

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab405659>

Перспективы применения VR-технологий в ранней реабилитации пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения

М.В. Петрова¹, О.В. Рыжова¹, Д.В. Чебоксаров¹, И.В. Саенко², В.С. Суева³, С.С. Петриков³¹ Федеральный научно-клинический центр реаниматологии и реабилитации, Москва, Российская Федерация² Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, Москва, Российская Федерация³ Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Среди всех новейших технологий виртуальная реальность (virtual reality, VR) может быть мощным и перспективным инструментом для достижения основных целей реабилитации. Экспериментально доказано, что реабилитация, основанная на виртуальных технологиях, способна воссоздавать реалистичное восприятие и соответствующую реакцию у пациента, за счёт чего улучшается качество когнитивной и моторной реабилитации с наименьшими затратами. Однако успех такой реабилитации зависит в основном от технологий и методик, используемых врачами.

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме применения технологий виртуальной реальности у пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения на этапе ранней реабилитации. Основное внимание в работе авторы акцентируют на нейрофизиологических аспектах применения технологий виртуальной реальности и механизмах нейропластичности головного мозга. Представлены характерные особенности, современные подходы к применению виртуальной реальности и концептуально новый подход применения современных технологий виртуальной реальности у пациентов в отделениях реанимации. Раскрыты возможности применения технологий виртуальной реальности, позволяющие моделировать любую ситуацию, а также возможность синхронного воспроизведения музыкальной дорожки с имитацией ходьбы у пациентов в остром периоде инсульта, находящихся в отделении реанимации, на этапе ранней реабилитации с применением технологий виртуальной реальности.

Ключевые слова: острое нарушение мозгового кровообращения; виртуальная реальность; ранняя реабилитация.

Как цитировать

Петрова М.В., Рыжова О.В., Чебоксаров Д.В., Саенко И.В., Суева В.С., Петриков С.С. Перспективы применения VR-технологий в ранней реабилитации пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2023. Т. 5, № 2. С. 157–166. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab405659>

DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab405659>

An outlook of early rehabilitation of stroke patients using VR technologies

Marina V. Petrova¹, Olga V. Ryzhova¹, Dmitrii V. Cheboksarov¹, Irina V. Saenko²,
Victoria S. Sueva³, Sergey S. Petrikov³

¹ Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, Moscow, Russian Federation

² Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³ N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Among all the latest technologies, virtual reality (virtual reality, VR) can be a powerful and promising tool for achieving the main goals of rehabilitation. It has been experimentally proven that rehabilitation based on virtual technologies is able to recreate a realistic perception and corresponding reaction in a patient, thereby improving the quality of cognitive and motor rehabilitation with the least cost. However, the success of such rehabilitation depends mainly on the technologies and techniques used by doctors.

This study is devoted to the important problem — application of virtual reality technologies in patients with acute impairment of cerebral circulation at the stage of early rehabilitation. We focus on the neurophysiological aspects of the VR technology application and the mechanisms of the brain's neuroplasticity during application of virtual reality. The characteristic features of modern approaches to application of virtual reality are highlighted. Also, a novel concept is proposed for the modern VR-technology application in intensive care unit patients. In conclusion, we discuss the possibilities of VR-technologies application, allowing for the simulation of any situation, as well as a possibility of synchronous playback of a music track with walking simulation in ICU patients in the acute period of stroke at the stage of early rehabilitation.

Keywords: stroke; virtual reality technologies; early rehabilitation.

To cite this article

Petrova MV, Ryzhova OV, Cheboksarov DV, Saenko IV, Sueva VS, Petrikov SS. An outlook of early rehabilitation of stroke patients using VR technologies. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2023;5(2):157–166. DOI: <https://doi.org/10.36425/rehab405659>

Received: 15.05.2023

Accepted: 20.05.2023

Published: 30.06.2023

Список сокращений

ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения

VR (virtual reality) — виртуальная реальность

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель реабилитации — улучшение качества жизни и возможность самостоятельного обслуживания.

Исходя из нормативных документов и методических рекомендаций, у пациента с острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК) реабилитация должна начинаться как можно раньше. Реабилитационные мероприятия чаще всего занимают длительное время не только из-за глубокого двигательного дефицита, но зачастую вследствие потери интереса пациента к занятиям и/или дефицита человеческих и технических ресурсов. Основной задачей ранней реабилитации являются раннее начало, улучшение качества и количества реабилитационных процедур. М. Iosa и соавт. [1] было высказано предположение, что сочетание реабилитационного протокола с использованием новых технологий, таких как робототехника, интерфейсы мозг–компьютер (биологическая обратная связь), неинвазивные стимуляторы мозга (транскраниальная магнитная стимуляция), носимые устройства для анализа движений (смартфоны и планшеты), даёт оптимальное решение для реабилитации когнитивных и моторных функций. Не все пациенты с ОНМК, находящиеся в отделении реанимации, получают ранние реабилитационные мероприятия в полном объёме: с учётом тяжести состояния (уровень сознания, гемодинамические и лабораторные показатели) программа восстановления ограничивается зачастую только позиционированием в кровати и мероприятиями по уходу.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОСТИЖЕНИИ ОСНОВНЫХ ЦЕЛЕЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

Среди всех новейших технологий виртуальная реальность (virtual reality, VR) может быть мощным и перспективным инструментом для достижения основных целей реабилитации [2]. Экспериментально было доказано, что реабилитация, основанная на VR-технологиях, способна воссоздавать реалистичное восприятие и соответствующую реакцию у пациента, за счёт чего улучшалось качество проведения когнитивной и моторной реабилитации с наименьшими затратами [3]. Однако успех VR-реабилитации зависит в большинстве своём от технологий и методик, используемых врачами.

При метаанализе 24 исследований по реабилитации пациентов с ОНМК с применением VR-технологий было выявлено, что физическая терапия с виртуальной реальностью не хуже и не лучше, чем обычная физическая терапия, однако её применение может улучшить результаты комплексного лечения пациентов с инсультом при отсутствии стандартных методов реабилитации, таких как кинези- и механотерапия. Доказано также, что виртуальная реальность является безопасным и эффективным методом реабилитации для улучшения не только моторной функции конечностей, но и когнитивной функции головного мозга в повседневной активности пациентов, перенёсших ОНМК [3].

