов в минуту). Траектория пути отображается в верхнем левом углу экрана. В нижней части дисплея выводится гистограмма ЧСС с ограничительной красной линией заданного уровня ЧСС. В ходе БОС-терапии пациент саморегулирует показатели ЧСС в пределах выбранного диапазона.

Для оценки эффективности изучаемой технологии анализировали динамику клинических симптомов, кардиоинтервалографии (КИГ) по ЭКГ. Эмоционально-мотивационная сфера изучалась при помощи опросника «Самочувствие, активность, настроение» (САН) [24].

Статистика

Для математико-статистической обработки использовались программный пакет «Статистика 12.0» и аналитические функции программы Microsoft Office Excel. В рамках исследования проводился анализ данных с помощью описательной статистики (вычислялись среднее значение и стандартная ошибка среднего). Оценивались статистически значимые различия в процентной представленности бинарного признака в независимых группах с использованием критерия Фишера, а также различия в уровнях количественного признака для связанных и независимых групп с помощью T -критерия Стьюдента. Статистическая значимость определялась при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты использования технологии психофизиологической коррекции с БОС на основе параметров ЭЭГ-сигнала

Динамика показателей, отражающих психофизиологическое состояние пациентов за период МР с использованием психофизиологического ЭЭГ-БОС-тренинга по бета-ритму представлена в таблице 1.

В норме бета-активность частотой от 14–30 Гц и амплитудой 5–30 мкВ, присущая состоянию бодрствования человека, наиболее выражена в лобных областях и при нагрузке распространяется на весь мозг. При умственном напряжении, эмоциональном возбуждении, решении вербальных задач индекс бета-ритма возрастает. Нарушение концентрации внимания связано с уменьшением мощности бета-ритма и изменением его зонального распределения [25]. Исходно у пациентов обеих групп регистрировался десинхронный тип ЭЭГ с диффузной представленностью бета-активности по всем отведениям и низкой мощностью альфа-ритма в затылочных отведениях. По завершении БОС-тренинга по бета-ритму у пациентов ОГ1 к 15-му сеансу наблюдалась синхронизация корковых ритмов, сопровождаемая увеличением мощности альфа-ритма в затылочной области и устойчивостью бета-ритма в центральных и лобных областях мозга ($p < 0,05$). У пациентов КГ1 наблюдали разнонаправленность изменений; сохранялись десинхронный тип ЭЭГ, доминирование диффузной бета-активности высокой частоты и ослабление мощности альфа-ритма в затылочных областях ($p > 0,05$). При анализе межгрупповых различий выявлено значимое нарастание мощности бета-ритма у пациентов ОГ1 в сравнении с КГ1 ($p = 0,002$), что может

Таблица 1. Динамика физиологических параметров при психофизиологическом тренинге по бета-ритму, $M \pm m$
Table 1. Changes in physiological parameters during psychophysiological training based on the beta rhythm, $M \pm m$

Корректируемый показатель / Adjusted parameter	Визиты / Visits		p (T0-T2)
	T0	T2	
Основная группа 1 (n = 30) / Main group 1 (n = 30)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	135,6 ± 3,1	126,0 ± 3,6*	0,048
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	83,6 ± 2,3	80,9 ± 2,5	0,43
ЧСС, уд./мин / heart rate, rpm	72,5 ± 1,2	64,4 ± 1,4*	0,00007
ЭЭГ (мощность), % / EEG (power), %	48,2 ± 3,8	72,2 ± 2,5*	0,00002
Контрольная группа 1 (n = 30) / Control group 1 (n = 30)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	136,3 ± 3,1	130,0 ± 3,5	0,2
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	85,0 ± 2,2	83,5 ± 2,4	0,45
ЧСС, уд./мин / heart rate, rpm	76,5 ± 1,2	66,0 ± 1,5*	0,0000
ЭЭГ (мощность), % / EEG (power), %	48,4 ± 3,5	57,2 ± 2,9	0,057

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными показателями; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ЭЭГ — электроэнцефалография; T0 — исходно; T2 — по завершении курса реабилитации (15 сеансов).

Note: * — $p < 0.05$, the significance of differences compared with baseline values; SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; heart rate — the number of heart contractions; EEG — electroencephalography; T0 — initially; T2 — at the end of the rehabilitation (15 sessions).

свидетельствовать об активации коры головного мозга и повышении возможностей к сосредоточению и усвоению информации.

Кумулятивный эффект, накопленный в результате проведения 15 сеансов нейробиоуправления у пациентов ОГ1, привел к изменениям депрессорных механизмов регуляции системы кровообращения, адаптационному взаимодействию отделов вегетативной нервной системы, что подтверждается статистически значимой стабилизацией показателей сердечного ритма и нормализацией САД ($p < 0,05$), а также тенденцией к стабилизации ДАД ($p > 0,05$) у пациентов ОГ1. У пациентов КГ1 под влиянием психофизиологической тренировки наблюдали стабилизацию САД ($p > 0,05$) и снижение ЧСС ($p < 0,05$) (табл. 1).

