

Аудиовизуальная и магнитная стимуляция головного мозга в реабилитации постинсультных когнитивных нарушений (обзор литературы)

В.А. Дробышев¹, Л.А. Щепанкевич¹, Д.В. Белик², А.В. Шекалов², С.Г. Абрамович³, Л.Г. Агасаров⁴, Л.А. Шпагина¹, М.С. Пономарева¹, С.А. Кармановская¹

¹ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия

²ЗАО «Сибирский научно-исследовательский и испытательный центр медицинской техники», Новосибирск, Россия

³Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Иркутск, Россия

⁴ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Инсульт представляет собой актуальную медицинскую проблему, приводящую к значительным социально-экономическим потерям. Постинсультные когнитивные нарушения отрицательно влияют на результаты реабилитации, увеличивают вероятность повторного инсульта и преждевременной смерти. В борьбе с постинсультными нарушениями когнитивных функций значимое место отводится использованию неинвазивных стимуляторов мозга физической природы – аудиовизуальной стимуляции головного мозга (ГМ), транскраниальной магнитной стимуляции и транскраниальной электрической стимуляции постоянным или импульсным токами. Механизм аудиовизуального воздействия на состояние ГМ обусловлен формированием доминирующего ритма электрокортикальной активности, биологические эффекты слабых магнитных полей определяются химическими процессами, ответственными за ферментативный синтез ДНК, способный стимулировать процессы нейропластичности у перенесших инсульт пациентов и влиять на состояние когнитивных функций. Наиболее перспективными в лечении постинсультных когнитивных нарушений считаются современные направления транскраниальной магнитостимуляции (ТМС): высокочастотной или низкочастотной ритмической ТМС, прерывистой тета-импульсной стимуляции, продемонстрировавшие безопасность и эффективность. В комплексе реабилитационных программ для восстановления постинсультного когнитивного дефицита в последние годы широко используются мультимодальные воздействия, включающие физические упражнения, ходьбу, когнитивные и аэробные тренировки.

Представленные в обзоре данные свидетельствуют о том, что включение транскраниальной низко- и высокоинтенсивной импульсной магнитотерапии, аудиовизуальной стимуляции структур ГМ в реабилитационные комплексы пациентов с последствиями ишемических инсультов способствует улучшению внимания, речи, гнозиса, отсроченной памяти и ориентации, повышают функциональный уровень ЦНС.

Ключевые слова: аудиовизуальная стимуляция, транскраниальная магнитная стимуляция, электроэнцефалограмма, альфа-ритм, тета-ритм, ишемический инсульт, когнитивные нарушения, полимодальная стимуляция.

Образец цитирования: Дробышев В.А., Щепанкевич Л.А., Белик Д.В., Шекалов А.В., Абрамович С.Г., Агасаров Л.Г., Шпагина Л.А., Пономарева М.С., Кармановская С.А. Аудиовизуальная и магнитная стимуляция головного мозга в реабилитации постинсультных когнитивных нарушений (обзор литературы) // Journal of Siberian Medical Sciences. 2025;9(3):109-127. DOI: 10.31549/2542-1174-2025-9-3-109-127

Поступила в редакцию 12.07.2025
Прошла рецензирование 21.07.2025
Принята к публикации 05.08.2025

Автор, ответственный за переписку
Дробышев Виктор Анатольевич: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.
E-mail: doctorvik@yandex.ru

Received 12.07.2025
Revised 21.07.2025
Accepted 05.08.2025

Corresponding author
Viktor A. Drobyshev: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny prosp., Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: doctorvik@yandex.ru

Audiovisual and magnetic brain stimulation in rehabilitation of post-stroke cognitive impairment (literature review)

V.A. Drobyshev¹, L.A. Shchepankevich¹, D.V. Belik², A.V. Shekalov², S.G. Abramovich³, L.G. Agasarov⁴, L.A. Shpagina¹, M.S. Ponomareva¹, S.A. Karmanovskaya¹

¹Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Scientific-Research and Test Centre for Biomedical Engineering, Novosibirsk, Russia

³Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Irkutsk, Russia

⁴National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Stroke is a pressing medical problem that causes significant socio-economic losses. Post-stroke cognitive impairment negatively affects rehabilitation outcomes, increases the likelihood of recurrent stroke and premature death. In the management of post-stroke cognitive impairment, significant attention is paid to the use of non-invasive physical brain stimulation – audiovisual stimulation, transcranial magnetic stimulation (TMS) and transcranial direct or alternating current electrical stimulation. The mechanism of audiovisual impact on the state of the brain is due to the formation of a dominant rhythm of electrocortical activity, the biological effects of weak magnetic fields are determined by chemical processes responsible for enzymatic DNA synthesis, which can stimulate processes of neuroplasticity in stroke patients and affect the cognitive functions. The most promising in the treatment of post-stroke cognitive impairment are considered to be modern directions of TMS: high-frequency or low-frequency repetitive TMS (rTMS), intermittent theta pulse stimulation, which have demonstrated safety and effectiveness. In recent years, in the set of rehabilitation programs for the recovery of post-stroke cognitive deficit multimodal interventions have been widely used, including physical exercises, walking, cognitive and aerobic training.

The data presented in the review indicate that the inclusion of transcranial low- and high-intensity pulsed magnetic field therapy, audiovisual stimulation of brain structures into rehabilitation programs for post-ischemic stroke patients contributes to the improvement of attention, speech, gnosis, delayed memory and orientation, and increases the functional level of the central nervous system.

Keywords: audiovisual stimulation, transcranial magnetic stimulation, electroencephalogram, alpha rhythm, theta rhythm, ischemic stroke, cognitive impairment, multimodal stimulation.

Citation example: Drobyshev V.A., Shchepankevich L.A., Belik D.V., Shekalov A.V., Abramovich S.G., Agasarov L.G., Shpagina L.A., Ponomareva M.S., Karmanovskaya S.A. Audiovisual and magnetic brain stimulation in rehabilitation of post-stroke cognitive impairment (literature review). *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2025;9(3):109-127. DOI: 10.31549/2542-1174-2025-9-3-109-127

Инсульт представляет собой актуальную медико-социальную проблему, ведущую к инвалидизации пациентов и высоким социально-экономическим затратам [1]. Внимание специалистов по медицинской реабилитации направлено преимущественно на восстановление функции передвижения пациентов, перенесших острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), и борьбу с такими выраженными формами когнитивного дефицита, как деменция или тяжелая афазия [2].

В последние годы большое внимание уделяется проблеме субъективных когнитивных нарушений (КН), когда активные жалобы пациентов когнитивного характера не согласуются с нали-

Stroke is a pressing medical and social problem that leads to patient disability and high socio-economic losses [1]. The attention of medical rehabilitation specialists is directed primarily at recovery of mobility of patients after an acute cerebrovascular accident (ACVA) and combating such severe forms of cognitive deficit as dementia or severe aphasia [2].

In recent years, much attention has been paid to the problem of subjective cognitive impairment (CI) when active complaints of patients concerning cognitive functions disagree with the presence of serious deviations from the standards for the corresponding age and level of education revealed during a neuropsychological examination [3]. In a significant per-

чию серьезных отклонений от принятых для соответствующего возраста и уровня образования нормативов при нейропсихологическом исследовании [3]. В основе субъективных КН в значительном проценте случаев лежат расстройства тревожно-депрессивного спектра, своевременная коррекция которых может способствовать предупреждению дальнейшего нарастания когнитивного дефицита и улучшению прогноза исхода заболевания [4].

Постинсультные КН отрицательно влияют на результаты реабилитации, ухудшая исходы восстановления двигательных функций, уменьшают приверженность больных к длительным лечебным мероприятиям, снижают качество жизни пациента и его родственников, увеличивают вероятность повторного инсульта и преждевременной смерти [5].

Основой для коррекции когнитивного дефекта является пластичность ГМ (ГМ), которая обеспечивает компенсацию структурных и функциональных расстройств [6]. Существует потенциальная возможность спонтанного восстановления когнитивных функций, активация которого достигается когнитивной реабилитацией (КР) [2].

Технологии КР базируются на работах А.Р. Лурия, посвященных организации высших мозговых функций, основанной на интегративных связях трех блоков мозга, при этом каждая функциональная система непрерывно взаимодействует с другими системами и дестабилизируется в случае «поломки» одного из звеньев цепи [7].

Основными стратегиями КР признаны: содействие естественному восстановлению психических функций; восстановительные тренировки как отдельных когнитивных функций, так и прежних повседневных навыков; обучение больного стратегиям компенсации дефицита отдельных когнитивных функций и ограничений повседневной активности; использование внешних компенсаторных устройств и посторонней помощи; реорганизация и структурирование внешней среды [2].

Для улучшения когнитивных функций пациентов с последствиями ОНМК возможно использовать как лекарственные средства, так и немедикаментозные подходы, среди которых значимое место отводится использованию физических факторов – неинвазивных стимуляторов мозга (НИСМ) [8]. Наиболее эффективными НИСМ считаются ритмические сенсорные воздействия (акустическая, визуальная и аудиовизуальная стимуляция), транскраниальная магнитная стимуляция и транскраниальная электрическая сти-

муляция. В связи с тем, что процент случаев, тревожащих спектр расстройств underline субъективные КН, hence, their timely correction can help prevent a further increase in cognitive deficit and improve the prognosis of the disease [4].

Post-stroke CI negatively affects the results of rehabilitation, worsening the outcomes of motor function recovery, reducing patients' adherence to long-term treatment, negatively affecting the quality of life of the patient and his relatives, as well as increasing the likelihood of recurrent stroke and premature death [5].

The basis for the correction of cognitive defects is brain plasticity which provides compensation for structural and functional disorders [6]. There is a potential for spontaneous recovery of cognitive functions, which is achieved through cognitive rehabilitation (CR) [2].

CR technologies are based on the works of A.R. Luria, dedicated to the organization of higher brain functions based on the integrative links of three blocks of the brain, and each functional system continuously interacts with other systems and is destabilized if one of the links in the chain has failed [7].

The main strategies of CR are recognized as: promoting the natural recovery of cognitive functions; recovery training of both individual cognitive functions and previous daily skills; teaching the patient strategies for compensating for the deficit of individual cognitive functions and limitations of activities of daily living; the use of external devices and other external assistance; reorganization and structuring of the environment [2].

To improve the cognitive functions of patients with the consequences of ACVA, it is possible to use both pharmaceutical and non-pharmaceutical approaches among which a significant place is given to the use of physical factors – non-invasive brain stimulation [8]. The most effective techniques are repetitive sensory effects (acoustic, visual and audiovisual stimulation), transcranial magnetic stimulation and transcranial direct and alternating electrical stimulation currents [9].

