

Нейротренинг методом биологической обратной связи в коррекции эмоциональных изменений при ранней церебральной микроангиопатии



Новикова Е.С.¹, Добрынина Л.А.¹, Добрушина О.Р.¹, Афанасьев М.А.¹,
Волик А.В.¹, Гнедовская Е.В.¹, Арина Г.А.², Аристова В.В.^{1,2}, Казанцева Д.А.^{1,2}

¹ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва; ²факультет психологии

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Москва

¹Россия, 125367, Москва, Волоколамское шоссе, 80; ²Россия, 125009, Москва, ул. Моховая, 11, стр. 9

Церебральная микроангиопатия (ЦМА), ассоциированная с возрастом и сосудистыми факторами риска, имеет высокую распространенность и высокую социальную значимость. Психоэмоциональные изменения относятся к ранним проявлениям ЦМА и нуждаются в поиске методов их коррекции.

Цель исследования — оценить и сопоставить эффективность биологической обратной связи (БОС) по инфранизким частотам и альфа-волнам в коррекции эмоциональных изменений у больных ранней ЦМА.

Материал и методы. В исследование был включен 71 пациент (85% — женщины; средний возраст — 52,8±6,3 года) с ранней ЦМА и 21 здоровый доброволец (71% — женщины; средний возраст — 53,2±4,8 года). Пациенты были рандомизированы методом конвертов с двойным слепым плацебо-контролем в три группы: БОС-нейротренинга по инфранизким частотам (n=25), по альфа-волнам (n=22), имитации БОС по показателям электроэнцефалографии (плацебо; n=24). Проводилось 15 индивидуальных занятий по 30 мин 2–5 раз в неделю. У всех участников оценивались клинические проявления, данные МРТ головного мозга, психоэмоциональный статус до, сразу после окончания курса БОС и спустя 6–8 нед.

Результаты. Пациенты с ранней ЦМА характеризуются средним уровнем ситуативной и высоким уровнем личностной тревожности, легкой выраженностью симптомов депрессии и средним уровнем алекситимии. БОС-нейротренинги по инфранизким частотам и альфа-волнам были сопоставимы по эффективности в снижении личностной тревожности. Тренинг по альфа-волнам дополнительно показал влияние на снижение ситуативной тревожности в отсроченном периоде. Тренинг по инфранизким частотам, кроме того, снижал уровень депрессии. Плацебо-тренинг не оказывал влияния на изученные показатели.

Заключение. У пациентов с ранней ЦМА БОС-нейротренинг по инфранизким частотам и альфа-волнам может быть одним из методов коррекции ассоциированных с ЦМА эмоциональных изменений.

Ключевые слова: ранняя церебральная микроангиопатия; биологическая обратная связь по показателям электроэнцефалографии; нейротренинг по инфранизким частотам; нейротренинг по альфа-волнам; эмоциональная регуляция.

Контакты: Евгения Сергеевна Новикова; mzheka88@mail.ru

Для ссылки: Новикова ЕС, Добрынина ЛА, Добрушина ОР, Афанасьев МА, Волик АВ, Гнедовская ЕВ, Арина ГА, Аристова ВВ, Казанцева ДА. Нейротренинг методом биологической обратной связи в коррекции эмоциональных изменений при ранней церебральной микроангиопатии. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2024;16(6):28–35. DOI: 10.14412/2074-2711-2024-6-28-35

Biofeedback neurotraining in the correction of emotional changes in early cerebral small vessel disease

Novikova E.S.¹, Dobrynina L.A.¹, Dobrushina O.R.¹, Afanasev M.A.¹,

Volik A.V.¹, Gnedovskaya E.V.¹, Arina G.A.², Aristova V.V.^{1,2}, Kazantseva D.A.^{1,2}

¹Research Centre of Neurology, Moscow; ²Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow

¹80, Volokolamskoe Shosse, Moscow 125367, Russia; ²11, Mohovaya St., Build. 9, Moscow 125009, Russia

Cerebral small vessel disease (CSVD) associated with age and vascular risk factors has a high prevalence and social significance. Psychoemotional changes are an early manifestation of CSVD that require methods for their correction.

Objective: to evaluate and compare the efficacy of biofeedback (BF) at infra-low frequencies and alpha waves frequencies in correcting emotional changes in patients with early CSVD.