При этом в ОГ1 значимое улучшение САД (снижение на 10 мм рт. ст.) отмечено у 63,3 % пациентов, ДАД (снижение на 5 мм рт. ст.) — в 53,3 % случаев. В КГ1 эти показатели составили 46,6 % и 33,3 % соответственно (дельта между ОГ и КГ составила +3,33).

Применение психофизиологических тренировок с БОС по бета-ритму мозга существенно улучшило когнитивное состояние и снизило уровень тревожности в текущем эмоциональном состоянии пациентов группы ОГ1 ($p < 0,05$) (табл. 2). При исходной оценке когнитивных функций умеренные когнитивные нарушения выявлены у 40 (66,6 %) пациентов со средним баллом по шкале MoCA 22,8 ± 1,3 для пациентов ОГ1 и 23,4 ± 1,2 для пациентов КГ1.

К 7-му сеансу нейробиоуправления у пациентов ОГ1 наблюдалось быстрое встраивание и достижение эффективности выполнения задания с изменением пороговых величин, а также сокращалось время выполнения попыток овладения навыками саморегуляции текущего психофизиологического состояния, средний балл

по шкале MoCA составил 26,0 ± 1,5, по шкале HADS (тревога) — 6,8 ± 1,2. Под влиянием комплексной реабилитационной программы с включением технологий БОС отмечалась достоверная положительная динамика показателей когнитивных функций у пациентов ОГ1 с достижением нормальных значений 26,6 ± 1,2 к концу МР ($p < 0,05$). У пациентов ОГ1 к завершению исследования отмечались уменьшение внутреннего напряжения, тревожности и психомоторного беспокойства, динамика показателей по разделу «тревога» шкалы HADS стала статистически значимой (с 10,1 ± 1,5 до 6,6 ± 1,2 балла; $p < 0,05$). К окончанию исследования наблюдалось улучшение показателей когнитивного статуса и эмоционального состояния и у пациентов КГ1, однако необходимая для достижения уровня доказательности степень статистической достоверности достигнута не была ($p > 0,05$) (табл. 2).

Значимые результаты получены при исследовании эмоционально-мотивационной сферы личности. Исходно выраженность мотивационной тенденции к достижению успеха, по данным теста Элерса, у пациентов как ОГ1, так и КГ1 соответствовала границе среднего и умеренно высокого уровня значений (16,2 ± 3,1 и 16,3 ± 2,1 балла соответственно). Уже к 7-му сеансу у пациентов ОГ1 статистически значимо повышался уровень выраженности мотивации к достижению успеха (18,6 ± 2,3 по сравнению с 16,2 ± 3,1 баллами). По завершении курса психофизиологической коррекции у пациентов ОГ1 отмечено достижение умеренно высокого уровня мотивации с достоверными отличиями ($p \leq 0,05$) от исходных данных и показателей КГ1. В КГ1 не было зафиксировано статистически значимого роста уровня мотивации по сравнению с исходными показателями (17,5 ± 2,6 и 16,3 ± 2,1 балла соответственно).

Таблица 2. Динамика показателей когнитивного и эмоционального статуса при психофизиологическом тренинге с биологической обратной связью по бета-ритму, $M \pm m$
Table 2. Changes in parameters of cognitive and emotional status during psychophysiological training with biofeedback based on the beta rhythm, $M \pm m$

Корректируемый показатель, баллы / Adjusted parameter, scores	Визиты / Visits			p (T0-T2)
	T0	T1	T2	
Основная группа 1 (n = 30) / Main group 1 (n = 30)				
Когнитивный статус (MoCA) / Cognitive status (MoCA)	22,8 ± 1,3	26,0 ± 1,5	26,6 ± 1,2	0,035*
Тревога (HADS) / Anxiety (HADS)	10,1 ± 1,5	6,8 ± 1,2	6,6 ± 1,2	0,05*
Депрессия (HADS) / Depression (HADS)	9,7 ± 1,8	8,3 ± 2,3	6,9 ± 2,4	0,30
Мотивация достижения успеха (тест Элерса) / Motivation for success (Ehlers' test)	16,2 ± 3,1	18,6 ± 2,3	20,2 ± 1,6	0,05*
Контрольная группа 1 (n = 30) / Control group 1 (n = 30)				
Когнитивный статус (MoCA) / Cognitive status (MoCA)	23,4 ± 1,2	25,6 ± 1,2	25,8 ± 1,2	0,07
Тревога (HADS) / Anxiety (HADS)	9,7 ± 1,0	8,6 ± 1,1	7,7 ± 1,7	0,68
Депрессия (HADS) / Depression (HADS)	9,6 ± 1,1	8,7 ± 1,2	7,4 ± 1,5	0,65
Мотивация достижения успеха (тест Элерса) / Motivation for success (Ehlers' test)	16,3 ± 2,1	16,9 ± 2,4	17,5 ± 2,6	0,84

Примечание: * — $p < 0,05$, значимость различий показателей на визите T2 по сравнению с исходными данными; T0 — исходно; T1 — середина курса реабилитации (7 сеансов); T2 — по завершении курса реабилитации (15 сеансов); MoCA — Монреальская шкала оценки когнитивных функций; HADS — госпитальная шкала тревоги и депрессии.