В настоящее время исследования по VR-реабилитации неоднородны из-за отсутствия стандартизированного программного и аппаратного обеспечения VR-терапии [3]. Нет единой методики проведения VR-реабилитации. Например, в клинических исследованиях под руководством J.A. Kleim [4] и Y.M. Kim [5] VR-технологии применялись у пациентов с унилатеральным игнорированием. В VR и контрольной группах, в зависимости от нейропластичности головного мозга, был предоставлен одинаковый объём воздействия, что соответствует принципам интенсивности, повторения и времени [4]. В методиках VR-реабилитации возможно обеспечение обратной связи, например визуальной и тактильной [5], слуховой и вербальной [5]. Тем не менее в исследовании Y.M. Kim [5] в заданиях VR было задействовано больше активных движений (например, вращение верхней конечности и туловища), чем в задании J.A. Kleim [4], где задача заключалась в нажатии набора клавиш для управления положением аватара при переходе улицы. Кроме того, ни в одном из 23 исследований по применению VR-реабилитации не указана точная продолжительность сеанса (в минутах), но известно, что в среднем проводилось 13 сеансов у одного пациента. Кроме того, необходимо учитывать, что во всех рассмотренных исследованиях использовалась неиммерсивная VR, что может влиять на ощущение присутствия и потенциальные результаты.

Таким образом, использование VR-технологий в реабилитации пациентов с постинсультным унилатеральным игнорированием является перспективным подходом по сравнению с традиционными методами реабилитации за счёт расширения ограниченных возможностей данных методов. Виртуальная реальность даёт возможность демонстрации реалистичных типов сцен и участия в функциональной деятельности, которые в реальной жизни пациенту выполнять небезопасно. VR-реабилитация

хорошо мотивирует пациента, а уровень сложности можно градировать в зависимости от тяжести унилатерального игнорирования.

По данным метаанализа эффективности интерактивного виртуального обучения было показано повышение мотивации пациентов, а также улучшение стимуляции когнитивных способностей, таких как attentивно-мнестические функции и визуально-пространственное познание, что привело к улучшению бихевиоральных (поведенческих) способностей у пациентов с ОНМК [6]. Создание положительного опыта обучения позволяет продлить реабилитационные сеансы [7]. Используя принцип реабилитации от «простого к сложному», при помощи VR можно постепенно моделировать жизненные ситуации без риска получения травм, и тем самым подготавливать пациента к более сложным упражнениям в реальной среде [7, 8].

С точки зрения нейрофизиологии, у пациентов с ОНМК при использовании VR-технологий происходит стимуляция нейропластичности головного мозга с помощью воздействия холинергического и дофаминергического нейротрансмитторных путей [9]. Исследования Н.Ф. Васе и соавт. [10] установили связь между когнитивными и двигательными функциями, подчёркивая положительное влияние когнитивных функций на моторную реабилитацию, особенно когда физическая терапия начинается с VR-технологий и проводится в виртуальной среде.

В ранних исследованиях применения VR-реабилитации выявлены такие факторы, как удобство взаимодействия [11], чувство контроля пользователя, реалистичность задачи, продолжительность воздействия [12], социальные (например, взаимодействие с аватарами) [13] и системные (например, более широкое поле зрения, мультимодальное взаимодействие, погружение в образ от первого лица, устройства обратной связи и т.д.) факторы [10], которые должны быть учтены при разработке VR-интервенции для усиления чувства погружения и предчувствия и, возможно, улучшения общего терапевтического эффекта.

ХРОМОТЕРАПИЯ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Для оптимизации процесса VR-реабилитации и с целью улучшения стимуляции триггерных зон локомоции был проведён анализ нейрофизиологических исследований по восприятию цвета и звуковых раздражителей. Выявлено, что люди различаются по своим цветовым предпочтениям, однако, как показали исследования S.E. Palmer и соавт. [14], синий цвет является самым предпочтительным, тогда как жёлто-зелёный — наиболее неприятным. Кроме того, если построить график зависимости предпочтений от вариаций оттенка, обнаруживается систематическая кривая предпочтения оттенка, которая неуклонно

повышается по мере того, как оттенки становятся более синими и менее жёлтыми, хотя существует также некоторое взаимодействие с лёгкостью и насыщенностью (например, насыщенный жёлтый цвет нравится больше, чем тёмно-жёлтый).

Эта модель цветовых предпочтений остаётся относительно стабильной на протяжении долгого времени. Например, такие предпочтения были выявлены в самых ранних исследованиях цветовых предпочтений, проведённых ещё в XIX веке [14]. Кроме того, несмотря на некоторые культурные различия в кривой предпочтения оттенков, некоторые аспекты цветовых предпочтений являются «универсальными» [15]. Однако ни одно из исследований не позволяет на 100% определить области мозга, которые более активны, когда люди видят цвета, которые им нравятся, и области мозга, реагирующие на цвета, которые им неприятны [16]. Например, орбитофронтальная часть коры и миндалины связаны с суждениями о цветовой гармонии, хотя этот процесс отличается от определения цветовых предпочтений [17]. Передняя медиальная префронтальная часть коры и ретроспленальная кора более активны, когда люди говорят о предпочтениях в цвете, по сравнению с суждениями о сходстве цветов [18].

В исследовании на здоровых добровольцах было показано, что вне зависимости от интенсивности цветопередачи и цветовой схемы, а также предпочтений испытуемого происходит активация задней теменной коры в обоих полушариях и распространяется от прекунеуса в заднюю поясную извилину. В свою очередь, для распознавания и вербального обозначения цвета происходит активация нейронов в нижнелатеральной затылочной коре, затылочной фузиформной, парамедиальной и прецентральной извилинах левой лобной области, в то время как насыщенность и контрастность активируют сначала среднюю линию в обоих полушариях с передачей нейронного импульса через прекунеус в затылочную долю. И чем ярче цвет, тем больше активируется лобная доля в области клиновидной кости (рис. 1, 2) [16, 19–21].