During audiovisual stimulation (AVS) of the brain, light and sound signals are realized through the visual and auditory processing, with the involvement of brain structures (cortical, limbic and reticular formation) in the process, which indirectly affects the neurohumoral regulation of individual [10]. Transcranial exposure to a low-frequency pulsed magnetic field determines a jump in the concentration of hydrogen ions in the mitochondrial membrane, which is used by the nerve cell to synthesize ATP, that subsequently activates vasoactive reac-

муляция постоянным или импульсным токами [9].

При проведении аудиовизуальной стимуляции (АВС) ГМ световые и звуковые сигналы реализуются через зрительный и слуховой анализаторы, с вовлечением в процесс структур ГМ (корковых, лимбических и ретикулярной формации), что косвенно влияет на нейрогуморальную регуляцию индивидуума [10]. Транскраниальное воздействие низкоинтенсивного импульсного магнитного поля определяет скачок концентрации ионов водорода в мембране митохондрий, который используется нервной клеткой для синтеза АТФ, что в последующем активизирует вазоактивные реакции микроциркуляторного русла и стимулирует процессы нейропластичности [11].

Основанием для применения слуховых ритмических стимулов в коррекции постинсультных КН являются данные о возможности формирования с помощью бинауральных ритмов электрокортикальной активности, позволяющей изменять состояние сознания [12]. Так, бинауральные ритмы с частотой биений, соответствующей частоте альфа-ритма электроэнцефалограммы (ЭЭГ), способны усиливать выраженность биоэлектрической активности ГМ при состоянии спокойного бодрствования, а бинауральные биения в бета-диапазоне ассоциируются с повышенной сосредоточенностью и бодрствованием, а также улучшением памяти [13].

V. Gkolias et al. (2020) у пациентов с субклиническими проявлениями инсомнии под влиянием бинауральной аудиостимуляции, при частоте колебаний до 1500 Гц и кратности гармонического звука в диапазоне от 200 до 1500 Гц, со стандартной для всех больных громкостью и продолжительностью аудиовоздействий была установлена значительная перестройка биоэлектрической активности мозга, которая влияет на клиническую картину заболевания [14]. В ответ на звуковые гармоники у пациентов с эпизодами инсомнии имело место улучшение состояния после каждого сеанса.

Фотостимуляция ритмическими цветоимпульсными сигналами имеет целью через зрительный анализатор вызвать изменения в биоритмах ГМ и модулировать мозговую активность [15]. Вышеуказанное подтверждается исследованием М.В. Яценко, Н.З. Кайгородовой (2019), которые продемонстрировали оптимизирующее влияние фотостимуляции зеленым, синим и красным цветом при частоте 10 Гц на функциональное состояние ГМ испытуемых, что привело к повышению эффективности их целенаправлен-

tions in the microcirculatory bed and stimulates neuroplasticity processes [11].

The basis for the use of rhythmic auditory stimuli in the correction of post-stroke CI is the data on the possibility of forming electrocortical activity with the help of binaural beats, which allows changing the state of consciousness [12]. Thus, binaural beats with a frequency corresponding to the electroencephalogram (EEG) alpha rhythm are capable of enhancing the expression of the cerebral cortex bioelectrical activity in a state of quiet vigilance, and binaural beats in the beta range are associated with the increased concentration and vigilance, as well as improved memory [13].

Gkolias et al. (2020) in patients with subclinical insomnia under the influence of auditory binaural beats, at an oscillation frequency of up to 1500 Hz and a harmonic sound frequency in the range from 200 to 1500 Hz, with a standard volume and duration of acoustic effects for all patients, a significant restructuring of the brain bioelectrical activity was established, which affects the clinical picture of the disease [14]. In response to sound harmonics, patients with episodes of insomnia showed an improvement in their condition after each session.

Visual stimulation through flickering light is aimed at causing changes in brain rhythms and modulating brain activity through visual processing [15]. The above mentioned is confirmed by a study of Yatsenko, Kaigorodova (2019), who demonstrated the positive effect of photochromostimulation with green, blue and red colors at a frequency of 10 Hz on the functional state of the brain of the subjects, which led to an increase in the efficiency of their intentional movements, i.e. the person better controlled and managed his body compared to the state when stimulation was not carried out. A more significant improvement in motor coordination was observed when using green color for these purposes [16].

The mechanism of audiovisual effect on the brain is due to the formation of a dominant rhythm of electrocortical activity, an important aspect of which are oscillatory patterns that have similar periodic effects, rhythmic sequences of auditory and visual stimulating events that improve the processing of subsequent stimuli, forming the essential core for perception and attention [17].

It is known that a well-defined EEG alpha rhythm is an indicator of rest and relaxation, and its suppression develops with increased attention, while sharper shifts towards activation are accompanied by the predominance of high-frequency rhythms of the EEG – beta and gamma, also associated with cogni-

ных движений, т.е. человек лучше контролировал и управлял своим телом по сравнению с состоянием, когда стимуляция не проводилась. Более значимое улучшение координации движений наблюдалось при использовании для этих целей зеленого цвета [16].

Механизм аудиовизуального воздействия на состояние ГМ обусловлен формированием доминирующего ритма электрокортикальной активности, важным аспектом которой выступают колебательные паттерны, имеющие сходные периодические эффекты, ритмичные последовательности аудио- и фотостимулирующих событий, которые улучшают обработку последующих стимулов, составляя фундаментальную основу восприятия и внимания [17].

Известно, что хорошо выраженный альфа-ритм ЭЭГ является показателем покоя и расслабления, а его угнетение развивается при усилении внимания, тогда как более резкие сдвиги в сторону активации сопровождаются преобладанием высокочастотных составляющих ЭЭГ – бета- и гамма-ритма, также связанными с когнитивными процессами (распознаванием стимула, семантическими операциями и др.) [18]. Снижение уровня активации сопровождается ослаблением высокочастотных составляющих спектра ЭЭГ и ростом амплитуды более медленных волн – тета и дельта, регистрируемых при когнитивной деятельности. Данный эффект связывают с увеличением «внутренней концентрации», отключением внимания от внешней среды, обусловленным активацией кортикальных проекций на таламус, вследствие чего связь коры с окружающей средой тормозится [19]. Таким образом, с понижением уровня бодрствования происходит реорганизация корково-подкорковых интегративных взаимодействий с последующим изменением дистантных взаимодействий различных зон коры [20].

Подтверждением являются данные, полученные Д.В. Беликом и соавт. (2015), которые с помощью блока генераторов технической системы подавали на испытуемых бинауральные звуковые и бинокулярные цветовые воздействия инфразвукового диапазона, относительно замеренного в таблице β-ритма конкретного испытуемого [21]. Авторы выявили, что максимальное стимулирование ГМ достигается при разнице частот аудио- и световоздействий, равной частоте бета-ритма со значениями 17,9, 18,2, 17,2 и 16,9 Гц, при зеленом, красном и синем цветах воздействия. В ходе экспериментов с альфа-ритмом максимальная активность ГМ была зарегистрирована

во время процессов (recognition of stimuli, semantic operations, etc.) [18]. A decrease in the activation level is accompanied by a weakening in the high-frequency constituents of the EEG spectrum and an increase in the range of slower waves – theta and delta, recorded during cognitive activity. This effect is associated with an increase in “internal concentration”, disengagement of attention from the environment, associated with the activation of cortical projections to the thalamus, as a result of which the connection communication of the cortex with the environment is inhibited [19]. Thus, with a decrease in the level of vigilance, a reorganization of cortical-subcortical integrative interactions occurs, followed by a change in the distant interactions of various areas of the cortex [20].

This is confirmed by the data obtained by Belik et al. (2015), who, using a generator unit of the technical system, applied binaural auditory and binocular visual stimuli of the infrasound range to the subjects, relative to the beta rhythm measured for the each specific subject [21]. The authors found that maximum stimulation of the brain is achieved with a difference in the frequencies of auditory and visual stimuli equal to the beta rhythm values of 17,9, 18,2, 17,2 and 16,9 Hz, with green, red and blue colors of stimulation. During the alpha rhythm experiments, maximum brain activity was recorded for visual stimulation with a gradual frequency shift to 1 and 2 Hz and a predominance of red color – for both alpha and beta stimulation.

Unidirectional effects were obtained by Khaervarina et al. (2019) during 10 sessions of audiovisual stimulation of athletes according to the alpha/theta relaxation program, lasting 24 min, at a frequency of 8–28 Hz, which increased the subjects' psychophysiological resistance to physical exertion and contributed to an increase in performance [22].

Correction of functional state of the body amid even a single AVS session was shown by Sysoeva et al. (2018): a 15-minute session was performed, during which the beta band frequencies moved to the theta band frequencies and then continued in the delta band [23]. The authors found that after a single 15-minute AVS session, the alpha rhythm power in the frontal, anterior parietal and occipital leads of the right and left hemispheres increased, the EEG beta and delta rhythm power, as well as the vagosympathetic balance coefficient calculated per results of the assessment of the electrocardiogram intervals, decreased. These changes characterized the optimization of the functional system of the body and contributed to the accelerated recovery of the subjects' performance.

стрирована при цветостимуляции с постепенным сдвигом частоты до 1 и 2 Гц и преобладанием красного цвета – как для альфа-, так и для бета-стимуляции.

Однонаправленные эффекты были получены А.Ф. Хаервариной и соавт. (2019) в течение 10 сеансов аудиовизуальной стимуляции ГМ спортсменов по программе альфа/тета-расслабление, продолжительностью 24 мин, при частоте 8–28 Гц, что повышало у испытуемых психофизиологическую устойчивость к физическим нагрузкам, способствовало повышению работоспособности [22].

Коррекция функционального состояния организма под влиянием даже однократного сеанса АВС показана В.Н. Сыроевой и соавт. (2018): проводилась сессия продолжительностью 15 мин, в ходе которой бета-частотный диапазон переходил до тета-частот и далее продолжался в дельта-диапазоне [23]. Авторы установили, что после однократного 15-минутного сеанса АВС возрастало значение мощности α -ритма во фронтальных, переднетеменных и окципитальных отведениях правого и левого полушарий мозга, снижались показатели мощности бета- и дельта-ритмов ЭЭГ, а также коэффициент вагосимпатического баланса, рассчитанный по результатам кардиоинтервалометрии. Указанные изменения характеризовали оптимизацию функциональной системы организма и способствовали ускоренному восстановлению работоспособности испытуемых.