Note: * — $p < 0.05$, the significance of the differences compared T2 to the initial indicators; T0 — baseline; T1 — the middle of the rehabilitation (7 sessions); T2 — the end of the rehabilitation (15 sessions); MoCA — Montreal Cognitive Assessment; HADS — Hospital Anxiety and Depression Scale.

Психофизиологические тренировки с использованием БОС по параметрам ЧСС

Была проанализирована вариабельность сердечного ритма по ЭКГ (анализ динамического ряда кардиоинтервалов — КИГ) у пациентов ОГ2 и КГ2. Данные КИГ показали, что у пациентов ОГ2 ($2,2 \pm 0,8$ мс) и КГ2 ($2,1 \pm 0,8$ мс) исходно наблюдалось снижение коэффициента соотношения мощностей спектра (LF/HF, LF — низкочастотная мощность, HF — высокочастотная мощность). Это указывает на уменьшение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы, низкий уровень стрессоустойчивости организма в целом и истощение вегетативной регуляции. Повышенные начальные показатели VLF (VLF — относительная мощность очень медленных волн) у пациентов ОГ2 и КГ2 составили 1566 ± 205 мс² и 1599 ± 199 мс, это подчеркивает напряженность механизмов адаптации после ИИ. При оценке общей мощности спектра (TP), которая отражает совокупное влияние всех уровней регуляции на сердечный ритм, выявлено снижение адаптационных механизмов у пациентов обеих групп до начала реабилитации (табл. 3). Таким образом, во всех группах были обнаружены признаки стресса, дезадаптации вегетативной системы и снижения функциональных резервов организма. Отмечалась диссоциация показателей мощ-

ности волн: низкая общая (TP) на фоне высоких значений LF и VLF, что свидетельствует о преобладании влияния симпатической системы до начала курса МР.

При включении технологии биоуправления в реабилитационный комплекс у пациентов ОГ2 было выявлено значительное улучшение функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Обнаружено изменение показателей КИГ, снижение САД и ЧСС, что определяло переход большей части пациентов ОГ2 в группу эутонии по сравнению с пациентами КГ2 (табл. 4). Кроме того, у пациентов ОГ2 наблюдалось снижение вольтажа фронтальной мышечной группы на среднем уровне 2 мВ, что подтверждалось данными ЭМГ ($p < 0,05$) (табл. 5).

По завершении МР (T1) в ОГ2 выявлена статистически значимая ($p < 0,05$) положительная динамика общей мощности волн, параметров VLF и соотношения мощностей LF/HF, что указывает на восстановление нейрогуморальных взаимоотношений вегетативной регуляции и увеличение функциональных резервов организма.

Достоверная ($p < 0,05$) положительная динамика клинических и функциональных показателей психоэмоционального и вегетативного состояния с разной степенью выраженности обнаружена у пациентов обеих групп в ходе МР (табл. 4, 5).

Таблица 3. Динамика показателей кардиоинтервалографии при проведении психофизиологической коррекции тренингом с электрокардиограммой и биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений, $M \pm m$
Table 3. Changes in cardiointervalography readings during psychophysiological correction by training with electrocardiogram and biofeedback based on the heart rate, $M \pm m$

Корректируемый показатель / Adjusted parameter ($M \pm m$)	Визиты / Visits		p
	T0	T1	
Основная группа 2 (n = 55) / Main group 2 (n = 30)			
LF, mc^2 / LF, ms^2	2536 \pm 385	1138 \pm 588*	0,049*
LF/HF	2,2 \pm 0,8	1,6 \pm 0,9	0,79
VLF, mc^2 / VLF, ms^2	1566 \pm 205	832 \pm 312*	0,043*
TP, mc^2 / TP, ms^2	1986 \pm 394	2967 \pm 310*	0,049*
Контрольная группа 2 (n = 30) / Control group 2 (n = 30)			
LF, mc^2 / LF, ms^2	2655 \pm 394	1823 \pm 410	0,14
LF/HF	2,1 \pm 0,8	1,6 \pm 0,9	0,67
VLF, mc^2 / VLF, ms^2	1599 \pm 199	994 \pm 215	0,053
TP, mc^2 / TP, ms^2	1993 \pm 351	2522 \pm 402	0,32

Примечание: * — $p < 0,05$, различия в сопоставлении с исходными показателями; T0 — до МР; T1 — по завершении курса МР; TP — общая мощность спектра; LF — низкочастотная мощность; HF — высокочастотная мощность; VLF — относительная мощность очень медленных волн.