При влиянии целенаправленного визуального раздражителя происходит активация большей части сети пассивного режима работы мозга, включающей в себя венстромедиальную префронтальную область коры, дорсальную медиальную префронтальную кору и заднюю поясную кору, а также прилегающий прекунеус, латеральную теменную кору (приблизительно 39-е поле Бродмана), энторинальную кору (заднемедиальная, средняя темпоральная кора, медиальная префронтальная кора и угловая извилина) [21]. На данный момент известно, что сеть пассивного режима работы мозга отвечает за восприятие и когнитивные способности человека [16, 22].

Полученные данные по цветовосприятию активно используются в реабилитации с использованием сенсорных комнат, где за счёт использования хромотерапии происходит коррекция нервно-психической деятельности [23]. Однако данный метод можно также использовать на втором

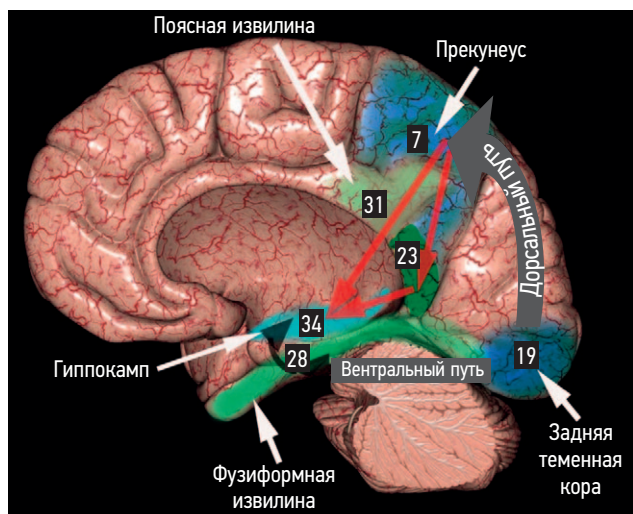


Рис. 1. Цветовосприятие головного мозга [19].
Примечание. Цифровые обозначения: 7 — 7-е поле по Бродману, вторичная сенсорная область (получение информации от органов зрения, её обработка и управление движениями тела в ответ на визуальные стимулы); 19 — 19-е поле по Бродману, вторичная визуальная область (трёхмерное зрение позволяет обнаруживать изменения в интенсивности света и связывать зрительные стимулы с памятью, сохраняет воспоминания в форме изображения); 23 — 23-е поле по Бродману, лимбическая область коры головного мозга (развитие эмоций); 28, 34 — 28-е и 34-е поле по Бродману, обонятельная кора (стимулирует восстановление воспоминаний от восприятий определённых запахов, контроль движения тела) [20].

Fig. 1. Color perception of the brain [19].
Note: Digital designations: 7 — Brodmann area 7, secondary sensory, receiving and processing information from the organs of vision, control over body movements in response to visual stimuli; 19 — Brodmann area 19, secondary visual area: 3D vision provides detecting changes in the illumination intensity and relating the visual stimuli to the memory (stores memories in the visual form); 23 — Brodmann area 23, a limbic part of the brain cortex, development of emotions; 28, 34 — Brodmann area 28, 34, olfactory cortex, stimulates restoration of the perception of certain smells, control over body movement [20].

и третьем этапах реабилитации пациентов с ОНМК. В исследовании по применению хромотерапии у здоровых добровольцев было показано, что использование зелёного, жёлтого, оранжевого и красного цветов улучшает когнитивные способности человека [24].

ВОЗМОЖНОСТИ МУЗЫКАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА РЕАБИЛИТАЦИИ С ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Наряду с хромотерапией активно используется музыкальная терапия у пациентов с заболеваниями центральной нервной системы [25]. Методы музыкальной терапии способствуют устранению когнитивных, сенсорных и моторных дисфункций, возникающих в результате данных

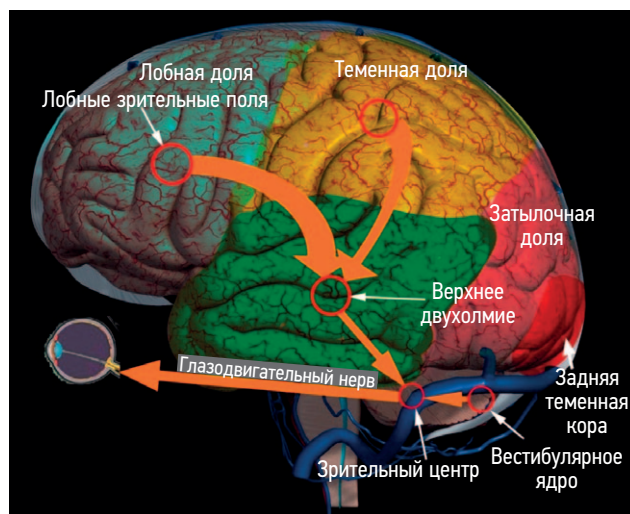


Рис. 2. Восприятие головного мозга при насыщенности и контрастности цвета [19].
Примечание. Стрелками указаны связи между глазами и основными областями мозга, участвующими в процессе зрительного внимания (лобными полями глаз и задней теменной корой), которые направляют пространственное внимание; и верхнее двухолмие, которое контролирует как движения глаз, так и скрытое переключение внимания [21].

Fig. 2. Brain perception of the color saturation and contrast [19].
Note: The arrows point to the connections between the eyes and basic areas of the brain participating in the process of visual attention: frontal areas of the eyes and posterior parietal cortex, which direct the spatial attention; and the superior colliculus, which controls both eye movements and covert attention shifting [21].