В настоящее время имеется опыт использования мультимодального влияния с использованием комплексных реабилитационных методик при восстановлении не только двигательных функций, но и когнитивного дефицита у пациентов с цереброваскулярными заболеваниями, включающий физические упражнения, ходьбу, когнитивные и аэробные тренировки [24]. Мультимодальное воздействие, при сочетании традиционных и современных высокотехнологичных методов лечения, может оказать эффективное влияние на коррекцию КН. Так, Л.А. Черевашенко и соавт. (2012) использовали у пациентов с хронической дисциркуляторной энцефалопатией I стадии в ходе 21-дневного курса санаторно-курортного лечения, включавшего климатотерапию, лечебную физкультуру, массаж шейно-воротниковой области, 10 бальнеотерапевтических процедур – радоновые ванны с концентрацией 1,5 кБк/л (40 нКи/л), температурой 37 °С, экспозицией 10–15 мин, частотой 3–4 раза в неделю, ежедневные процедуры цве-

Currently, there is experience in using multimodal interventions in combined rehabilitation methods in the recovery of both motor functions and cognitive deficit in patients with cerebrovascular diseases, including physical exercise, walking, cognitive and aerobic training [24]. Multimodal intervention with a combination of traditional and modern high-tech treatments, can have a positive effect on the correction of CI. Thus, Cherevaschenko et al. (2012) used in patients with stage I chronic vascular encephalopathy during a 21-day course of health resort treatment, including climatotherapy, physical therapy, back and neck massage, 10 balneotherapeutic procedures – radon baths with a concentration of 1,5 kBq/l, temperature 37°C, exposure time 10–15 min, 3–4 times per week, daily color therapy procedures, up to 10 sessions per course [25]. After combined treatment, including radon baths and color therapy, positive dynamics in impaired cognitive functions were noted. In particular, according to the Luria's test, an improvement of memory function occurred in 77,8% of patients (the volume of direct and indirect reproduction was 6,3 and 6,1 words, respectively, which significantly differed from the baseline values and indicated an improvement in short- and long-term memory of patients, as well as in concentration and attention). The average time to complete a task for one Schulte table significantly decreased in 68% of patients and was 40–45 s ($p < 0,05$), indicating an increase in the volume of voluntary attention, its distribution and switching, and an improvement in concentration. When assessing anxiety level using the Spielberger-Khanin test, the indicators of trait anxiety changed insignificantly, while the score on state anxiety scale decreased ($p < 0,05$).

The works of foreign researchers show the prospect of using audiovisual stimulation as a possible method for management of emotional burnout [26]. In an online survey conducted among 393 participants in a cross-sectional study, using multiple regression analysis, the authors were able to reveal positive correlations between audiovisual stimulation and mental health, burnout and work engagement. Based on the results of the study, it was concluded that audiovisual stimulation may be a promising method for improving mental health.

Horwitz et al. (2019) investigated the association between intelligence and the brain response to passive audiovisual stimulation in terms of changes in neurocognitive function [27]. The authors showed that the power of the brain response to visual stimulation and combined audiovisual stimulation was significantly associated with intelligence. It was also

терапии, до 10 сеансов на курс [25]. После комплексного лечения, включающего радоновые ванны и цветотерапию, отмечена положительная динамика нарушенных когнитивных функций. В частности, по данным теста А.Р. Лурия, улучшение мнестических процессов наступило у 77,8 % больных (объем непосредственного и опосредованного воспроизведения составлял 6,3 и 6,1 слова соответственно, что значимо отличалось от исходных значений и свидетельствовало об улучшении кратковременной и долговременной памяти пациентов, улучшении процессов сосредоточения и внимания). Среднее время выполнения задания по одной таблице Шульте достоверно снизилось у 68 % больных и составило 40–45 с ($p < 0,05$), что свидетельствовало об увеличении объема произвольного внимания, его распределения и переключения, улучшении процессов концентрации. При оценке выраженности тревожных проявлений по тесту Спилберга – Ханина показатели личностной тревожности изменились незначительно, тогда как значения по шкале реактивной тревожности снизились ($p < 0,05$).

В работах зарубежных исследователей показана перспектива использования аудиовизуальной стимуляции как возможной методики коррекции эмоционального выгорания [26]. В онлайн-опросе, проведенном среди 393 участников кросс-секционного исследования, используя множественный регрессионный анализ, авторы смогли выявить положительные связи между аудиовизуальной стимуляцией и психическим здоровьем, выгоранием и вовлеченностью в работу. По результатам исследования было сделано заключение, что аудиовизуальная стимуляция может представлять собой многообещающую методику улучшения психического здоровья.

А. Horwitz et al. (2019) исследовали связь между интеллектом и реакцией мозга на пассивную аудиовизуальную стимуляцию в плане изменений нейрокогнитивной функции [27]. Авторами показано, что мощность ответной реакции ГМ на визуальную стимуляцию и комбинированную аудиовизуальную стимуляцию в значительной степени связана с интеллектом. Также было обнаружено, что показатели интеллекта, измеренные в разные периоды жизни (детство, юность, средний и поздний возраст), также коррелируют с показателем силы ответной реакции ГМ на стимуляцию физическими факторами, полученным в ходе исследования.

Адекватная ранняя нейрореабилитация улучшает течение ишемического инсульта, способ-

found that intelligence scores measured at different periods of life (childhood, adolescence, and late midlife) also correlated with the power of the brain response to stimulation by physical factors obtained during the study.

Appropriate early neurorehabilitation improves the course of ischemic stroke, promotes better adaptation of patients to the consequences of the disease, reduces the severity of clinical and functional disorders and improves the quality of life [28]. This determines the search for and implementation of new low-cost technologies that can improve the effectiveness of treatment of CI in post-stroke patients.

The most informative parameters that provide the interpretation of the results of AVS of brain structures are those reflecting changes in a neurological parameters, the EEG power spectrum and the effective relationship between the cortical areas responsible for memory function and other indices of the cognitive status of patients [29].

The results of AVS of the brain in the context of cognitive rehabilitation of elderly patients following primary and recurrent ischemic stroke are presented Makarov et al. (2016): in patients in the early and late recovery period of ischemic stroke, the effectiveness of sessions with a neuropsychologist (1st subgroup) was compared, as well as a combination of neuropsychologist-guided training sessions and 10 daily photochromotherapy procedures with exposure orbital area for 5 min and collar area for 10 min, in a continuous exposure mode, radiation intensity of 100%, mean wavelength of electromagnetic radiation 540 ± 20 nm (green spectrum) – 2nd subgroup [30]. Patients of the 3rd subgroup, in addition to neuropsychological correction and photochromotherapy, received 10 daily procedures of transcranial electromagnetic stimulation using an AMO-ATOS-E device with a frequency of 10–12 Hz, which corresponded to the reference values of the EEG alpha rhythm. When comparing the effectiveness of rehabilitation, significantly better results were found in the subgroups of physiotherapeutic procedures and neuropsychologist-guided training session ($p < 0,05$ for the Mini-Mental State Examination (MMSE), $p < 0,01$ for the Roshchina scale). The authors noted that by the end of the study, the increase in scores on all scales was the lowest in the subgroup where the cognitive rehabilitation was limited to sessions with a neuropsychologist, and the highest in patients who, in addition to neuropsychologist-guided training session, consistently received a course of photochromotherapy and transcranial electromagnetic stimulation (in particular, the gain rates for the Roshchina test in all three subgroups

ствуется лучшей адаптации пациентов к последствиям заболевания, уменьшению выраженности клинических и функциональных нарушений и повышению качества жизни [28]. Указанное определяет поиск и внедрение новых мало затратных технологий, позволяющих повысить эффективность коррекции когнитивных нарушений у больных, перенесших мозговую инсульт.

Наиболее информативными параметрами, способствующими расшифровке результатов АВС структур ГМ, являются параметры, отражающие изменения неврологических показателей, спектральную мощность ЭЭГ и эффективную взаимосвязь между корковыми областями, ответственными за функционирование памяти и других показателей когнитивного статуса пациентов [29].

Результаты АВС ГМ в контексте когнитивной реабилитации пациентов пожилого возраста, перенесших первичный и повторный ишемический инсульт, представлены в работе А.О. Макарова и соавт. (2016): у пациентов в раннем и позднем восстановительном периоде ишемического инсульта сравнивали эффективность занятий с нейропсихологом (1-я подгруппа), а также комбинации работы с нейропсихологом и 10 ежедневных процедур фотохромотерапии с облучением области орбит глаз по 5 мин и «воротничковой» зоны – 10 мин, при непрерывном режиме воздействия, с интенсивностью излучения 100 %, средней длине волны электромагнитного излучения – 540 ± 20 нм (зеленый спектр) – 2-я подгруппа [30]. Пациенты третьей подгруппы, помимо нейропсихологической коррекции и фотохромотерапии, получили 10 ежедневных процедур транскраниальной электромагнитной стимуляции аппаратом «АМО-АТОС-Э» с частотой 10–12 Гц, что соответствовало референсным значениям α -ритма ЭЭГ. При сравнении эффективности реабилитации значимо лучшие результаты были выявлены в подгруппах пациентов, в которых наряду с нейропсихологической коррекцией выполнялись физиотерапевтические процедуры (достоверность для шкалы MMSE $p < 0,05$, для шкалы Рощиной $p < 0,01$). Авторы отмечают, что к завершению исследования прирост баллов по всем шкалам оказался наименьшим в подгруппе, где объем когнитивной реабилитации был ограничен занятиями с нейропсихологом, и максимальным – у пациентов, которые, помимо нейропсихологической коррекции, последовательно получили курс фотохромотерапии и транскраниальной электромагнитной стимуляции (в частности, показатели прироста для теста Рощиной во всех трех подгруппах ста-

were statistically significantly different, and when comparing pairwise the 1st and 2nd, 2nd and 3rd subgroups, the significance level p was less than 0,05, and when comparing the 1st and 3rd subgroups, the degree of significance was higher: $p < 0,01$). The MMSE-assessed cognitive status in the 1st and 2nd subgroups by the end of the follow-up corresponded to the level of pre-dementia disorders, and in the 3rd subgroup it reached the normal level.

The effectiveness of non-invasive brain stimulation (computer modality-specific stimulation of sensory brain areas) for the recovery of cognitive functions in post-stroke patients was demonstrated by Prokopenko et al. [31]. The researchers divided 58 middle-aged and elderly patients after ischemic stroke with mild cognitive deficit into two groups: in the control group ($n = 27$), where only conventional rehabilitation methods were used, while in the main group ($n = 31$) an additional rehabilitation training was carried out using the author's computer program stimulating the posterior, gnostic regions of the brain. Upon completion of the study, cognitive functions improved in both groups, but the subjects who had cognitive training had an advantage. In the main group, compared with the control group, there was an improvement in gnostic functions ($p < 0,05$), as well as better score on the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) for the "attention" ($p < 0,001$) and "memory" ($p < 0,05$) subscales, which had no direct association with the brain region that was the object of stimulation. In addition, in the main group, on the Frontal Assessment Battery (FAB), reflecting the state of the functions of the frontal-subcortical brain regions, after the course of rehabilitation training, there was a more significant dynamics in the performance of tasks characterizing both visual-spatial processes and the functions of the mediobasal temporal structures, as well as the involvement of subcortical-frontal connections of the brain. Thus, when conducting the MoCA testing, in the main group, compared with the control group, better results were achieved on the "attention" and "memory" subscales, which are not directly related to the stimulated brain regions. The effect of computer stimulation of the sensory brain areas extended to various brain regions, which led to an improvement both in visual-perceptual activity and in attention and auditory-verbal memory.