Note: * — $p < 0.05$, significance of differences compared to the initial indicators; T0 — before MR; T1 — at the end of a course of MR; TP — total spectrum power; LF — power of slow waves; HF — power of fast waves; VLF — very low frequency power.

Таблица 4. Динамика показателей вегетативного статуса при психофизиологической коррекции с тренингом с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений (распределение пациентов, %)

Table 4. Changes in vegetative status parameters during psychophysiological correction with biofeedback training based on the heart rate (distribution of patients, %)

Группа / Group	Показатель / Parameter	Визиты / Visits					
		Симпатикотония / Sympathicotonia		Ваготония / Vagotonia		Эйтония / Eitonia	
		T0	T1	T0	T1	T0	T1
Основная группа 2 (n = 55), распределение пациентов, % / Main group 2 (n = 55), distribution of patients, %		68,1	30,1*	11	6,6*	20,9	63,3*
Контрольная группа 2 (n = 30), распределение пациентов, % / Control group 2 (n = 30), distribution of patients, %		61	43*	12,6	7,1*	26,4	49,9*

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными данными.

Note: * — $p < 0.05$, the significance of the differences compared to the initial indicators.

В таблице 6 представлены результаты исследования динамики показателей эмоционального статуса под влиянием психофизиологической коррекции в результате БОС-тренинга по ЧСС.

При проведении БОС-тренингов по ЧСС у пациентов ОГ2 статистически значимо возросли показатели «самочувствие», «активность», «настроение» ($p < 0,05$) (табл. 6). В КГ2 показатели «самочувствие» и «настроение» также достоверно улучшились ($p < 0,05$). Прослеживалась положительная динамика параметра «активность» (не достигла уровня статистической значимости; $p > 0,05$): показатель увеличился в 1,6 раза, в то время

как в ОГ2 уровень параметра «активность» после окончания реабилитации возрос в 2,3 раза.

В последние годы особое внимание в области МР после ИИ уделяется психофизиологическим технологиям, направленным на коррекцию когнитивных и эмоциональных расстройств [26]. Особое место в этом ряду занимает метод БОС. Данный метод усиливает нейропластичность и способствует более быстрому восстановлению функций мозга [27].

Одним из ключевых аспектов метода БОС является способность улучшать когнитивные функции за счет направленного тренинга мозговой активности. Примером

Таблица 5. Динамика физиологических показателей при психофизиологической коррекции с тренингом с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений, $M \pm m$

Table 5. Changes in physiological parameters during psychophysiological correction with biofeedback training based on the heart rate, $M \pm m$

Корректируемый показатель / Adjusted parameter ($M \pm m$)	Визиты / Visits		p
	T0	T1	
Основная группа 2 (n = 55) / Main group 2 (n = 55)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	134,6 ± 1,42	129,7 ± 1,6*	0,049*
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	84,8 ± 0,8	80,3 ± 1,23	0,79
ЧСС, уд./мин / Heart rate, rpm	78,2 ± 0,8	62,8 ± 1,14	0,033*
ЭМГ m. frontalis, mV / EMG m. frontalis, mV	10,3 ± 1,0	8,8 ± 1,2	0,049*
Контрольная группа 2 (n = 30) / Control group 2 (n = 30)			
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	136,0 ± 1,1	130,0 ± 1,0	0,1
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	85,0 ± 0,1	83,5 ± 0,21	0,9
ЧСС, уд./мин / Heart rate, rpm	72,7 ± 1,04	66,2 ± 1,08	0,052
ЭМГ m. frontalis, mV / EMG m. frontalis, mV	48,4 ± 3,5	61,8 ± 2,8	0,1

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными данными; ЧСС — частота сердечных сокращений; САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЭМГ — электромиография; T0 — исходно; T1 — по завершении курса реабилитации (15 сеансов).

Note: * — $p < 0.05$, the significance of differences compared with baseline values; heart rate — the number of heart contractions; SBP — systolic blood pressure; DBP — diastolic blood pressure; EMG — electromyography; T0 — initially; T1 — the end of the MR (15 sessions).

Таблица 6. Динамика показателей эмоционального статуса при проведении психофизиологической коррекции с тренингом с биологической обратной связью по частоте сердечных сокращений, $M \pm m$

Table 6. Changes in emotional status parameters during psychophysiological correction with biofeedback training based on the heart rate, $M \pm m$

Корректируемый показатель, баллы / Adjusted parameter, scores	Визиты / Visits		p
	T0	T1	
Основная группа 2 (n = 55) / Main group 2 (n = 55)			
Самочувствие / Well-being	1,1 ± 0,5	2,9 + 0,6	0,03*
Активность / Activity	1,2 ± 0,3	2,8 + 0,6	0,03*
Настроение / Mood	1,1 ± 0,4	2,6 + 0,6	0,04*
Контрольная группа 2 (n = 30) / Control group 2 (n = 30)			
Самочувствие / Well-being	1,2 ± 0,5	2,7 + 0,7	0,04*
Активность / Activity	1,2 ± 0,3	1,9 + 0,6	0,07
Настроение / Mood	1,1 ± 0,4	2,4 + 0,5	0,05*

Примечание: * — $p < 0,05$, различия по сравнению с исходными данными.