заболеваний нервной системы человека. Особенность музыкальной терапии заключается в стимуляции сенсорных, моторных, перцептивно-когнитивных и эмоциональных зон коры головного мозга [26]. Современные клинические исследования показывают, что музыкальная терапия обладает большим терапевтическим эффектом при нейрореабилитации [25, 27–29]. Данные улучшения возможны, поскольку музыка активирует не только слуховые области, но и практически все нейронные сети головного мозга, такие как инсулярная, дорсальная фронтотемпоропаретальная, сеть пассивного режима работы мозга и др. [30–34]. Исследования методом функциональной магнитно-резонансной томографии показали, что прослушивание полифонической музыки задействует двусторонние височные, лобные и теменные нейронные цепи, лежащие в основе различных форм внимания, рабочей памяти, семантической и синтаксической обработки, а также образного мышления [35, 36]. У здоровых людей при прослушивании приятной музыки временно улучшались показатели в тестах на пространственно-временные способности [37], внимание [38], беглость речи [39] и креативность [38]. Слуховая стимуляция музыкой временно улучшала показатели в тестах на автобиографическую память у пациентов с деменцией [40] и в тестах на зрительное внимание у пациентов с ОНМК [41]. В частности,

при прослушивании любимой музыки пациентами с инсультом по 1–2 часа в день в течение 2 месяцев значительно улучшаются внимание, вербальная память, чем у пациентов, которые слушали аудиокниги или проходили стандартную реабилитационную терапию [42]. Более того, большинство музыкальных произведений также содержали тексты, что играет решающую роль в восстановлении когнитивных функций. К примеру, пациенты с афазией повторяют и вспоминают больше слов из новых песен, когда поют, чем когда говорят по слуховой модели [43]. Тот факт, что прослушивание музыки, особенно с текстами, связан с активностью более широкой и билатерально распределённой нейронной сети, чем прослушивание только текстового материала [44], также объясняет наблюдаемое превосходство музыкальной стимуляции над чисто вербальной стимуляцией, особенно у пациентов с поражением левого полушария [45]. Помимо влияния на познание и настроение, прослушивание музыки дополнительно стимулирует как перинфарктные области в повреждённом полушарии, так и области в контралатеральном — здоровом — полушарии, которые обычно демонстрируют повышенную пластичность на данном этапе восстановления [46, 47]. Данные по нейропластичности подтверждены пока только в экспериментах на животных, где было показано, что музыка улучшает функции слуховой коры, обучение и память [48–51], увеличивая нейрогенез в гиппокампе [50], изменяя экспрессию глутаматного рецептора GluR2 в слуховой коре и передней поясной извилине [52], тем самым повышая уровень нейротрофического фактора мозга в гиппокампе [53] и гипоталамусе [51], а также уровень рецептора тирозинкиназы B (TrkB) и рецептора нейротрофического фактора мозга в коре головного мозга [49]. Изменение передачи глутамата в перинфарктной зоне [54] и повышение уровня нейротрофического фактора мозга [55] являются важнейшими механизмами нейропластичности, способствующими восстановлению после инсульта.

ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство врачей и исследователей в понятие реабилитации с VR-технологиями вкладывают преимущественно методику биологической обратной связи (БОС-терапия) в комбинации с методами физической реабилитации, либо VR-терапию со сложным программным обеспечением для стабильных пациентов, находящихся в госпитальном отделении или на втором этапе реабилитации со средним или малым неврологическим дефицитом, в то время как реабилитационные мероприятия стоит начинать у больных, проходящих лечение в отделении реанимации. Однако, как показывает практика, большинство пациентов, находящихся на респираторной и/или вазопрессорной поддержке, из-за тяжести состояния не получают должного объёма реабилитационных мероприятий (чаще всего вследствие нестабильных гемодинамических

показателей), что ухудшает исход заболевания и реабилитационный прогноз.

Исходя из знаний о нейропластичности мозга, стоит начинать именно с построения простых цветовых программ, синхронизированных в то же время с аппаратом, стимулирующим нижние конечности. Тем самым раннюю реабилитацию можно будет начинать в первые дни госпитализации вне зависимости от тяжести состояния пациента. Единственным условием для начала VR-реабилитации является спонтанное открытие глаз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учётом уровня развития VR-технологий, позволяющих моделировать любую ситуацию, а также возможности синхронного воспроизведения музыкальной дорожки с имитацией ходьбы возможно проведение ранней VR-реабилитации у пациентов в острейшем периоде ОНМК, находящихся в отделении реанимации, в том числе в критическом состоянии, минимизируя, таким образом, риск осложнений, травматизации и увеличивая реабилитационный потенциал пациентов с инсультом.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Поисково-аналитическая работа проведена на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. О.В. Рыжова — разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, написание статьи; С.С. Петриков, М.В. Петрова — разработка и утверждение дизайна исследования, редактирование рукописи; Д.В. Чебоксаров — оформление результатов исследования, написание статьи; И.В. Саенко, В.С. Суева — анализ полученных данных, описание и оформление результатов исследования, написание статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