According to Isakova, Slyunkov (2020), multi-modal stimulation (MMS) can be useful in correction of neurological deficit following stroke, including not only decreased limb strength, loss of balance, but also sensory, autonomic disorders, cognitive impairment and emotional-behavioral disorders [32].

статистически достоверно различались, причем при сопоставлении попарно 1-й и 2-й, 2-й и 3-й подгрупп имел место уровень значимости $p < 0,05$, а при сравнении 1-й и 3-й подгрупп степень достоверности была выше: $p < 0,01$). Когнитивный статус, оцененный по шкале MMSE, в 1-й и 2-й подгруппах к завершению периода наблюдения соответствовал уровню предметных нарушений, а в 3-й подгруппе достиг уровня нормы.

Эффективность применения НИСМ (компьютерная модально-специфическая стимуляция сенсорного блока мозга) для восстановления когнитивных функций у постинсультных больных показана С.В. Прокопенко и соавт. [31]. Исследователи распределили 58 больных среднего и пожилого возраста, перенесших ишемический инсульт, с умеренным когнитивным дефицитом на две группы: в контрольной группе ($n = 27$) применяли только стандартные методы реабилитации, в основной группе ($n = 31$) дополнительно проводили восстановительное обучение с использованием авторской компьютерной программы, стимулирующей задние, гностические отделы мозга. По завершению исследования когнитивные функции улучшились в обеих группах, но преимущество имели испытуемые, проходившие когнитивную тренировку. В основной группе, в сравнении с контрольной, отмечено улучшение гностических функций ($p < 0,05$), а также лучшее выполнение заданий Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (MoCA) по субшкалам «внимание» ($p < 0,001$) и «память» ($p < 0,05$), которые не имели прямой связи с областью мозга, являвшейся объектом стимуляции. Кроме того, в основной группе по шкале FAB, отражающей состояние функций лобно-подкорковых отделов мозга, после курса восстановительного обучения отмечалась более выраженная динамика в выполнении заданий, характеризующих как зрительно-пространственные процессы, так и функции медиобазальных височных отделов, а также заинтересованность подкорково-лобных связей ГМ. Так, при проведении теста MoCA в основной группе в сравнении с контрольной были достигнуты лучшие результаты по субшкалам «внимание» и «память», напрямую не связанным со стимулировавшейся областью мозга. Эффект компьютерной стимуляции сенсорных зон мозга распространялся на различные отделы ГМ, что приводило к улучшению не только зрительно-перцептивной деятельности, но и внимания и слухоречевой памяти.

По мнению Е.В. Исаковой, Е.В. Слюнькова (2020), мультимодальная стимуляция (ММС)

Patients diagnosed with ischemic stroke, for a period of 2 months to 2 years from the onset of the disease, who had post-stroke hemiparesis with a severity of 1 to 4 points, mainly in the upper limb, as well as mild-to-moderate CI, underwent two courses of treatment using the MMS program: training on an Exokist-2 hybrid assistive limb, cognitive training using visual material or a computer program, stabilometric platform biofeedback training and vibration therapy. Cognitive rehabilitation procedures, the duration of which was determined individually and averaged 20–30 min, were based on solving logical problems on counting, praxis, spatial and design thinking, and attention. The results obtained after a course of treatment using the MMS program demonstrated the effectiveness of the proposed approach in cognitive functions recovery and regressing emotional-behavioral disorders in post-stroke patients.

The biological effects of weak magnetic fields are induced by chemical processes involving radicals, ion-radicals and paramagnetic particles [33]. It is the ion-radical pairs, in which spin conversion is controlled by magnetic fields (both external and internal fields of magnetic nuclei), that are responsible for the enzymatic synthesis of DNA, which probably underlay regenerative processes, and in combination with high penetration into biological media, can stimulate neuroplasticity processes in patients with consequences of ACVA and indirectly affect cognitive functions [33]. The stimulating effect of pulsed electromagnetic fields on the anti-inflammatory cytokine IL-10 expression and a decrease in the level of pro-inflammatory cytokines IL-1 α , IL-1 β and TNF- α , revealed by Chan et al. (2019) in human fibroblast-like cells [34], is relevant for recovery of the central nervous system in the acute period of ischemic stroke.

The effect of transcranial magnetic field exposure on the bioelectrical brain activity in patients with consequences of stroke has been studied in a number of studies and is also presented in clinical guidelines [35]. The authors present data on the use of transcranial magnetic therapy (TCMT) in patients in the early recovery period of ischemic stroke with a disease history of 1 to 5 months that showed significant positive dynamics in brain bioelectrical activity according to EEG data after the course of rehabilitation. Thus, the asymmetry coefficient after a course of TCMT decreased to 18,5% ($p < 0,05$), the B/A ratio reflecting the tone of small- and medium-sized vessels, decreased by 1,3 times, while no significant changes were found in the placebo group. Initial disorders of orientation, speech perception, writing and reading, corresponding to mild dementia according to the

может быть полезна в коррекции неврологического дефицита после инсульта, включая не только снижение силы в конечностях, утрату равновесия, но также сенсорные, вегетативные нарушения, когнитивные и эмоционально-поведенческие расстройства [32]. Пациентам с диагнозом ишемического инсульта, сроком от 2 мес до 2 лет с момента развития заболевания, имевших постинсультный гемипарез с выраженностью от 1 до 4 баллов, преимущественно в верхней конечности, а также когнитивные нарушения со степенью выраженности от легкой до умеренной, были проведены два курса лечения с использованием программы ММС: занятия на комплексе «Экзокисть-2», когнитивные тренинги с использованием наглядного материала или компьютерной программы, стабилметрические тренировки на платформе с биологической обратной связью и вибротерапия. Процедуры когнитивной реабилитации, длительность которых определялась индивидуально и составляла в среднем 20–30 мин, основывались на решении пациентом логических задач на счет, праксис, пространственно-конструктивное мышление, внимание. Результаты, полученные после курса лечения с использованием программы ММС, продемонстрировали эффективность предложенного подхода в восстановлении когнитивных функций и регрессе эмоционально-поведенческих расстройств у пациентов с последствиями инсульта.

Биологические эффекты слабых магнитных полей обусловлены химическими процессами, в которых участвуют радикалы, ион-радикалы и парамагнитные частицы [33]. Именно ион-радикальные пары, в которых спиновая конверсия управляется магнитными полями (как внешними, так и внутренними полями магнитных ядер), ответственны за ферментативный синтез ДНК, который может лежать в основе регенерационных процессов, что, в сочетании с высокой проникающей способностью в биологические среды, может стимулировать процессы нейропластичности у пациентов с последствиями ОНМК и опосредованно влиять на когнитивные функции [33]. Актуальным для восстановления функционирования центральной нервной системы в остром периоде ишемического инсульта является стимулирующий эффект переменных магнитных полей в отношении экспрессии противовоспалительного цитокина IL-10 и снижение уровня провоспалительных цитокинов IL-1 α , IL-1 β и TNF- α , выявленный А.К. Chan et al. (2019) в человеческих фибробластоподобных клетках [34].

MMSE, amid TCMT significantly improved in 41% ($p < 0,05$) of patients in the main group, reaching the level of CI, while in the placebo group the number of such patients was 17% ($p > 0,05$).

Gumarova et al. (2020) demonstrated the clinical efficacy of threshold-free low-frequency transcranial magnetic stimulation (ITCMS) (Almag-03 tool, Elamed, Russia) amid conventional therapy in patients 3–4 days after ischemic stroke (group 1) [36]. The inductor was placed on the patient's head; the input cables located in the occipital region and the outer inductors covered the frontal region. The working surface of the inductor marked N (north pole) faced the patient's scalp. The procedures were carried out according to program 1 (traveling magnetic field, excitation frequency by pulse train of 1–5 per second, pulse repetition frequency within a train of 7 per second, magnetic induction of 10 mT). The procedure duration was 10–20 min (once a day), the course was 8–10 procedures. The 2nd group included 45 patients who received standard therapy in accordance with the Procedures for Providing Medical Care to Patients with ACVA (drug therapy, exercise therapy, massage, occupational therapy), with the exception of ITCMS. When evaluating the results of the study, patients of the 1st group showed an increase in the linear blood flow velocity in the internal carotid artery on the affected side by 18,1% compared to the 2nd group ($p = 0,042$); a significant increase in mobility in patients of the 1st group – by 42,1%, functional independence in daily living – by 38,1%, muscle strength – by 50%, which significantly differed from similar indicators in the 2nd group ($p = 0,0005$). It should be noted that 60,8% of patients in the 1st group did not show any psychoemotional disturbances, absence of relevant symptoms of depression ($p < 0,0001$); 89,3% of patients showed a significant improvement in sleep, mood and life activities, an increase in activities of daily living and quality of life by 57,9% compared with the 2nd group of patients ($p = 0,006$).

Unidirectional results were obtained by Di Gregorio et al. (2021), who used a rehabilitation protocol based on a combination of brain stimulation and standard cognitive treatment during two consecutive courses with an interval of 3–4 months [37]. The protocol included repetitive transcranial magnetic stimulation for the left intact parietal cortex of patients, followed by visual scanning treatment. In the author's opinion, neuronal loss after stroke can promote to cognitive decline due to the functional deactivation of neuronal circuits reactivation of whom can contribute to recovery of cognitive functions. The use of inhibitory stimula-

Влияние транскраниального воздействия магнитных полей на биоэлектрическую активность ГМ у пациентов с последствиями ОНМК изучалось в ряде исследований, а также представлено в клинических рекомендациях [35]. Авторы приводят данные об использовании транскраниальной магнитотерапии (ТКМТ) у пациентов в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта с давностью заболевания от 1 до 5 мес с достижением, по завершении курса реабилитации, значимой положительной динамики биоэлектрической активности мозга по данным ЭЭГ. Так, коэффициент асимметрии после курса ТКМТ снизился до 18,5 % ($p < 0,05$), показатель В/А, отражающий состояние тонуса сосудов мелкого и среднего калибра, уменьшился в 1,3 раза, тогда как в группе плацебо не было выявлено достоверных изменений. Исходные нарушения ориентации, восприятия речи, письма и чтения, соответствующие легкой степени деменции по шкале MMSE, на фоне ТКМТ достоверно улучшились у 41 % ($p < 0,05$) больных основной группы, достигнув уровня легких когнитивных нарушений, тогда как в группе плацебо число таких больных составило 17 % ($p > 0,05$).