Note: * — $p < 0.05$, the significance of the differences compared to the initial indicators.

может служить использование ЭЭГ для мониторинга и тренировки ритмов мозга, связанных с когнитивной деятельностью [26].

Эмоциональные расстройства, такие как депрессия и тревожные состояния, являются частым осложнением после ИИ. В этом контексте БОС может использоваться для регулирования эмоционального состояния посредством управления различными физиологическими параметрами, например частота дыхательных движений, ЧСС и кожная проводимость. Техники осознания и кон-

троля за своим дыханием, сердечным ритмом и уровнем стресса позволяют пациентам не только справляться с текущими эмоциональными проблемами, но и профилактировать их ухудшение в будущем [1–2].

Комбинирование метода БОС с другими реабилитационными подходами, такими как физическая терапия и когнитивно-поведенческая терапия, может значительно усилить общий эффект МР. Важно учитывать индивидуальные особенности каждого пациента при разработке программы БОС-терапии, что позволяет макси-

мально эффективно устранять когнитивные и эмоциональные расстройства.

В результате проведенного исследования выявлено статистически значимое улучшение когнитивных показателей пациентов, в комплексную МР которых включен курс ЭЭГ-БОС-тренинга по бета-ритму. Это можно объяснить активацией нейродинамических процессов в мозге, включая изменения в корковых и корково-подкорковых связях, а также нейромодулирующим воздействием ствола мозга, повышением пластичности нейронных сетей и образованием новых синаптических связей [28]. При воздействии БОС-тренинга по бета-ритму головного мозга у пациентов из ОГ1 наблюдается снижение чувствительности к внешним стимулам, что подтверждается изменениями в показателях САД, ЧСС и уровня тревоги. Одновременно отмечено общее снижение признаков психофизиологического напряжения у данных больных.

Включение психофизиологической коррекции с БОС в комплекс МР постинсультных пациентов оказало значимое влияние на самоконтроль и возможность регулировать эмоциональное состояние. Исследования показывают, что применение БОС-технологий стимулирует активизацию позитивных поведенческих паттернов, а также способствует более быстрому восстановлению двигательных функций и когнитивных способностей [26]. В данной работе выполнение упражнений с БОС по бета-ритму головного мозга помогает формировать позитивное отношение к процессу реабилитации, снижает уровень тревожности и депрессии. Продemonстрировано мотивирующее влияние при включении ЭЭГ-БОС-тренинга по бета-ритму к продолжению реабилитационных мероприятий.

Показатели активности, измеряемые опросником САН, могут быть интерпретированы как мотивационные ресурсы пациентов, поскольку включают в себя смысловые противоположности, отображающие интерес, увлеченность, стремление трудиться и целеустремленность. Полученный результат в виде улучшения показателей опросника демонстрирует изменения в мотивационных тенденциях у пациентов группы ОГ2. Вероятно, наблюдение за собственными достижениями во время работы с БОС-аппаратом повышает чувство самоконтроля, укрепляет веру в возможность действовать наилучшим образом, что в свою очередь связано с приверженностью к лечению и реабилитации.

Психофизиологические методы с применением БОС по параметрам ЧСС не только активизируют восстановительные процессы, но и благодаря обучению управлению стрессом и тревожностью значительно снижают нагрузку на сердечно-сосудистую систему. В процессе сеансов нейробиоуправления с БОС на основе ЧСС улучшилось состояние сердечно-сосудистой системы, что подтверждается изменением параметров

КИГ, а также достоверной стабилизацией САД и ЧСС у пациентов ОГ1.

Анализ результатов МР пациентов в восстановительный период ИИ свидетельствует о значительных преимуществах комплексного применения реабилитационных методик с использованием психофизиологических технологий с БОС. Эти достоинства подтверждаются позитивной динамикой показателей когнитивной при ЭЭГ-БОС-тренинге по бета-ритму, а также эмоционально-мотивационной составляющих и стабилизацией вегетативных показателей, данных спектрального анализа КИГ и физиологических маркеров психоэмоционального напряжения при проведении БОС-тренинга на основе ЧСС.