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

Conflict of interest. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contributions. O.V. Ryzhova — search and analytical work, manuscript writing; M.V. Petrova, S.S. Petrikov — concept and design of the study, manuscript editing; D.V. Cheboksarov — results of the study description, I.V. Saenko, V.S. Sueva — analytical work, results of the study description, manuscript writing. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iosa M., Morone G., Fusco A., et al. Seven capital devices for the future of stroke rehabilitation // *Stroke Res Treat*. 2012. Vol. 2012. P. 187965. doi: 10.1155/2012/187965
2. Morone G., Paolucci S., Mattia D., et al. The 3Ts of the new millennium neurorehabilitation gym: Therapy, technology, translationality // *Expert Rev Med Devices*. 2016. Vol. 13, N 9. P. 785–787. doi: 10.1080/17434440.2016.1218275
3. Laver K.E., Lange B., George S., et al. Virtual reality for stroke rehabilitation // *Cochrane Database Syst Rev*. 2017. Vol. 11, N 11. P. CD008349. doi: 10.1002/14651858.CD008349.pub4
4. Kleim J.A., Jones T.A. Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage // *J Speech Lang Hear Res*. 2008. Vol. 51, N 1. P. S225–S239. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018)
5. Kim Y.M., Yun G.J., Song Y.J., Young H.E. The effect of virtual reality training on unilateral spatial neglect in stroke patients // *Ann Rehabilitation Med*. 2011. Vol. 35, N 3. P. 309–315. doi: 10.5535/arm.2011.35.3.309
6. De Luca R., Buono V.L., Leo A., et al. Use of virtual reality in improving poststroke neglect: Promising neuropsychological and neurophysiological findings from a case study // *Appl Neuropsychol Adult*. 2017. Vol. 26, N 1. P. 96–100. doi: 10.1080/23279095.2017.1363040
7. Calabr J.R., Naro A., Russo M., et al. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: A randomized clinical trial // *J Neuroeng Rehabil*. 2017. Vol. 14, N 1. P. 53. doi: 10.1186/s12984-017-0268-4
8. Russo M., De Luca R., Naro A., et al. Does body shadow improve the efficacy of virtual reality-based training with BTS NIRVANA? A pilot study // *Medicine (Baltimore)*. 2017. Vol. 96, N 38. P. e8096. doi: 10.1097/MD.0000000000008096
9. Sofroniew N.J., Vlasov Y.A., Hires S.A., et al. Neural coding in barrel cortex during whisker-guided locomotion // *Elife*. 2015. N 4. P. e12559. doi: 10.7554/eLife.12559
10. Bagce H.F., Saleh S., Adamovich S.V., Tunik E. Visuomotor gain distortion alters online motor performance and enhances primary motor cortex excitability in patients with stroke // *Neuromodulation*. 2012. Vol. 15, N 4. P. 361Y366. doi: 10.1111/j.1525-1403.2012.00467.x
11. Billinhurst M., Weghorst S. The use of sketch maps to measure cognitive maps virtual of environments // Conference: Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS '95). University of Washington, Seattle, WA, 1995. doi: 10.1109/VRAIS.1995.512478
12. Witmer B.G., Singer M.J. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire // *Teleoperators and Virtual Environments*. 1998. Vol. 7, N 3. P. 225–240.
13. Slater M., Usoh M. Representations systems, perceptual position, and presence in virtual environments // *Teleoperators and Virtual Environments*. 1993. Vol. 2, N 3. P. 221–233. doi: 10.1162/pres.1993.2.3.221
14. Palmer S.E., Schloss K.B. An ecological valence theory of human color preference // *Proceedings National Academy Sci*. 2010. Vol. 107, N 19. P. 8877–8882. doi: 10.1073/pnas.0906172107
15. Franklin A., Bevis L., Ling Y., Hurlbert A. Biological components of colour preference in infancy // *Developmental Science*. 2009. Vol. 13, N 2. P. 346–354. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00884.x
16. Racey C., Franklin A., Bird C.M. The processing of color preference in the brain // *NeuroImage*. 2019. N 191. P. 529–536. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.02.041
17. Ikeda T., Matsuyoshi D., Sawamoto N., et al. Color harmony represented by activity in the medial orbitofrontal cortex and amygdala // *Front Hum Neurosci*. 2015. N 9. P. 382. doi: 10.3389/fnhum.2015.00382
18. Johnson S.C., Schmitz T.W., Kawahara-Baccus T.N., et al. The cerebral response during subjective choice with and without self-reference // *J Cognitive Neurosci*. 2005. Vol. 17, N 12. P. 1897–1906. doi: 10.1162/0899892905775008607
19. Anatomy 3D atlas. Learn human anatomy in 3D [интернет]. Режим доступа: <https://anatomy3datlas.com>. Дата обращения: 15.04.2023.
20. Liu Y., Li M., Zhang X., et al. Hierarchical representation for chromatic processing across macaque V1, V2, and V4 // *Neuron*. 2020. Vol. 108, N 3. P. 538–550.e5. doi: 10.1016/j.neuron.2020.07.037
21. Raichle M.E. The brain's default mode network // *Ann Rev Neurosci*. 2015. Vol. 38, N 1. P. 433–447. doi: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030
22. Smallwood J., Bernhardt B.C., Leech R., et al. The default mode network in cognition: A topographical perspective // *Nature Rev Neurosci*. 2021. Vol. 22, N 8. P. 503–513. doi: 10.1038/s41583-021-00474-4
23. Новикова К.В. Психологическая коррекция нервно-психического состояния людей, перенесших инсульт в условиях сенсорной комнаты // *Психолог*. 2021. № 2. С. 1–19. doi: 10.25136/2409-8701.2021.2.35461
24. Шумакер Г.И., Елисеев В.В., Быкодаров А.В. Применение хромотерапии у лиц, занимающихся интенсивным умственным трудом // *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2012. Т. 8, № 2. С. 567–570.
25. Thaut M.H. Rhythm, music and the brain: Scientific foundations and clinical applications. New York: Routledge, 2005. 247 p.
26. Leins A.K., Spintge R., Thaut M. Music therapy in medical and neurological rehabilitation settings // Hallam S., Cross I., Thaut M., ed. *The Oxford handbook of music psychology*. Oxford, New York: Oxford University Press, 2011. P. 526–536.
27. Altenmüller E., Schlaug G. Neurologic music therapy: The beneficial effects of music making on neurorehabilitation // *Acoust Sci Technol*. 2013. Vol. 34, N 1. P. 5–12. doi: 10.1250/ast.34.5
28. Tomaino C.M. Music and limbic system // Bejjani F., ed. *Current research in arts and medicine*. Chicago: A Capella Books, 1993. P. 393–398.
29. Schlaug G. Music, musicians, and brain plasticity // Hallam S., Cross I., Thaut M., ed. *The Oxford handbook of music psychology*. Oxford, New York: Oxford University Press, 2011. P. 197–207.
30. Blood A.J., Zatorre R.J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion // *Proc Natl Acad Sci USA*. 2001. Vol. 98, N 20. P. 11818–11823. doi: 10.1073/pnas.191355898
31. Brown S., Martinez M.J., Parsons L.M. Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems // *Neuroreport*. 2004. Vol. 15, N 13. P. 2033–2037. doi: 10.1097/00001756-200409150-00008
32. Menon V., Levitin D.J. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system // *NeuroImage*. 2005. Vol. 28, N 1. P. 175–184. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.05.053