Л.Ш. Гумаровой и соавт. (2020) показана клиническая эффективность «беспороговой» низкочастотной транскраниальной магнитной стимуляции (нТКМС) (аппарат Алмаг-03 («Еламед», Россия)) на фоне стандартной терапии у пациентов на 3–4-е сутки после ишемического инсульта (1-я группа) [36]. Индуктор («оголовье») размещали на голове пациента с расположением кабелей ввода в затылочной области и захватом крайними индукторами лобной части. Рабочая поверхность индуктора с маркировкой N (северный полюс) была обращена в сторону волосистой части головы пациента. Процедуры проводили по программе 1 (магнитное поле – бегущее, частота возбуждения пачками импульсов 1–5 имп./с, частота следования импульсов внутри пачки 7 имп./с, магнитная индукция 10 мТл). Продолжительность процедуры составила 10–20 мин (1 раз в день), курс 8–10 процедур. Во 2-ю группу включили 45 пациентов, которым проводили стандартную терапию в соответствии с Порядками оказания медицинской помощи больным с ОНМК (медикаментозная терапия, лечебная физкультура, массаж, эрготерапия), за исключением нТКМС. При изучении результатов исследования у пациентов 1-й группы было выявлено повышение линейной скорости кровотока во внутренней сонной артерии на стороне очага на 18,1 % по сравнению со 2-й группой ($p = 0,042$);

tion for the left intact parietal cortex reduces the left hemisphere activation and recover the balance of interhemispheric activity. Thus, it can be said about clinical efficacy of the recovery effect of repetitive TMS (rTMS) on a more large stroke patients samples.

The opinion that TMS has the greatest potential for the treatment of CI is supported by Hernandez-Pavon, Harvey (2019), noting the importance of TMS for the clinical treatment of stroke and stroke-related disorders [38]. According to the authors, the anatomical target and stimulation parameters will differ for any clinical abnormality: fatigue, pain, cognitive or communicative dysfunction. Biomarkers can also be useful for identifying patients who have a more positive response to treatment in order to improve clinical decision-making. A combination with drugs or certain types of physiotherapy may be necessary to achieve the maximum effect. Combining calculated model values with magnetic resonance imaging and electroencephalography data of a specific patient allows localizing the electromagnetic effect and stimulating affected brain structures, which can ultimately help increase the effectiveness of the method and expand the indications for its use.

Akimzhanova et al. (2016) also emphasize that the most significant results are achieved in the rehabilitation of patients with cerebral stroke using high-intensity TMS [39]. The authors showed that the effect of high-frequency (>5 Hz) TMS on the non-affected area, and low-frequency TMS (<1 Hz) on the affected area of the hemisphere (in the projection of the motor cortex and central gyrus) in the early post-stroke recovery, 20 min once a day for 20 days, significantly improves orientation, memory, and speech ($p = 0,007$).

Dionisio et al. (2018) note that the most promising in conducting the rTMS procedure is a 8-shaped inductor – it provides better localization of stimulating induced current with the diameter of the targeted area 5 cm, and the effective stimulation depth 5–5,5 cm (the maximum value of the induced current density in the gray matter 38,7 A/m²) [40].

Mamedova (2021) demonstrated the effect of repetitive transcranial and multilevel magnetic stimulation on CI in post-stroke patients [41]. The author's technique included multilevel magnetic stimulation in the 1st group of patients using a high-intensity pulsed magnetic field (2–2,2 T): level I – rTMS of the projections of motor cortex areas of the affected hemisphere with a pulsed magnetic field with intensity of 70–90% of the maximum values, frequency of 30–40 Hz, and a pulse duration of 0,1 ms; level II – repetitive magnetic

достоверное повышение мобильности у пациентов 1-й группы на 42,1%, функциональной независимости в повседневной жизни – на 38,1%, силы мышц – на 50 %, что значимо отличалось от аналогичных показателей во 2-й группе ($p = 0,0005$). Необходимо отметить, что у 60,8 % пациентов 1-й группы не было выявлено психоэмоциональных нарушений, ни одного случая достоверно выраженных симптомов депрессии ($p < 0,0001$); у 89,3% пациентов было установлено значимое улучшение сна, настроения и жизнедеятельности, повышение самообслуживания и качества жизни на 57,9 % по сравнению со 2-й группой пациентов ($p = 0,006$).

Однонаправленные результаты были получены F. Di Gregorio et al. (2021), использовавшими протокол реабилитации, основанный на сочетании стимуляции мозга и стандартного когнитивного лечения в ходе двух последовательно проводившихся лечебных курсов с интервалом в 3–4 мес [37]. Протокол включал выполнение повторной транскраниальной магнитной стимуляции, применяемой к левой неповрежденной теменной коре пациентов, с последующим визуальным сканированием. Согласно мнения авторов, после инсульта в правой полушарии потеря нейронов может ухудшить когнитивные функции из-за функциональной дезактивации соответствующих нейрофункциональных сетей, реактивация которых может способствовать восстановлению нарушенных функций. Использование ингибирующей стимуляции неповрежденной левой теменной коры снижает активацию левого полушария и может восстановить баланс межполушарной активности. Таким образом, возможно говорить о клинической эффективности восстанавливающего эффекта ритмической ТМС на большей выборке пациентов, перенесших инсульт.

Мнение о наибольшей перспективности для лечения КН именно ТМС поддерживают J.C. Hernandez-Pavon, R.L. Harvey (2019), отмечая значимость ТМС для клинического лечения инсульта и связанных с ним нарушений [38]. По мнению авторов, анатомическая мишень и параметры стимуляции будут различаться для любого клинического очага, будь то слабость, боль, когнитивная или коммуникативная дисфункция. Биомаркеры также могут быть полезны для выявления пациентов, которые лучше всего реагируют на лечение, с целью улучшения принятия клинических решений. Комбинация с лекарственными препаратами или определенными видами лечебной физкультуры может быть необ-

stimulation (MS) of segmented reflex areas (cervical and lumbar) with a pulsed magnetic field intensity of 40–60% of the maximum values, frequency of 40–50 Hz, and a pulse duration of 0,1 ms; level III – repetitive MS of the peripheral neuromotor structures with a pulsed magnetic field intensity of 70–100% of the maximum value, frequency of 30–40 Hz, and a pulse duration of 0,1 ms. The procedure duration was 20–25 min (10 procedures per course). Simultaneously, in the 2nd group, the rehabilitation course included only high-frequency rTMS of the projections of motor cortex areas of the affected hemisphere with a pulsed magnetic field intensity of 70–90% of the maximum value, frequency of 30–40 Hz, and a pulse duration of 0,1 ms. The procedure duration was 10–15 min (10 procedures per course). The post-treatment MMSE assessment revealed positive dynamics in both groups: a significant increase in the mean score was noted for the such items as orientation ($p < 0,01$), perception ($p < 0,05$), attention and calculation ($p < 0,05$), memory ($p < 0,01$), speech ($p < 0,01$). When comparing the results in the 1st and 2nd groups, greater dynamics of the mean score for orientation, perception, speech was noted in the 1st group, and for attention, memory, speech – in the 2nd group.

In post-stroke patients received sessions of low-frequency (1 Hz) rTMS of the intact hemisphere and repetitive peripheral magnetic stimulation (rPMS) using an 8-shaped induction coil connected to a magnetic stimulator, amid basic drug therapy, a positive type of changes in the EEG structure was observed, which indicated an additional positive effect of rTMS and rPMS on brain bioelectrical activity [42].

Similar results were obtained by Lebedeva et al. (2023) when assessing the effectiveness of rTMS in post-stroke patients in a prospective study [43].

A review by Wang et al. (2022) describes the results of 45 randomized clinical trials involving 3066 patients with post-stroke CI [44]. The authors note that both high-frequency rTMS (HF-rTMS) and low-frequency rTMS (LF-rTMS) demonstrate safety and efficacy, but do not show a significant difference in terms of improving cognitive function.

Currently, there are studies on the use of intermittent theta burst stimulation (iTBS), a new technique of rTMS that delivers 600 pulses in only 3 min compared to 37,5 min for conventional rTMS, in the treatment of ischemic stroke-induced disorders [45]. The protocol for the procedure includes 600 pulses per session: triplet 50 Hz bursts, repeated at a frequency of 5 Hz; 2 s on and 8 s off.

Han et al. (2023) believe that the combination of HF-rTMS with LF-rTMS provided higher efficacy

ходима для достижения максимального эффекта. Совмещение расчетных модельных значений с данными магниторезонансной томографии и электроэнцефалограмм конкретного пациента позволяет локализовать электромагнитное воздействие и проводить стимуляцию заданных структур мозга, что в конечном итоге может способствовать увеличению эффективности метода и расширению показаний для его применения.

А.К. Акимжанова и соавт. (2016) также подчеркивают, что наиболее значимые результаты достигаются в реабилитации пациентов с мозговым инсультом с применением высокоинтенсивной ТМС [39]. Авторами показано, что воздействие высокочастотной (>5 Гц) ТМС на непораженную, а низкочастотной ТМС (<1 Гц) – на пораженную часть полушария (в проекции двигательной коры и центральной извилины) в раннем восстановительном периоде после инсульта, по 20 мин 1 раз в сутки в течение 20 дней достоверно улучшает показатели ориентации, запоминания и речи ($p = 0,007$).

А. Dionisio et al. (2018) отмечают, что в проведении процедуры ТМС наиболее перспективным является индуктор типа «восьмерка», при использовании которого наблюдается наилучшая локализация стимулирующего индуцированного тока: диаметр зоны стимуляции 5 см, эффективная глубина стимуляции 5–5,5 см (максимальное значение плотности индуцированного тока в сером веществе мозга 38,7 А/м²) [40].

М.Ю. Мамедовой (2021) показано влияние ритмической транскраниальной и многоуровневой магнитной стимуляции на когнитивные нарушения у постинсультных больных [41]. Разработанная автором методика включала в 1-й группе пациентов многоуровневую магнитную стимуляцию, с использованием импульсного магнитного поля высокой интенсивности (2–2,2 Тл): уровень I – ритмическая ТМС проекций моторных зон коры пораженного полушария с интенсивностью импульсного магнитного поля 70–90 % от максимального значения для стимулятора, частотой подачи стимула 30–40 Гц, длительностью импульса 0,1 мс; уровень II – ритмическая МС сегментарно-рефлекторных зон (шейных и поясничных) с интенсивностью импульсного магнитного поля 40–60 % от максимального значения, частотой 40–50 Гц, длительностью импульса 0,1 мс; уровень III – ритмическая МС периферического нейромоторного аппарата с интенсивностью импульсного магнитного поля 70–100 % от максимального значения, частотой 30–40 Гц, длительностью импульса

сравнено к rTMS alone; the combination of rTMS with other cognitive therapies demonstrates the potential to improve patient outcomes [46]. The authors conclude that rTMS can effectively and safely improve cognitive functions, quality of life, and daily activities in patients with post-stroke CI, and its combination with other conventional rehabilitation methods may provide additional positive effects. In addition, the authors confirm that the use of iTBS has a therapeutic effect on patients with post-stroke CI: the primary outcome is the change in the MoCA-Beijing (MoCA-BJ) score from baseline to the end of the intervention. Secondary outcomes include changes in resting EEG indices from baseline to the end of the intervention, as well as tests: auditory verbal learning, symbol and digit modality, digital span, and MoCA-BJ scores from baseline to the endpoint.