Настоящее исследование продемонстрировало эффективность использования комплексных реабилитационных методик с включением психофизиологических технологий и БОС у пациентов в восстановительный период ИИ в виде положительной динамики показателей когнитивной и эмоционально-мотивационной сфер, а также стабилизации вегетативных параметров, результатов спектрального анализа КИГ и физиологических маркеров психоэмоционального стресса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение комплексной программы МР у пациентов в ранний восстановительный период ИИ с включением психофизиологических технологий с БОС разной направленности способствует улучшению эмоционального и поведенческого состояния пациентов. Самостоятельные занятия с использованием игровых приложений восстанавливают когнитивные функции, улучшают эмоциональное состояние, снижают тревожность пациентов. Простота в использовании, активная вовлеченность пациентов в процесс реабилитации обуславливают повышение выносливости и мотивации к продолжению курса МР. Улучшение эмоционального состояния у пациентов основной группы коррелировало со стабилизацией показателей вегетативных функций, что важно с учетом коморбидности по заболеваниям сердечно-сосудистой системы у пациентов с инсультом.

Таким образом, интеграция психофизиологической технологии с БОС в комплексную МР способствует восстановлению когнитивных, эмоциональных и поведенческих нарушений у пациентов, перенесших инсульт. Современные исследования подтверждают, что систематическое применение БОС помогает улучшить вариабельность сердечного ритма, что является критическим компонентом кардиобезопасности. Позитивное воздействие технологии биоуправления на сердечно-сосудистую систему обеспечивает персонализированный подход, кардиобезопасность у пациентов после инсульта, что расширяет возможности их реабилитации.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Костенко Елена Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здра-

воохранения города Москвы; врач-невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Котельникова Анастасия Владимировна, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Петрова Людмила Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, невролог, заведующая отделом медицинской реабилитации, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы. E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

Погонченкова Ирэна Владимировна, доктор медицинских наук, доцент, директор, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

Филиппов Максим Сергеевич, заведующий филиалом № 3, врач физической реабилитационной медицины, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-5082>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Костенко Е.В. — руко-

водство проектом, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Котельникова А.В. — методология, научное обоснование, проведение исследования, верификация данных, анализ данных, проверка и редактирование рукописи; Петрова Л.В. — написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Погонченкова И.В. — руководство проектом, проверка и редактирование рукописи; Филиппов М.С. — проверка и редактирование рукописи.

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

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

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им. С.И. Спасокукоцкого» Департамента здравоохранения города Москвы (протокол № 2 от 19.04.2022).

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

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

ADDITIONAL INFORMATION

Elena V. Kostenko, D.Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; Neurologist, Professor, Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0629-9659>

Anastasia V. Kotelnikova, Ph.D. (Psych.), Senior Researcher, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Liudmila V. Petrova, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Neurologist, Head of Department of Medical Rehabilitation, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. E-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru, nauka-org@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

Irena V. Pogonchenkova, D.Sc. (Med.), Director, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

Maksim S. Filippov, Head of Branch No. 3, Doctor of Physical Rehabilitation Medicine, S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-5082>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Kostenko E.V. — project administration, formal analysis, writing — review & editing; Kotelnikova A.V. — methodology, conceptualization, investigation, validation, formal analysis, writing — review and editing; Petrova L.V. — writing original draft, writing review and editing; Pogonchenkova I.V. — project administration, writing review and editing; Filippov M.S. — writing review and editing.

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

Disclosure. Kostenko E.V. — Member of the Editorial Board of Bulletin of Rehabilitation Medicine Journal. Other authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethics Approval. The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the Declaration of Helsinki as revised in 2013. The study was approved by the Local Ethics Committee of S.I. Spasokukotsky Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Protocol No. 2 dated 19.04.2022.

Informed Consent for Publication. The study does not disclose information to identify the patient(s). Written consent

was obtained from all patients (legal representatives) for publication of all relevant medical information included in the manuscript.