Material and methods. The study included 71 patients (85% women; mean age 52.8±6.3 years) with early CSVD and 21 healthy volunteers (71% women; mean age 53.2±4.8 years). Patients were randomized into three groups using the envelope method with double-blind placebo control: BF-neurotraining at infra-low frequencies (n=25), alpha waves (n=22) and imitation of BF based on electroencephalography parameters (placebo; n=24). Fifteen 30-minute individual sessions were conducted 2–5 times per week. Clinical symptoms, brain MRI data and psychoemotional status were assessed in all participants before and immediately after the BF course and 6–8 weeks later.

Results. Patients with early-stage CSVD were characterized by a medium level of situational and a high level of personal anxiety, mild symptoms of depression and an medium level of alexithymia. Infra-low frequencies and alpha waves BF-neurotrainings were comparable in terms of

their efficacy in reducing personal anxiety. Alpha waves training also showed an effect in reducing situational anxiety in the long term. Infra-low frequencies training also reduced the level of depression. Placebo training had no effect on the parameters studied.

Conclusion. In patients with early CSVD, BF-neurotraining at infra-low frequencies and alpha waves may be one of the methods for correcting the emotional changes associated with CSVD.

Keywords: early cerebral small vessel disease; biofeedback based on electroencephalography parameters; infra-low frequency neurotraining; alpha waves neurotraining; emotional regulation.

Contact: Evgeniya Sergeevna Novikova; mzheka88@mail.ru

For reference: Novikova ES, Dobrynina LA, Dobrushina OR, Afanasyev MA, Volik AV, Gnedovskaya EV, Arina GA, Aristova VV, Kazantseva DA. Biofeedback neurotraining in the correction of emotional changes in early cerebral small vessel disease. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2024;16(6):28–35. DOI: 10.14412/2074-2711-2024-6-28-35

Церебральная микроангиопатия (ЦМА), ассоциированная с возрастом и сосудистыми факторами риска, имеет высокую распространенность и вносит весомый вклад в инвалидизацию, смертность и снижение качества жизни населения [1, 2].

Изучение и коррекция ранних проявлений ЦМА является крайне актуальной задачей ангионеврологии. Еще в середине XX в., задолго до внедрения нейровизуализации в клиническую практику, отечественными неврологами было предложено выделение ранних стадий цереброваскулярной патологии, которые были обозначены как «начальные проявления недостаточности кровоснабжения мозга» (НПНКМ). Согласно «Классификации сосудистых поражений головного и спинного мозга» (1971), к НПНКМ относили синдром, включающий признаки основного сосудистого заболевания и частые (не реже одного раза в неделю на протяжении последних 3 мес) жалобы на головную боль, головокружение, шум в голове, нарушение памяти и снижение работоспособности [3]. Авторы отмечали, что в клинической картине таких пациентов часто наблюдались раздражительность, слезливость, немотивированное чувство страха, тревоги. Был сделан вывод, что именно эти нарушения способствуют развитию гемодинамических сдвигов, приводящих к формированию сосудистой патологии мозга [4, 5].

В настоящее время изучение ранних проявлений ЦМА основывается на уточнении сосудистых факторов риска, ведущим среди которых является нетяжелая артериальная гипертензия (АГ), клинических и субклинических изменений при наличии невыраженных (начальных) МРТ-признаков ЦМА [6–8]. Изучение ранних проявлений ЦМА с позиций клинико-нейровизуализационных сопоставлений позволило нам сформулировать предварительные **критерии** ранней возраст-зависимой ЦМА:

1) **клинические** – субъективные или умеренные когнитивные нарушения (КН); субклиническая или клинически выраженная тревога и депрессия; отсутствие лакунарных синдромов, нарушений ходьбы и функции тазовых органов;

2) **нейровизуализационные** – очаговая или частично сливная гиперинтенсивность белого вещества (ГИБВ); бессимптомные единичные лакуны; расширенные периваскулярные пространства; отсутствие микрокровоизлияний и атрофии.