Daoud et al. (2024) assessed the efficacy and safety of iTBS for improving cognitive functions in patients with post-stroke CI based on a systematic review and meta-analysis [47]. The meta-analysis included six studies involving 325 patients. The results showed that iTBS caused significant improvements in the global cognitive scales (SMD (standardized mean difference) = 1,12, 95% confidence interval (CI) [0,59–1,65], $p < 0,0001$), attention (SMD = 0,48, 95% CI [0,13–0,82], $p = 0,007$), visual perception (SMD = 0,99, 95% CI [0,13–1,86], $p = 0,02$), and activities of daily living (SMD = 0,82, 95% CI [0,55–1,08], $p < 0,00001$). However, there was no significant effect on orientation (SMD = 0,36, 95% CI [–0,04...0,76], $p = 0,07$). Subgroup analysis based on the number of sessions revealed a significant improvement in global cognition among patients with post-stroke CI across the three categories (10 sessions, 20 sessions, and 30 sessions) with no between-group difference ($p = 0,28$).

CONCLUSION

The data presented indicate that the inclusion of transcranial low- and high-intensity pulsed magnetic therapy, audiovisual stimulation in rehabilitation programs for post-stroke patients with CI ameliorates attention, speech, gnosis, delayed memory and orientation, helps to increase the balance of the main processes in the cortex; increase the level of functional capabilities of the central nervous system, reduces the severity of anxiety, improves quality of life. There are no data on side effects or patient refusal to continue treatment in the articles reviewed.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

0,1 мс. Продолжительность процедуры составляла 20–25 минут (на курс 10 процедур). Параллельно во 2-й группе пациентов реабилитационный курс проводился по методике, включающей только высокоинтенсивную ритмическую ТМС проекций моторных зон коры пораженного полушария с интенсивностью импульсного магнитного поля 70–90 % от максимального значения, частотой подачи стимула 30–40 Гц, длительностью импульса 0,1 мс. Продолжительность процедуры составляла 10–15 мин (на курс 10 процедур). Оценка результатов по шкале MMSE после лечения выявила в обеих группах позитивную динамику: достоверное увеличение среднего балла отмечалось по пунктам шкалы, касающимся ориентации ($p < 0,01$), восприятия ($p < 0,05$), внимания и калькуляции ($p < 0,05$), памяти ($p < 0,01$), речи ($p < 0,01$). При сравнении результатов в 1-й и 2-й группах большая динамика средней оценки по пунктам ориентации, восприятия, речи отмечалась в 1-й группе, а по пунктам внимания, памяти, речи – во 2-й.

У пациентов, перенесших инсульт и получавших сеансы низкочастотной (1 Гц) ритмической ТМС (рТМС) интактного полушария и ритмической периферической магнитостимуляции (рПМС) с помощью 8-образной индукционной катушки, соединенной с магнитным стимулятором, на фоне базисной медикаментозной терапии, наблюдался положительный тип изменений структуры ЭЭГ, что свидетельствовало о дополнительном корригирующем влиянии рТМС и рПМС на биоэлектрическую активность ГМ [42].

Сходные результаты были получены Д.И. Лебедевой и соавт. (2023) при оценке эффективности рТМС у пациентов после ишемического инсульта в рамках проспективного исследования [43].

В обзоре Y. Wang et al. (2022) описаны результаты 45 рандомизированных клинических исследований с участием 3066 пациентов с постинсультными когнитивными нарушениями [44]. Авторы отмечают, что как высокочастотная рТМС (HF-рТМС), так и низкочастотная рТМС (LF-рТМС) демонстрируют безопасность и эффективность, но не показывают значительной разницы с точки зрения улучшения когнитивных функций.

В настоящее время появились работы по использованию в лечении нарушений, вызванных ишемическим инсультом, прерывистой тетаимпульсной стимуляции (intermittent theta burst stimulation – iTBS), новой формы рТМС, обеспечивающей 600 импульсов всего за 3 мин по срав-

нению с 37,5 мин при обычной рТМС [45]. Протокол проведения процедуры включает 600 импульсов за сеанс: триплетные всплески по 50 Гц, повторяющиеся с частотой 5 Гц; 2 с – включено и 8 с – выключено.

M. Han et al. (2023) считают, что сочетание HF-рТМС с LF-рТМС приводит к более высокой эффективности по сравнению с одной рТМС; сочетание рТМС с другими когнитивными методами терапии демонстрирует потенциал для улучшения результатов у пациентов [46]. Авторы делают заключение, что рТМС может эффективно и безопасно улучшить когнитивные функции, качество жизни и повседневную деятельность у пациентов с постинсультными КН, а ее сочетание с другими традиционными методами реабилитации может дать дополнительные положительные эффекты. Кроме того, авторы подтверждают, что использование iTBS оказывает лечебное воздействие на пациентов с постинсультным когнитивным нарушением: первичным результатом является изменение балла по Пекинской версии MoCA (MoCA-BJ) от исходного уровня до конца вмешательства. Вторичные результаты включают изменения индексов ЭЭГ в состоянии покоя от исходного уровня до конца вмешательства, а также тесты: на слуховое вербальное обучение, на модальность символов и цифр, на цифровой охват и баллы MoCA-BJ от исходного уровня до конечной точки.

A. Daoud et al. (2024) на основе систематического обзора и метаанализа дает оценку эффективности и безопасности iTBS для улучшения когнитивных функций у пациентов с постинсультными КН [47]. Метаанализ охватил шесть исследований с участием 325 пациентов. Результаты показали, что iTBS привела к значительному улучшению оценки по базовым когнитивным шкалам (SMD (стандартизованная разность средних) = 1,12, 95% доверительный интервал (ДИ) [0,59–1,65], $p < 0,0001$), внимания (SMD = 0,48, 95% ДИ [0,13–0,82], $p = 0,007$), зрительного восприятия (SMD = 0,99, 95% ДИ [0,13–1,86], $p = 0,02$) и повседневной активности (SMD = 0,82, 95% ДИ [0,55–1,08], $p < 0,00001$). Однако не было значительного эффекта по показателю ориентации (SMD = 0,36, 95% ДИ [–0,04–0,76], $p = 0,07$). Проведенный анализ подгрупп на основе количества сеансов выявил значительное улучшение общего познания среди пациентов с постинсультными КН в трех категориях (10 сеансов, 20 сеансов и 30 сеансов) без различий между группами ($p = 0,28$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные выше данные свидетельствуют о том, что включение транскраниальной низко- и высокоинтенсивной импульсной магнитотерапии, аудиовизуальной стимуляции структур ГМ в реабилитационные комплексы пациентов с последствиями ОНМК с когнитивными нарушениями способствует улучшению внимания, речи, гнозиса, отсроченной памяти и ориентации, помогает возрастанию уравновешенности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Powers W.J., Rabinstein A.A., Ackerson T. et al. 2018 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association // *Stroke*. 2018;49(3):e46-e110. DOI: 10.1161/STR.000000000000158.
2. Küçükdeveci A.A., Stibrant Sunnerhagen K., Golyk V. et al. Evidence-based position paper on Physical and Rehabilitation Medicine professional practice for persons with stroke. The European PRM position (UEMS PRM Section) // *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2019;54(6):957-970. DOI: 10.23736/s1973-9087.18.05501-6.
3. Winstein C.J., Stein J., Arena R. et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association // *Stroke*. 2016;47(6):e98-e169. DOI: 10.1161/STR.000000000000098.
4. Gong Y., Long X.M., Xu Y. et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with transcranial direct current stimulation on motor function and cortex excitability in subacute stroke patients: A randomized controlled trial // *Clin. Rehabil.* 2021; 35(5):718-727. DOI: 10.1177/0269215520972940.
5. Hordacre B., Comacchio K., Williams L., Hillier S. Repetitive transcranial magnetic stimulation for post-stroke depression: a randomised trial with neurophysiological insight // *J. Neurol.* 2021;268(4):1474-1484. DOI: 10.1007/s00415-020-10315-6.
6. Wang Y., Wang L., Ni X. et al. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation with different application parameters for post-stroke cognitive impairment: a systematic review // *Front. Neurosci.* 2024;18:1309736. DOI: 10.3389/fnins.2024.1309736.
7. Tan E., Troller-Renfree S., Morales S. et al. Theta activity and cognitive functioning: Integrating evidence from resting-state and task-related developmental electroencephalography (EEG) research // *Dev. Cogn. Neurosci.* 2024;67:101404. DOI: 10.1016/j.dcn.2024.101404.
8. Fischer M., Moscovitch M., Alain C. A systematic review and meta-analysis of memory-guided attention: Frontal and parietal activation suggests involvement of fronto-parietal networks // *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.* 2021;12(1):e1546. DOI: 10.1002/wcs.1546.
9. Campbell B.C.V., Khatri P. *Stroke* // *Lancet*. 2020;396(10244):129-142. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31179-X.

основных корковых процессов, повышению уровня функциональных возможностей ЦНС, уменьшает выраженность тревожности, улучшает показатели качества жизни. Данные по побочным эффектам или отказу пациентов продолжить использование устройства в проанализированных статьях отсутствуют.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Powers W.J., Rabinstein A.A., Ackerson T. et al. 2018 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2018;49(3):e46-e110. DOI: 10.1161/STR.000000000000158.
2. Küçükdeveci A.A., Stibrant Sunnerhagen K., Golyk V. et al. Evidence-based position paper on Physical and Rehabilitation Medicine professional practice for persons with stroke. The European PRM position (UEMS PRM Section). *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* 2019;54(6):957-970. DOI: 10.23736/s1973-9087.18.05501-6.
3. Winstein C.J., Stein J., Arena R. et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: A guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2016;47(6):e98-e169. DOI: 10.1161/STR.000000000000098.
4. Gong Y., Long X.M., Xu Y. et al. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with transcranial direct current stimulation on motor function and cortex excitability in subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* 2021; 35(5):718-727. DOI: 10.1177/0269215520972940.
5. Hordacre B., Comacchio K., Williams L., Hillier S. Repetitive transcranial magnetic stimulation for post-stroke depression: a randomised trial with neurophysiological insight. *J. Neurol.* 2021;268(4):1474-1484. DOI: 10.1007/s00415-020-10315-6.
6. Wang Y., Wang L., Ni X. et al. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation with different application parameters for post-stroke cognitive impairment: a systematic review. *Front. Neurosci.* 2024;18:1309736. DOI: 10.3389/fnins.2024.1309736.
7. Tan E., Troller-Renfree S., Morales S. et al. Theta activity and cognitive functioning: Integrating evidence from resting-state and task-related developmental electroencephalography (EEG) research. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2024;67:101404. DOI: 10.1016/j.dcn.2024.101404.
8. Fischer M., Moscovitch M., Alain C. A systematic review and meta-analysis of memory-guided attention: Frontal and parietal activation suggests involvement of fronto-parietal networks. *Wiley Interdiscip. Rev. Cogn. Sci.* 2021;12(1):e1546. DOI: 10.1002/wcs.1546.