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

Список литературы / References

1. Рузинова В.М., Долгополова Ю.В., Петелин Д.С. и др. Использование технологий биологической обратной связи в клинической практике. Медицинский Совет. 2023; (13): 288–296. <https://doi.org/10.21518/ms2023-245> [Ruzinova V.M., Dolgoplova Yu.V., Petelin D.S. et al. The use of biofeedback techniques in clinical practice. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2023; (13): 288–296. <https://doi.org/10.21518/ms2023-245> (In Russ..)]
2. Хлудеев И.И. Системы с биологической обратной связью: пособие. Минск: БГУИР. 2023; 83 с. [Hludееv I.I. Systems with biological turnover: a collection. Minsk: BGUIR. 2023; 83 p. (In Russ..)]
3. Гоголева А.Г., Захаров В.В. Тревожно-депрессивные расстройства у пациентов после инсульта: распространенность, подходы к диагностике и терапии. Эффективная фармакотерапия. 2019; 15(34): 36–44. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-34-36-44> [Gogoleva A.G., Zakharov V.V. Anxiety and depressive disorders in patients after stroke: prevalence, approaches to diagnosis and therapy. Effective pharmacotherapy. 2019; 15(34): 36–44. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2019-15-34-36-44> (In Russ..)]
4. Коваленко Е.А., Боголепова А.Н., Катунин Д.А. Предшествующие инсульту когнитивные нарушения и их роль в формировании постинсультного когнитивного дефицита. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2017; 117(12-2): 19–24. <https://doi.org/10.17116/jnevro201711712219-24> [Kovalenko E.A., Bogolepova A.N., Katunin D.A. The role of pre-stroke cognitive disorders in the formation of post-stroke cognitive impairment. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2017; 117(12-2): 19–24. <https://doi.org/10.17116/jnevro201711712219-24> (In Russ..)]
5. Савина М.А., Симонов А.Н., Петрова Е.А. Исследование факторов риска постинсультных депрессий в когорте пациентов, перенесших первый церебральный инсульт, с помощью логистического регрессионного анализа. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019; 10: 103–107. <https://doi.org/10.17513/mjprf.12875> [Savina M.A., Simonov A.N., Petrova E.A. Study of risk factors for post-stroke depression in a cohort of patients with the first cerebral stroke using logistic regression analysis. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2019; 10: 103–107. <https://doi.org/10.17513/mjprf.12875> (In Russ..)]
6. Филатова Е.Г. Постинсультная депрессия. Медицинский Совет. 2017; (15): 47–51. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-0-47-51> [Filatova E.G. Post-stroke depression. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2017; (15): 47–51. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-0-47-51> (In Russ..)]
7. Харченко Е.В., Яворский А.А. Особенности психоэмоционального состояния лиц, перенесших сосудистую катастрофу головного мозга. Человек и мир: психология риска, инноваций, конфликта: сборник научных трудов. Том 2. Екатеринбург. Гуманитарный университет. 2016; 88–90. [Kharchenko E.V., Yavorsky A.A. Features of the psychoemotional state of persons with a vascular catastrophe of the brain. Man and the world: psychology of risk, innovation, conflict: a collection of scientific papers. Volume 2. Yekaterinburg. University of the Humanities. 2016; 88–90 (In Russ..)]
8. Ковальчук В.В., Дроздова М.С., Нестерин К.В. Факторы успеха и причины неудач реабилитации пациентов, перенесших инсульт. Новые возможности нейропротективной терапии. Эффективная фармакотерапия. Эффективная фармакотерапия. Неврология и психиатрия. 2022; 18(43): 28–36. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-43-28-36> [Kovalchuk V.V., Drozdova M.S., Nesterin K.V. Success factors and causes of failures in rehabilitation of stroke patients. New possibilities of neuroprotective therapy. Effective pharmacotherapy. 2022; 18(43): 28–36. <https://doi.org/10.33978/2307-3586-2022-18-43-28-36> (In Russ..)]
9. Жизневский Д.В., Замерград М.В., Левин О.С. Роль когнитивных нарушений в развитии расстройств равновесия при цереброваскулярных заболеваниях. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2022; 122(11–2): 51–58. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212211251> [Zhiznevskiy D.V., Zamergrad M.V., Levin O.S. The role of cognitive impairment in the development of balance disorders in cerebrovascular diseases. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2022; 122(11–2): 51–58. <https://doi.org/10.17116/jnevro202212211251> (In Russ..)]
10. Фролова Е.В., Емелин А.Ю., Лобзин В.Ю. Нарушение когнитивных функций в пожилом возрасте: руководство для врачей. Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2023; 208 с. <https://doi.org/10.33029/9704-7515-7-KNP-2023-1-208> [Frolova E.V., Emelin A.Yu., Lobzin V.Yu. Cognitive impairment in old age: a guide for doctors. Moscow: GEOTAR Media. 2023; 208 p. <https://doi.org/10.33029/9704-7515-7-KNP-2023-1-208> (In Russ..)]
11. Захаров В.В. Когнитивные нарушения при депрессии. Эффективная фармакотерапия. 2015; 1: 18–26. [Zakharov V.V. Cognitive impairment in depression. Effective pharmacotherapy. 2015; 1: 18–26 (In Russ..)]
12. Кутлубаев М.А., Ахмадеева Л.Р. Постинсультная усталость. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2010; 110(4–2): 60–66. [Kutlubaev M.A., Akhmadeeva L.R. Poststroke fatigue. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2010; 110(4-2): 60-66 (In Russ..)]
13. Cumming T.B., Packer M., Kramer S.F., et al. The prevalence of fatigue after stroke: A systematic review and meta-analysis. Int J Stroke. 2016; 11(9): 968–977. <https://doi.org/10.1177/1747493016669861>
14. Jackson S., Mercer C., Singer B.J. An exploration of factors influencing physical activity levels amongst a cohort of people living in the community after stroke in the south of England. Disabil Rehabil. 2018; 40(4): 414–424. <https://doi.org/10.1080/09638288.2016.1258437>
15. Захаров В.В. Основная цель лечения постинсультных когнитивных нарушений — приемлемый уровень повседневного функционирования и качества жизни пациентов. Эффективная фармакотерапия. 2019; 15(34): 8–9. [Zakharov V.V. The main goal of the treatment of post-stroke cognitive impairment is an acceptable level of daily functioning and quality of life of patients. Effective pharmacotherapy. 2019; 15(34): 8–9 (In Russ..)]
16. Петрова Е.А., Понежевская Е.В., Савина М.А. и др. Постинсультная апатия. Consilium Medicum. 2020; 22(9): 33–37. <https://doi.org/10.26442/20751753.2020.9.200274> [Petrova E.A., Poneveysky E.V., Savina M.A. et al. Post-stroke apathy. Consilium Medicum. 2020; 22(9): 33–37. <https://doi.org/10.26442/20751753.2020.9.200274> (In Russ..)]
17. Fitzsimons C.F., Nicholson S.L., Morris J. et al. Stroke survivors' perceptions of their sedentary behaviours three months after stroke. Disabil Rehabil. 2022; 44(3): 382–394. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1768304>
18. Vahlberg B., Bring A., Hellström K. et al. Level of physical activity in men and women with chronic stroke. Physiother Theory Pract. 2019; 35(10): 947–955. <https://doi.org/10.1080/09593985.2018.1460646>
19. Ермакова Н.Г. Психологическая реабилитация больных с последствиями инсульта в условиях восстановительного лечения. Медицинская психология в России. 2018; 10(2): 1–10. [Ermakova N.G. Psychological rehabilitation of patients after stroke in conditions of rehabilitation treatment. Medical psychology in Russia. 2018; 10(2): 1–10 (In Russ..)]
20. Lee J.M., Moon H.H., Lee S.K. et al. The effects of a community-based walking program on walking ability and fall-related self-efficacy of chronic stroke patients. J Exerc Rehabil. 2019; 15(1): 20–25. <https://doi.org/10.12965/jer.1836502.251>
21. Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Костенко Е.В. и др. Психометрическая апробация скрининговых методик диагностики когнитивного статуса постинсультных пациентов: наблюдательное когортное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2): 32–41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41> [Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Kostenko E.V. et al. Psychometric Approbation of Screening Methods for the Diagnosis of Cognitive Status in a Sample of Ischemic Stroke Patients: an Observational Cohort Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 32–41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-32-41> (In Russ..)]

22. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. Санкт-Петербург: Питер, 2002; 512 с. [Ilyin E.P. Motivation and motives. St. Petersburg: Peter. 2002; 512 p. (In Russ.)]
23. Кукшина А.А., Котельникова А.В., Рассулова М.А. и др. Исследование психометрических свойств «Госпитальной шкалы тревоги и депрессии» (HADS), рекомендованной для врачей общесоматической практики, на выборке пациентов с нарушением двигательных функций. Клиническая и специальная психология. 2023; 12(2): 1–24. <https://doi.org/10.17759/cpse.2023120201> [Kukshina A.A., Kotelnikova A.V., Rassulova M.A. et al. Investigation of the psychometric properties of the “Hospital scale of anxiety and depression” (HADS), recommended for general somatic practitioners, on a sample of patients with impaired motor functions. Clinical Psychology and Special Education. 2023; 12(2): 1–24. <https://doi.org/10.17759/cpse.2023120201> (In Russ.)]
24. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П. и др. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния. Вопросы психологии. 1973; 6: 141–145 [Doskin V.A., Lavrentieva N.A., Miroshnikov M.P. et al. Test of differentiated self-assessment of functional state. Questions of psychology. 1973; 6: 141–145 (In Russ.)]
25. Методические рекомендации «Методика регистрации и формирование заключения по ЭЭГ». Департамент здравоохранения г. Москвы. 2021. Доступно на <https://neurosoft.com/files/catalog/catalog/753/ru/files/Methodika-registracii-i-formirovaniya-zaklyucheniya-po-EEG--Moskva--2021.pdf>. (Дата обращения: 01.07.2024) [Methodological recommendations “Methods of EEG registration and results reporting”. Moscow Healthcare Department. 2021. Available at: <https://neurosoft.com/files/catalog/catalog/753/ru/files/Methodika-registracii-i-formirovaniya-zaklyucheniya-po-EEG--Moskva--2021.pdf> (Accessed: 01.07.2024) (In Russ.)]
26. Vilou I., Varka A., Parisi D. et al. EEG-Neurofeedback as a Potential Therapeutic Approach for Cognitive Deficits in Patients with Dementia, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injury. Life (Basel). 2023; 13(2): 365. <https://doi.org/10.3390/life13020365>
27. Hayashi M., Okuyama K., Mizuguchi N. et al. Spatially bivariate EEG-neurofeedback can manipulate interhemispheric inhibition. Elife. 2022; 11: e76411. <https://doi.org/10.7554/eLife.76411>
28. Batail J.M., Bioulac S., Cabestaing F. et al. NExT group. EEG neurofeedback research: A fertile ground for psychiatry? Encephale. 2019; 45(3): 245–255. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2019.02.001>