Психоэмоциональные изменения являются одними из первых маркеров ранней ЦМА [6, 9, 10]. В развитии данных проявлений при ранней ЦМА основная роль отводится как макроструктурным изменениям (ГИБВ, асимптомные лакуны), так и микроструктурным, выявляемым при диф-

фузионной МРТ и приводящим к повреждению структурных и функциональных связей головного мозга, а также иммунной дисрегуляции с дефицитом нейромедиаторов, повреждению гиппокампа и т. д. Так, ранее было установлено, что у пациентов с АГ 1–2-й степени имеющиеся субклиническая депрессия и тревога связана с определяемыми на МРТ микроструктурными изменениями, оцениваемыми по измеряемому коэффициенту диффузии в гиппокампе, таламусе и глубоких отделах головного мозга [6]. Учитывая высокий вклад хронического асептического воспаления в развитие ранней ЦМА и эндотелиального повреждения [11], одним из рассматриваемых механизмов развития психоэмоциональных отклонений является относительный антагонизм провоспалительных цитокинов и моноаминовых нейромедиаторов со снижением уровней серотонина и триптофана, катаболиты которого способствуют повреждению гиппокампа [12]. В работе Л.А. Добрыниной и соавт. [6] было показано, что характерные для раннего сосудистого процесса психоэмоциональные нарушения могут опосредоваться стресс-индуцированным нейровоспалением, значение которого доказано для клинической депрессии [13].

С другой стороны, в последние десятилетия активно изучается роль психосоциальных факторов в развитии сердечно-сосудистых заболеваний [14]. Доказано, что именно эмоциональная регуляция опосредует связь между хроническим стрессом и сердечно-сосудистым риском [15]. Известно, что алекситимичные индивидуумы, характеризующиеся трудностями осознания и регуляции эмоций, имеют более высокий риск сосудистых заболеваний и депрессии [16]. Н.Н. Петровой и Л.Л. Леонидовой [17] показано, что пациенты с хронической недостаточностью мозгового кровообращения склонны к алекситимии и ее уровень связан с выраженностью депрессии.

Связь психоэмоциональных факторов с повреждением мозга при ранней ЦМА была подтверждена в ходе пилотного исследования О.Р. Добрушиной и соавт. [18]. Исследование установило, что более высокая способность к пониманию и анализу эмоций связана с меньшим риском микроструктурного повреждения белого вещества [18]. Результаты исследования имеют высокую практическую значимость, поскольку описание психосоматических сосудистых факторов риска открывает новые возможности для профилактики ЦМА с использованием психологических или психофизиологических тренингов [19]. Учитывая роль психосоциальных и стрессовых факторов в развитии ЦМА, оправданно использовать виды терапии, направленные на снижение тревожно-депрессивных симптомов и воспри-

ятие стресса, для предупреждения развития и прогрессирования заболевания. Данные взаимоотношения обосновывают поиск методов профилактики и лечения ранней ЦМА с позиций воздействия на психоэмоциональные реакции и в целом на эмоциональный интеллект.

Установленная при ранней ЦМА связь психоэмоциональных изменений с факторами стресс-индукции и структурно-функциональной перестройкой мозга обосновывает возможность использования методов функциональной нейрорекоррекции. В единичных работах была показана эффективность использования БОС-нейротренинга при эмоциональных нарушениях, в том числе у людей старшего возраста [20, 21]. Исследований по оценке и сопоставлению эффективности БОС-нейротренинга по альфа-волнам и инфранизким частотам в коррекции психоэмоциональных изменений у пациентов с ЦМА, верифицированной по диагностическим МРТ-признакам, ранее не проводилось.

Цель исследования – оценить и сопоставить эффективность БОС по инфранизким частотам и альфа-волнам в коррекции эмоциональных изменений у больных ранней ЦМА.

Материал и методы. В исследование было включено две группы: основная – пациенты с ранней ЦМА и контрольная – здоровые добровольцы.

Критерии включения в основную группу:

- 1) возраст 40–60 лет;
- 2) МРТ-изменения, соответствующие ранней ЦМА: T2/FLAIR – ГИБВ стадии Fazekas 1 или 2, асимптомные единичные лакуны, расширенные периваскулярные пространства, отсутствие микрокровоизлияний и атрофии;
- 3) субъективные или умеренные КН;
- 4) субклиническая или клинически выраженная тревога и депрессия;
- 5) отсутствие лечения психотропными препаратами в течение как минимум 3 мес;
- 6) подписанное информированное согласие на проведение исследования и обработку персональных данных.