33. Koelsch S., Fritz T.V., Cramon D.Y., et al. Investigating emotion with music: An fMRI study // *Hum Brain Mapp.* 2006. N 27. P. 239–250. doi: 10.1002/hbm.20180
34. Ashby F.G., Isen A.M., Turken A.U. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition // *Psychol Rev.* 1999. Vol. 106, N 3. P. 529–550. doi: 10.1037/0033-295x.106.3.529
35. Janata P., Tillmann B., Bharucha J.J. Listening to polyphonic music recruits domain-general attention and working memory circuits // *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2002. Vol. 2, N 2. P. 121–140. doi: 10.3758/cabn.2.2.121
36. Peretz I., Zatorre R.J. Brain organization for music processing // *Annu Rev Psychol.* 2005. N 56. P. 89–114. doi: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070225
37. Thompson W.F., Schellenberg E.G., Husain G. Arousal, mood, and the Mozart effect // *Psychol Sci.* 2001. Vol. 12, N 3. P. 248–251. doi: 10.1111/1467-9280.00345
38. Schellenberg E.G., Nakata T., Hunter P.G., Tamoto S. Exposure to music and cognitive performance: Tests of children and adults // *Psychol Music.* 2007. Vol. 35, N 1. P. 5–19. doi: 10.1177/0305735607068885
39. Thompson R.G., Moulin C.J., Hayre S., Jones R.W. Music enhances category fluency in healthy older adults and Alzheimer's disease patients // *Exp Aging Res.* 2005. Vol. 31, N 1. P. 91–99 doi: 10.1080/03610730590882819
40. Foster N.A., Valentine E.R. The effect of auditory stimulation on autobiographical recall in dementia // *Exp Aging Res.* 2001. Vol. 27, N 3. P. 215–228. doi: 10.1080/036107301300208664
41. Hommel M., Peres B., Pollak P., et al. Effects of passive tactile and auditory stimuli on left visual neglect // *Arch Neurol.* 1990. Vol. 47, N 5. P. 573–576. doi: 10.1001/archneur.1990.00530050097018
42. Sarkamo T., Tervaniemi M., Laitinen S., et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke // *Brain.* 2008. Vol. 131, N 3. P. 866–876. doi: 10.1093/brain/awn013
43. Racette A., Bard C., Peretz I. Making non-fluent aphasics speak: Sing along! // *Brain.* 2006. Vol. 129, Pt. 10. P. 2571–2584. doi: 10.1093/brain/awl250
44. Callan D.E., Tsytarev V., Hanakawa T., et al. Song and speech: Brain regions involved with perception and covert production // *Neuroimage.* 2006. 31, N 3. P. 1327–1342. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.01.036
45. Demonet J.F., Thierry G., Cardebat D. Renewal of the neurophysiology of language: Functional neuroimaging // *Physiol Rev.* 2005. Vol. 85, N 3. P. 49–95. doi: 10.1152/physrev.00049.2003
46. Witte O.W. Lesion-induced plasticity as a potential mechanism for recovery and rehabilitative training // *Curr Opin Neurol.* 1998. Vol. 11, N 6. P. 655–662. doi: 10.1097/00019052-199812000-00008
47. Kreisel S.H., Bazner H., Hennerici M.G. Pathophysiology of stroke rehabilitation: Temporal aspects of neuro-functional recovery // *Cerebrovasc Dis.* 2006. Vol. 21, N 1-2. P. 6–17. doi: 10.1159/000089588
48. Engineer N.D., Percaccio C.R., Pandya P.K., et al. Environmental enrichment improves response strength, threshold, selectivity, and latency of auditory cortex neurons // *J Neurophysiol.* 2004. Vol. 92, N 1. P. 73–82. doi: 10.1152/jn.00059.2004
49. Chikahisa S., Sei H., Morishima M., et al. Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults // *Behav Brain Res.* 2006. Vol. 169, N 2. P. 312–319. doi: 10.1016/j.bbr.2006.01.021
50. Kim H., Lee M.H., Chang H.K., et al. Influence of prenatal noise and music on the spatial memory and neurogenesis in the hippocampus of developing rats // *Brain Dev.* 2006. Vol. 28, N 2. P. 109–114. doi: 10.1016/j.braindev.2005.05.008
51. Angelucci F., Ricci E., Padua L., et al. Music exposure differentially alters the levels of brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in the mouse hypothalamus // *Neurosci Lett.* 2007. Vol. 429, N 2-3. P. 152–155. doi: 10.1016/j.neulet.2007.10.005
52. Xu F., Cai R., Xu J., et al. Early music exposure modifies GluR2 protein expression in rat auditory cortex and anterior cingulate cortex // *Neurosci Lett.* 2007. Vol. 420, N 2. P. 179–183. doi: 10.1016/j.neulet.2007.05.005
53. Angelucci F., Fiore M., Ricci E., et al. Investigating the neurobiology of music: Brain-derived neurotrophic factor modulation in the hippocampus of young adult mice // *Behav Pharmacol.* 2007. Vol. 18, N 5-6. P. 491–496. doi: 10.1097/FBP.0b013e3282d28f50
54. Centonze D., Rossi S., Tortiglione A., et al. Synaptic plasticity during recovery from permanent occlusion of the middle cerebral arter // *Neurobiol Dis.* 2007. Vol. 27, N 1. P. 44–53. doi: 10.1016/j.nbd.2007.03.012
55. Schabitz W.R., Steigleder T., Cooper-Kuhn C.M., et al. Intravenous brain-derived neurotrophic factor enhances poststroke sensorimotor recovery and stimulates neurogenesis // *Stroke.* 2007. Vol. 38, N 1. P. 2165–2172. doi: 10.1161/STROKEAHA.106.477331

REFERENCES

1. Iosa M, Morone G, Fusco A, et al. Seven capital devices for the future of stroke rehabilitation. *Stroke Res Treat.* 2012;2012:187965. doi: 10.1155/2012/187965
2. Morone G, Paolucci S, Mattia D, et al. The 3Ts of the new millennium neurorehabilitation gym: Therapy, technology, translationality. *Expert Rev Med Devices.* 2016;13(9):785–787. doi: 10.1080/17434440.2016.1218275
3. Laver KE, Lange B, George S, et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;11(11):CD008349. doi: 10.1002/14651858.CD008349.pub4
4. Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res.* 2008;51(1):S225–S239. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018)
5. Kim YM, Yun GJ, Song YJ, Young HE. The effect of virtual reality training on unilateral spatial neglect in stroke patients. *Ann Rehabilitation Med.* 2011;35(3):309–315. doi: 10.5535/arm.2011.35.3.309
6. De Luca R, Buono VL, Leo A, et al. Use of virtual reality in improving poststroke neglect: Promising neuropsychological and neurophysiological findings from a case study. *Appl Neuropsychol Adult.* 2017;26(1):96–100. doi: 10.1080/23279095.2017.1363040
7. Calabrj RS, Naro A, Russo M, et al. The role of virtual reality in improving motor performance as revealed by EEG: A randomized clinical trial. *J Neuroeng Rehabil.* 2017;14(1):53. doi: 10.1186/s12984-017-0268-4
8. Russo M, de Luca R, Naro A, et al. Does body shadow improve the efficacy of virtual reality-based training with BTS NIRVANA?