10. Eschmann K.C.J., Mecklinger A. Improving cognitive control: Is theta neurofeedback training associated with proactive rather than reactive control enhancement? // *Psychophysiology*. 2022;59(5):e13873. DOI: 10.1111/psyp.13873.
11. Harvey R.L., Edwards D., Dunning K. et al. Randomized sham-controlled trial of navigated repetitive transcranial magnetic stimulation for motor recovery in stroke // *Stroke*. 2018;49(9):2138-2146. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.020607.
12. Al-Shargie F., Katmah R., Tariq U. et al. Stress management using fNIRS and binaural beats stimulation // *Biomed. Opt. Express*. 2022;13(6):3552-3575. DOI: 10.1364/BOE.455097.
13. Bavafa A., Foroughi A., Jaberghaderi N., Khazaei H. Investigating the efficacy of theta binaural beat on the absolute power of theta activity in primary insomniacs // *Basic. Clin. Neurosci*. 2023;14(3):331-340. DOI: 10.32598/bcn.2021.2162.1.
14. Gkolias V., Amaniti A., Triantafyllou A. et al. Minimal effects of binaural auditory beats for subclinical insomnia. Does pain play a role? // *J. Clin. Psychopharmacol*. 2020;40(3):320-321. DOI: 10.1097/JCP.0000000000001212.
15. Halpin S.J., Casson A.J., Tang N.K.Y. et al. A feasibility study of pre-sleep audio and visual alpha brain entrainment for people with chronic pain and sleep disturbance // *Front. Pain Res. (Lausanne)*. 2023;4:1096084. DOI: 10.3389/fpain.2023.1096084.
16. Яценко М.В., Кайгородова Н.З. Влияние цветофотостимуляции на координацию движений // *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта*. 2019;4 (15):329-335.
17. Busch N., Geyer T., Zinchenko A. Individual peak alpha frequency does not index individual differences in inhibitory cognitive control // *Psychophysiology*. 2024;61(8):e14586. DOI: 10.1111/psyp.14586.
18. Gaurav G., Anand R.S., Kumar V. EEG based cognitive task classification using multifractal detrended fluctuation analysis // *Cogn. Neurodyn*. 2021;15(6):999-1013. DOI: 10.1007/s11571-021-09684-z.
19. Pfeiffer M., Kübler A., Hilger K. Modulation of human frontal midline theta by neurofeedback: A systematic review and quantitative meta-analysis // *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2024;162:105696. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2024.105696.
20. Tsai P.Y., She H.C., Chen S.C. et al. Eye fixation-related fronto-parietal neural network correlates of memory retrieval // *Int. J. Psychophysiol*. 2019;138:57-70. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2019.02.008.
21. Белик Д.В., Дмитриев Н.А., Пустовой С.А., Зиневская М.С. Техническая система для стимуляции полей памяти мозга и гиппокампа в целях реабилитации в послеинсультный период // *Биотехносфера*. 2015;6(42):20-25.
22. Хаерварина А.Ф., Матвеева Л.М., Муфтахина Р.М. и др. Аудиовизуальная коррекция психоэмоционального состояния юных боксеров // *Человек. Спорт. Медицина*. 2019;19(S1):36-42. DOI: 10.14529/hsm19s105.
23. Сысоев В.Н., Чебыкина А.В., Душкина М.А., Дергачев В.Б. Оценка эффективности использования однократного сеанса аудиовизуальной стимуляции для коррекции функционального состояния орга-
9. Campbell B.C.V., Khatri P. Stroke. *Lancet*. 2020;396(10244):129-142. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31179-X.
10. Eschmann K.C.J., Mecklinger A. Improving cognitive control: Is theta neurofeedback training associated with proactive rather than reactive control enhancement? // *Psychophysiology*. 2022;59(5):e13873. DOI: 10.1111/psyp.13873.
11. Harvey R.L., Edwards D., Dunning K. et al. Randomized sham-controlled trial of navigated repetitive transcranial magnetic stimulation for motor recovery in stroke // *Stroke*. 2018;49(9):2138-2146. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.020607.
12. Al-Shargie F., Katmah R., Tariq U. et al. Stress management using fNIRS and binaural beats stimulation. *Biomed. Opt. Express*. 2022;13(6):3552-3575. DOI: 10.1364/BOE.455097.
13. Bavafa A., Foroughi A., Jaberghaderi N., Khazaei H. Investigating the efficacy of theta binaural beat on the absolute power of theta activity in primary insomniacs. *Basic. Clin. Neurosci*. 2023;14(3):331-340. DOI: 10.32598/bcn.2021.2162.1.
14. Gkolias V., Amaniti A., Triantafyllou A. et al. Minimal effects of binaural auditory beats for subclinical insomnia. Does pain play a role? // *J. Clin. Psychopharmacol*. 2020;40(3):320-321. DOI: 10.1097/JCP.0000000000001212.
15. Halpin S.J., Casson A.J., Tang N.K.Y. et al. A feasibility study of pre-sleep audio and visual alpha brain entrainment for people with chronic pain and sleep disturbance. *Front. Pain Res. (Lausanne)*. 2023;4:1096084. DOI: 10.3389/fpain.2023.1096084.
16. Yatsenko M.V., Kaygorodova N.Z. Influence of color photostimulation on coordination of movements. *Health, Physical Culture and Sports*. 2019;4 (15):329-335. (In Russ.)
17. Busch N., Geyer T., Zinchenko A. Individual peak alpha frequency does not index individual differences in inhibitory cognitive control. *Psychophysiology*. 2024;61(8):e14586. DOI: 10.1111/psyp.14586.
18. Gaurav G., Anand R.S., Kumar V. EEG based cognitive task classification using multifractal detrended fluctuation analysis. *Cogn. Neurodyn*. 2021;15(6):999-1013. DOI: 10.1007/s11571-021-09684-z.
19. Pfeiffer M., Kübler A., Hilger K. Modulation of human frontal midline theta by neurofeedback: A systematic review and quantitative meta-analysis. *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2024;162:105696. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2024.105696.
20. Tsai P.Y., She H.C., Chen S.C. et al. Eye fixation-related fronto-parietal neural network correlates of memory retrieval. *Int. J. Psychophysiol*. 2019;138:57-70. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2019.02.008.
21. Belik D.V., Dmitriev N.A., Pustovoy S.A., Zinevskaya M.S. The technical system to stimulate the brain and memory fields of the hippocampus with the aim of rehabilitation after stroke. *Biotechnosfera*. 2015;6(42):20-25. (In Russ.)
22. Khaervarina A.F., Matveyeva L.M., Muftakhina R.M. et al. Audiovisual correction of psychoemotional status in young boxer. *Human. Sport. Medicine*. 2019;19(S1):36-42. DOI: 10.14529/hsm19s105. (In Russ.)

- низма // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018;20(3):128-132.
24. Liu Y., Liu S., Tang C. et al. Transcranial alternating current stimulation combined with sound stimulation improves cognitive function in patients with Alzheimer's disease: Study protocol for a randomized controlled trial // *Front. Aging Neurosci.* 2023;14:1068175. DOI: 10.3389/fnagi.2022.1068175.
 25. Черевашенко Л.А., Черевашенко И.А., Куликов Н.Н. и др. Когнитивные нарушения у больных хронической дисциркуляторной энцефалопатией и их коррекция на курортном этапе // *Медицинский вестник Северного Кавказа.* 2012;1:67-69.
 26. Shivakumar S., Dhilip K.S. PEMF therapy – an early adjuvant strategy in management of COVID-19 patients // *Research Gate.* 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.14964.76162.
 27. Horwitz A., Klemp M., Horwitz H. et al. Brain responses to passive sensory stimulation correlate with intelligence // *Front. Aging Neurosci.* 2019;11:201. DOI: 10.3389/fnagi.2019.0020.
 28. van Lieshout E.C.C., van der Worp H.B., Visser-Meily J.M.A., Dijkhuizen R.M. Timing of repetitive transcranial magnetic stimulation onset for upper limb function after stroke: a systematic review and meta-analysis // *Front. Neurology.* 2019;10:1269. DOI: 10.3389/fneur.2019.01269.
 29. Dimulescu C., Donle L., Cakan C. et al. Improving the detection of sleep slow oscillations in electroencephalographic data // *Front. Neuroinform.* 2024;18:1338886. DOI: 10.3389/fninf.2024.1338886.
 30. Макаров А.О., Ефимова М.Ю., Иванов А.Ю. и др. Результаты когнитивной реабилитации пациентов пожилого возраста, перенесших первичный и повторный ишемический инсульт // *Современные проблемы науки и образования.* 2016;5:45.
 31. Прокопенко С.В., Можейко Е.Ю., Швецова И.Н. Восстановление когнитивных функций после инсульта с использованием стимуляции сенсорных зон мозга // *Доктор.Ру.* 2017;11(140):13-18.
 32. Исакова Е.В., Слюнькова Е.В. Эффективность повторных курсов программы мультимодальной стимуляции в коррекции когнитивных и эмоционально-поведенческих нарушений после инсульта: когортное проспективное исследование // *Фарматека.* 2020;3(27):71-17.
 33. Заломаяева Е.С., Иванова П.Н., Чалисова Н.И. и др. Влияние слабого статического магнитного поля и олигопептидов на клеточную пролиферацию и когнитивные функции организмов различных видов // *Журнал технической физики.* 2020. 90(10):1656-1662. DOI: 10.21883/JTF.2020.10.49796.400-19.
 34. Chan A.K., Tang X., Mummaneni N.V. et al. Pulsed electromagnetic fields reduce acute inflammation in the injured rat-tail intervertebral disc // *JOR Spine.* 2019;2(2):1069. DOI: 10.1002/jsp2.1069.
 35. Герасименко М.Ю. Применение магнитотерапии в лечебно-профилактических и реабилитационных программах: Клинические рекомендации. М., 2015. 47 с.
 36. Гумарова Л.Ш., Бодрова Р.А., Хасанова Д.Р. и др. Клиническая эффективность «беспороговой» низкочастотной транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов с ишемическим инсультом // 23. Sysoev V.N., Chebykina A.V., Dushkina M.A., Der-gachev V.B. Evaluation of the effectiveness of single session audiovisual stimulation for the organism functional state's correction. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy.* 2018;20(3):128-132. (In Russ.)
 24. Liu Y., Liu S., Tang C. et al. Transcranial alternating current stimulation combined with sound stimulation improves cognitive function in patients with Alzheimer's disease: Study protocol for a randomized controlled trial. *Front. Aging Neurosci.* 2023;14:1068175. DOI: 10.3389/fnagi.2022.1068175.
 25. Cherevaschenko L.A., Cherevaschenko I.A., Kulikov N.N. et al. Cognitive impairment in patients with chronic discirculatory encephalopathy and their correction at the resort phase. *Medical News of North Caucasus.* 2012;1:67-69. (In Russ.)
 26. Shivakumar S., Dhilip K.S. PEMF therapy – an early adjuvant strategy in management of COVID-19 patients. *Research Gate.* 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.14964.76162.
 27. Horwitz A., Klemp M., Horwitz H. et al. Brain responses to passive sensory stimulation correlate with intelligence. *Front. Aging Neurosci.* 2019;11:201. DOI: 10.3389/fnagi.2019.0020.
 28. van Lieshout E.C.C., van der Worp H.B., Visser-Meily J.M.A., Dijkhuizen R.M. Timing of repetitive transcranial magnetic stimulation onset for upper limb function after stroke: a systematic review and meta-analysis. *Front. Neurology.* 2019;10:1269. DOI: 10.3389/fneur.2019.01269.
 29. Dimulescu C., Donle L., Cakan C. t al. Improving the detection of sleep slow oscillations in electroencephalographic data. *Front Neuroinform.* 2024;18:1338886. DOI: 10.3389/fninf.2024.1338886.
 30. Makarov A.O., Efimova M.Yu., Ivanov A.Yu. et al. Results of cognitive rehabilitation of elderly patients undergoing first and repeat ischemic stroke. *Modern Problems of Science and Education.* 2016;5:45. (In Russ.)
 31. Prokopenko S.V., Mozheiko E.Yu., Shvetsova I.N. Activation of sensory brain areas for recovery of cognitive functions after stroke. *Doctor.ru.* 2017;11(140):13-18. (In Russ.)
 32. Isakova E.V., Slyunkova E.V. The efficacy of repeated courses of a multimodal stimulation program in the correction of post-stroke cognitive and emotional-behavioral disorders: a prospective cohort study. *Pharmateca.* 2020;3(27):71-17. (In Russ.)
 33. Zalomaeva E.S., Ivanova P.N., Chalisova N.I. et al. Effects of weak static magnetic field and oligopeptides on cell proliferation and cognitive functions in different animal species. *Technical Physics.* 2020. 65(10):1585-1590. DOI: 10.1134/S1063784220100254.
 34. Chan A.K., Tang X., Mummaneni N.V. et al. Pulsed electromagnetic fields reduce acute inflammation in the injured rat-tail intervertebral disc. *JOR Spine.* 2019;2(2):1069. DOI: 10.1002/jsp2.1069.
 35. Gerasimenko M.Yu. (2015). Application of Magnetic Therapy in Treatment, Preventive and Rehabilitation programs: Clinical Recommendations. Moscow. 47 p. (In Russ.)
 36. Gumarova L.Sh., Bodrova R.A., Khasanova D.R. et al. Clinical effectiveness of «thresholdless» low-frequency

- Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020;97(5):39-44. DOI: 10.17116/kurort20209705139.
37. Di Gregorio F., La Porta F., Casanova E. et al. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with visual scanning treatment on cognitive and behavioral symptoms of left hemispatial neglect in right hemispheric stroke patients: study protocol for a randomized controlled trial // *Trials*. 2021;22(1):24. DOI: 10.1186/s13063-020-04943-6.
 38. Hernandez-Pavon J.C., Harvey R.L. Noninvasive transcranial magnetic brain stimulation in stroke // *Phys. Med. Rehab. Clin. N. Am.* 2019;30(2):319-335. DOI: 10.1016/j.pmr.2018.12.010.
 39. Акимжанова А.К., Гржибовский А.М., Хайбуллин Т.Н. и др. Эффективность транскраниальной магнитной стимуляции в реабилитации пациентов с мозговым инсультом // *Наука и здравоохранение*. 2016;4:50-65.
 40. Dionisio A., Duarte I.C., Patricio M., Castelo-Branco M. The use of repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: a systematic review // *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2018;27(1):1-31. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.008.
 41. Мамедова М.Ю. Влияние ритмической транскраниальной и многоуровневой магнитной стимуляции на когнитивные нарушения у постинсультных больных // *Вестник современной клинической медицины*. 2021;14(3):23-32. DOI: 10.20969/VSKM.2021.14(3).23-32.
 42. Begemann M.J., Brand B.A., Ćurčić-Blake B. et al. Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: a meta-analysis // *Psychol. Med.* 2020;50(15): 2465-2486. DOI: 10.1017/S0033291720003670.
 43. Лебедева Д.И., Туровина Е.Ф., Десяткова И.Е. и др. Оценка эффективности транскраниальной магнитной стимуляции у пациентов после ишемического инсульта: проспективное исследование // *Вестник восстановительной медицины*. 2023;22(4):31-40. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40.
 44. Wang Y., Xu N., Wang R., Zai W. Systematic review and network meta-analysis of effects of noninvasive brain stimulation on post-stroke cognitive impairment // *Front. Neurosci.* 2022;16:1082383. DOI: 10.3389/fnins.2022.1082383.
 45. Chu M., Zhang Y., Chen J. et al. Efficacy of intermittent theta-burst stimulation and transcranial direct current stimulation in treatment of post-stroke cognitive impairment // *J. Integr. Neurosci.* 2022;21(5):130. DOI: 10.31083/j.jin2105130.
 46. Han M., He J., Chen N. et al. Intermittent theta burst stimulation vs. high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for post-stroke cognitive impairment: Protocol of a pilot randomized controlled double-blind trial // *Front. Neurosci.* 2023;17:1121043. DOI: 10.3389/fnins.2023.1121043.
 47. Daoud A., Elsayed M., Alnajjar A.Z. et al. Efficacy of intermittent theta burst stimulation (iTBS) on post-stroke cognitive impairment (PSCI): a systematic review and meta-analysis // *Neurol. Sci.* 2024;45(5):2107-2118. DOI: 10.1007/s10072-023-07267-w.
 - transcranial magnetic stimulation in patients with ischemic stroke. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2020;97(5):39-44. DOI: 10.17116/kurort20209705139. (In Russ.)
 37. Di Gregorio F., La Porta F., Casanova E. et al. Efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with visual scanning treatment on cognitive and behavioral symptoms of left hemispatial neglect in right hemispheric stroke patients: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2021;22(1):24. DOI: 10.1186/s13063-020-04943-6.
 38. Hernandez-Pavon J.C., Harvey R.L. Noninvasive transcranial magnetic brain stimulation in stroke. *Phys. Med. Rehab. Clin. N. Am.* 2019;30(2):319-335. DOI: 10.1016/j.pmr.2018.12.010.
 39. Akimzhanova A.K., Grjibovski A.M., Khaibullin T.N. et al. Effectiveness of transcranial magnetic stimulation in rehabilitation of stroke patients. *Science & Healthcare*. 2016;4:50-65. (In Russ.)
 40. Dionisio A., Duarte I.C., Patricio M., Castelo-Branco M. The use of repetitive transcranial magnetic stimulation for stroke rehabilitation: a systematic review. *J. Stroke Cerebrovasc. Dis.* 2018;27(1):1-31. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.09.008.
 41. Mamedova M.Yu. Effects of rhythmic transcranial and multilevel magnetic stimulation on cognitive impairments in post-stroke patients. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2021;14(3):23-32. DOI: 10.20969/VSKM.2021.14(3).23-32. (In Russ.)
 42. Begemann M.J., Brand B.A., Ćurčić-Blake B. et al. Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: a meta-analysis. *Psychol. Med.* 2020;50(15): 2465-2486. DOI: 10.1017/S0033291720003670.
 43. Lebedeva D.I., Turovinina E.F., Desyatova I.E. et al. Effectiveness of transcranial magnetic stimulation in patients after ischemic stroke: a prospective study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2023;22(4):31-40. DOI: 10.38025/2078-1962-2023-22-4-31-40. (In Russ.)
 44. Wang Y., Xu N., Wang R., Zai W. Systematic review and network meta-analysis of effects of noninvasive brain stimulation on post-stroke cognitive impairment. *Front. Neurosci.* 2022;16:1082383. DOI: 10.3389/fnins.2022.1082383.
 45. Chu M., Zhang Y., Chen J. et al. Efficacy of intermittent theta-burst stimulation and transcranial direct current stimulation in treatment of post-stroke cognitive impairment. *J. Integr. Neurosci.* 2022;21(5):130. DOI: 10.31083/j.jin2105130.
 46. Han M., He J., Chen N. et al. Intermittent theta burst stimulation vs. high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for post-stroke cognitive impairment: Protocol of a pilot randomized controlled double-blind trial. *Front. Neurosci.* 2023;17:1121043. DOI: 10.3389/fnins.2023.1121043.
 47. Daoud A., Elsayed M., Alnajjar A.Z. et al. Efficacy of intermittent theta burst stimulation (iTBS) on post-stroke cognitive impairment (PSCI): a systematic review and meta-analysis. *Neurol. Sci.* 2024;45(5):2107-2118. DOI: 10.1007/s10072-023-07267-w.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дробышев Виктор Анатольевич – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0002-7093-3071.

Щепанкевич Лариса Александровна – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой неврологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0001-6951-2205.

Белик Дмитрий Васильевич – д-р техн. наук, генеральный директор ЗАО «Сибирский научно-исследовательский и испытательный центр медицинской техники», Новосибирск, Россия. ORCID: 0009-0004-7461-4782.

Шекалов Александр Валерьевич – директор по научной и технической деятельности ЗАО «Сибирский научно-исследовательский и испытательный центр медицинской техники», Новосибирск, Россия. ORCID: 0009-0004-0294-896X.

Абрамович Станислав Григорьевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины Иркутской государственной медицинской академии последипломного образования – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Иркутск, Россия. ORCID: 0000-0002-4280-9217.

Агасаров Лев Георгиевич – д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия. ORCID: 0000-0001-5218-1163.

Шпагина Любовь Анатольевна – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-0871-755

Пономарева Мария Сергеевна – старший лаборант кафедры неврологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0001-5141-3292.

Кармановская Светлана Александровна – д-р мед. наук, доцент кафедры госпитальной терапии и медицинской реабилитации ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-3446-8018.

ABOUT THE AUTHORS

Viktor A. Drobyshev – Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0002-7093-3071.

Larisa A. Shchepankevich – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head, Department of Neurology, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0001-6951-2205.

Dmitry V. Belik – Dr. Sci. (Tech.), Director Generale, Siberian Scientific-Research and Test Centre for Biomedical Engineering, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0009-0004-7461-4782.

Alexander V. Shekalov – Director of Scientific and Technical Activities, Siberian Scientific-Research and Test Centre for Biomedical Engineering, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0009-0004-0294-896X.

Stanislav G. Abramovich – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Irkutsk, Russia. ORCID: 0000-0002-4280-9217.

Lev G. Agasarov – Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia. ORCID: 0000-0001-5218-1163.

Lyubov A. Shpagina – Dr. Sci. (Med.), Professor, Head, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-0871-755.

Maria S. Ponomareva – Senior Laboratory Assistant, Department of Neurology, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0001-5141-3292.

Svetlana A. Karmanovskaya – Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hospital Therapy and Medical Rehabilitation, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-3446-8018.