- A pilot study. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(38):e8096. doi: 10.1097/MD.00000000000008096
9. Sofroniew NJ, Vlasov YA, Hires SA, et al. Neural coding in barrel cortex during whisker-guided locomotion. *Elife*. 2015;(4):e12559. doi: 10.7554/eLife.12559
10. Bagece HF, Saleh S, Adamovich SV, Tunik E. Visuomotor gain distortion alters online motor performance and enhances primary motor cortex excitability in patients with stroke. *Neuromodulation*. 2012;15(4):361Y366. doi: 10.1111/j.1525-1403.2012.00467.x
11. Billinhurst M, Weghorst S. The use of sketch maps to measure cognitive maps virtual of environments. In: Conference: Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS '95). University of Washington, Seattle, WA; 1995. doi: 10.1109/VRAIS.1995.512478
12. Witmer BG, Singer MJ. Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators Virtual Environments*. 1998;7(3):225–240.
13. Slater M, Usoh M. Representations systems, perceptual position, and presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators Virtual Environments*. 1993;2(3):221–233. doi: 10.1162/pres.1993.2.3.221
14. Palmer SE, Schloss KB. An ecological valence theory of human color preference. *Proceedings National Academy Sci*. 2010; 107(19):8877–8882. doi: 10.1073/pnas.0906172107
15. Franklin A, Bevis L, Ling Y, Hurlbert A. Biological components of colour preference in infancy. *Developmental Sci*. 2009;13(2):346–354. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00884.x
16. Racey C, Franklin A, Bird CM. The processing of color preference in the brain. *NeuroImage*. 2019;(191):529–536. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.02.041
17. Ikeda T, Matsuyoshi D, Sawamoto N, et al. Color harmony represented by activity in the medial orbitofrontal cortex and amygdala. *Front Hum Neurosci*. 2015;(9):382. doi: 10.3389/fnhum.2015.00382
18. Johnson SC, Schmitz TW, Kawahara-Baccus TN, et al. The cerebral response during subjective choice with and without self-reference. *J Cognitive Neurosci*. 2005;17(12):1897–1906. doi: 10.1162/089892905775008607
19. Anatomy 3D atlas. Learn human anatomy in 3D [Internet]. Available from: <https://anatomy3datlas.com>. Accessed: 15.04.2023.
20. Liu Y, Li M, Zhang X, et al. Hierarchical representation for chromatic processing across macaque V1, V2, and V4. *Neuron*. 2020;108(3):538–550.e5. doi: 10.1016/j.neuron.2020.07.037
21. Raichle ME. The brain's default mode network. *Ann Rev Neurosci*. 2015;38(1):433–447. doi: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030
22. Smallwood J, Bernhardt BC, Leech R. The default mode network in cognition: A topographical perspective. *Nature Rev Neurosci*. 2021;22(8):503–513. doi: 10.1038/s41583-021-00474-4
23. Novikova KV. Psychological correction of the neuropsychic state of people who have suffered a stroke in a sensory room. *Psychologist*. 2021;(2):1–19. (In Russ). doi: 10.25136/2409-8701.2021.2.35461
24. Schumacher GI, Eliseev VV, Bykadorov AV. The use of chromotherapy in persons engaged in intensive mental labor. *Saratov Sci Med J*. 2012;8(2):567–570. (In Russ).
25. Thaut MH. Rhythm, music and the brain: Scientific foundations and clinical applications. New York: Routledge; 2005. 247 p.
26. Leins AK, Spintge R, Thaut M. Music therapy in medical and neurological rehabilitation settings. In: Hallam S, Cross I, Thaut M, ed. The Oxford handbook of music psychology. Oxford, New York: Oxford University Press; 2011. P. 526–536.
27. Altenmüller E, Schlaug G. Neurologic music therapy: The beneficial effects of music making on neurorehabilitation. *Acoust Sci Technol*. 2013;34(1):5–12. doi: 10.1250/ast.34.5
28. Tomaino CM. Music and limbic system. In: Bejjani F, ed. Current research in arts and medicine. Chicago: A Capella Books; 1993. P. 393–398.
29. Schlaug G. Music, musicians, and brain plasticity. In: Hallam S, Cross I, Thaut M, ed. The Oxford handbook of music psychology. Oxford, New York: Oxford University Press; 2011. P. 197–207.
30. Blood AJ, Zatorre RJ. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2001;98(20):11818–11823. doi: 10.1073/pnas.191355898
31. Brown S, Martinez MJ, Parsons LM. Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *Neuroreport*. 2004;15(13):2033–2037. doi: 10.1097/00001756-200409150-00008
32. Menon V, Levitin DJ. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*. 2005;28(1):175–184. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.05.053
33. Koelsch S, Fritz TV, Cramon DY, et al. Investigating emotion with music: An fMRI study. *Hum Brain Mapp*. 2006;27(3):239–250. doi: 10.1002/hbm.20180
34. Ashby FG, Isen AM, Turken AU. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychol Rev*. 1999;106(3):529–550. doi: 10.1037/0033-295x.106.3.529
35. Janata P, Tillmann B, Bharucha JJ. Listening to polyphonic music recruits domain-general attention and working memory circuits. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2002;2(2):121–140. doi: 10.3758/cabn.2.2.121
36. Peretz I, Zatorre RJ. Brain organization for music processing. *Annu Rev Psychol*. 2005;(56):89–114. doi: 10.1146/annurev.psych.56.091103.070225
37. Thompson WF, Schellenberg EG, Husain G. Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychol Sci*. 2001;12(3):248–251. doi: 10.1111/1467-9280.00345
38. Schellenberg EG, Nakata T, Hunter PG, Tamoto S. Exposure to music and cognitive performance: Tests of children and adults. *Psychol Music*. 2007;35(1):5–19. doi: 10.1177/0305735607068885
39. Thompson RG, Moulin CJ, Hayre S, Jones RW. Music enhances category fluency in healthy older adults and Alzheimer's disease patients. *Exp Aging Res*. 2005;31(1):91–99. doi: 10.1080/03610730590882819
40. Foster NA, Valentine ER. The effect of auditory stimulation on autobiographical recall in dementia. *Exp Aging Res*. 2001;27(3): 215–228. doi: 10.1080/036107301300208664
41. Hommel M, Peres B, Pollak P, et al. Effects of passive tactile and auditory stimuli on left visual neglect. *Arch Neurol*. 1990;47(5): 573–576. doi: 10.1001/archneur.1990.00530050097018
42. Sarkamo T, Tervaniemi M, Laitinen S, et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*. 2008;131(3):866–876. doi: 10.1093/brain/awn013
43. Racette A, Bard C, Peretz I. Making non-fluent aphasics speak: Sing along! *Brain*. 2006;129(Pt 10):2571–2584. doi: 10.1093/brain/awt250
44. Callan DE, Tsytsarev V, Hanakawa T, et al. Song and speech: Brain regions involved with perception and covert production. *Neuroimage*. 2006;31(3):1327–1342. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.01.036
45. Dé monet JF, Thierry G, Cardebat D. Renewal of the neurophysiology of language: Functional neuroimaging. *Physiol Rev*. 2005;85(1):49–95. doi: 10.1152/physrev.00049.2003

46. Witte OW. Lesion-induced plasticity as a potential mechanism for recovery and rehabilitative training. *Curr Opin Neurol*. 1998;11(6): 655–662. doi: 10.1097/00019052-199812000-00008
47. Kreisel SH, Bazner H, Hennerici MG. Pathophysiology of stroke rehabilitation: Temporal aspects of neuro-functional recovery. *Cerebrovasc Dis*. 2006;21(1-2):6–17. doi: 10.1159/000089588
48. Engineer ND, Percaccio CR, Pandya PK, et al. Environmental enrichment improves response strength, threshold, selectivity, and latency of auditory cortex neurons. *J Neurophysiol*. 2004;92(1):73–82. doi: 10.1152/jn.00059.2004
49. Chikahisa S, Sei H, Morishima M, et al. Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults. *Behav Brain Res*. 2006;169(2):312–319. doi: 10.1016/j.bbr.2006.01.021
50. Kim H, Lee MH, Chang HK, et al. Influence of prenatal noise and music on the spatial memory and neurogenesis in the hippocampus of developing rats. *Brain Dev*. 2006;28(2):109–114. doi: 10.1016/j.braindev.2005.05.008
51. Angelucci F, Ricci E, Padua L, et al. Music exposure differentially alters the levels of brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in the mouse hypothalamus. *Neurosci Lett*. 2007; 429(2-3):152–155. doi: 10.1016/j.neulet.2007.10.005
52. Xu F, Cai R, Xu J, et al. Early music exposure modifies GluR2 protein expression in rat auditory cortex and anterior cingulate cortex. *Neurosci Lett*. 2007;420(2):179–183. doi: 10.1016/j.neulet.2007.05.005
53. Angelucci F, Fiore M, Ricci E, et al. Investigating the neurobiology of music: Brain-derived neurotrophic factor modulation in the hippocampus of young adult mice. *Behav Pharmacol*. 2007; 18(5-6):491–496. doi: 10.1097/FBP.0b013e3282d28f50
54. Centonze D, Rossi S, Tortiglione A, et al. Synaptic plasticity during recovery from permanent occlusion of the middle cerebral artery. *Neurobiol Dis*. 2007;27(1):44–53. doi: 10.1016/j.nbd.2007.03.012
55. Schabitz WR, Steigleder T, Cooper-Kuhn CM, et al. Intravenous brain-derived neurotrophic factor enhances poststroke sensorimotor recovery and stimulates neurogenesis. *Stroke*. 2007;38(7): 2165–2172. doi: 10.1161/STROKEAHA.106.477331

ОБ АВТОРАХ

* Рыжова Ольга Валерьевна;

адрес: Россия, 141534, Московская область,
Солнечногорский район, д. Лыткино, д. 777, корп. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7461-4222>;
eLibrary SPIN: 8980-4019; e-mail: dr.origa@gmail.com

Петрова Марина Владимировна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4272-0957>;
eLibrary SPIN: 9132-4190; e-mail: mail@petrovamv.ru

Чебоксаров Дмитрий Васильевич, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9462-6423>;
eLibrary SPIN: 2056-9908; e-mail: dcheboksarov@gmail.com

Саенко Ирина Валерьевна, канд. мед. наук;
e-mail: isayenko@mail.ru

Суева Виктория Сергеевна;
e-mail: victoriasueva@gmail.com

Петриков Сергей Сергеевич, д-р мед. наук,
член-корр. РАН;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-8789>;
eLibrary SPIN: 7873-3673; e-mail: petrikovss@sklif.mos.ru

AUTHORS' INFO

* Olga V. Ryzhova;

address: 777/1 Lytkino,
141534 Moscow region, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7461-4222>;
eLibrary SPIN: 8980-4019; e-mail: dr.origa@gmail.com

Marina V. Petrova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4272-0957>;
eLibrary SPIN: 9132-4190; e-mail: mail@petrovamv.ru

Dmitrii V. Cheboksarov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9462-6423>;
eLibrary SPIN: 2056-9908; e-mail: dcheboksarov@gmail.com

Irina V. Saenko, MD, Cand. Sci. (Med.);
e-mail: isayenko@mail.ru

Victoria S. Sueva;
e-mail: victoriasueva@gmail.com

Sergey S. Petrikov, MD, Dr. Sci. (Med.),
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-8789>;
eLibrary SPIN: 7873-3673; e-mail: petrikovss@sklif.mos.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author