Критерии невключения:

- 1) МРТ-изменения, отличные от критериев включения;
- 2) амнестический тип КН; деменция;
- 3) АГ 3-й степени и вторичная АГ;
- 4) перенесенные нарушения мозгового кровообращения, в том числе преходящие;
- 5) тяжелая депрессия, другие психические заболевания;
- 6) эпилепсия;
- 7) декомпенсированная и тяжелая соматическая и эндокринная патология;
- 8) острое инфекционное заболевание.

Основную группу составил 71 пациент (женщин – 85%; средний возраст – 52,8±6,3 года) с ранней ЦМА. Исследование было построено по типу двойного слепого с плацебо-контролем. Рандомизация осуществлялась методом слепых конвертов. Из пациентов основной группы было сформировано три подгруппы БОС-нейротренинга: по инфранизким частотам (n=25), альфа-волнам (n=22), имитации БОС по показателям электроэнцефалографии (плацебо; n=24). Курс БОС-нейротренинга включал 15 за-

ятий по 30 мин с частотой от 2 до 5 раз в неделю. Контрольную группу составил 21 здоровый доброволец (женщин – 71%; средний возраст – 53,2±4,8 года) без клинических и МРТ-признаков сосудистой и дегенеративной патологии головного мозга.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБУ «Научный центр неврологии» (протокол № 1-3/20 от 12.02.2020). Все испытуемые подписали форму информированного согласия на участие в исследовании.

Протокол обследования для всех участников включал оценку классических сосудистых факторов риска, общеклинических и неврологических проявлений, психоэмоционального профиля, проведение МРТ головного мозга. Психоэмоциональное тестирование выполнялись до курса БОС-нейротренинга, сразу после его окончания и через 6–8 нед.

Психоэмоциональный профиль оценивался по тестам, прошедшим валидацию у пациентов терапевтического профиля (табл. 1).

Нейротренинги проводились в индивидуальном кабинете с отсутствием отвлекающих стимулов, в удобном кресле перед экраном телевизора. БОС-нейротренинг по инфранизким частотам и в группе плацебо проводили на аппарате NEUROAMP II, интегрированном с программным комплексом Cygnet (BEE Medic GmbH, Швейцария). Для проведения процедуры два электроэнцефалографических электрода накладывали в правой височной и теменной областях (монтаж электродов T4–P4) и фиксировали с по-

Таблица 1. *Оценка психоэмоционального профиля: используемые тесты и их нормативные значения*

Table 1. *Assessment of psycho-emotional profile: tests used and their normal values*

Тест	Нормативные показатели
Опросник Спилбергера–Ханина (личностная тревожность, ситуативная тревожность)	Уровень тревожности: низкий – менее 30 баллов средний – от 31 до 45 баллов высокий – более 46 баллов
Шкала депрессии Бека	Отсутствие депрессии – 0–9 баллов Легкая депрессия (субдепрессия) – 10–15 баллов Умеренная депрессия – 16–19 баллов Выраженная депрессия – 20–29 баллов Тяжелая депрессия – 30–63 балла
Опросник соматизированных расстройств (SOMS2)	Соматоформное расстройство диагностируется при значениях: >20 баллов для мужчин >25 баллов для женщин
Торонтская шкала алекситимии (Toronto Alexithymia Scale, TAS-20)	Уровень алекситимии: низкий – 20–39 баллов средний – 40–63 балла высокий – 64–100 баллов
Краткий опросник тревоги о здоровье (Short Health Anxiety Inventory, SHAI)	Среднее значение у здоровых лиц – 12–15 баллов Ипохондрическое расстройство – более 20 баллов

мощью электроэнцефалографической пасты Ten 20. Пассивный электрод накладывали на лоб. Пациент сидел перед монитором с различными визуальными образами (движение ракеты в трубе, прогулка по осеннему лесу, старинному замку и т. д.), скорость движения и яркость изображения регулировались в реальном времени формой волны электроэнцефалографического сигнала, ограниченного полосой инфранизких частот. БОС-нейротренинг по альфа-волнам проводился на аппарате «Колибри-Кинезис» («Нейротех», Россия). Для проведения процедуры электроэнцефалографический электрод накладывали на правую затылочную область (монтаж электродов О2). Под электроды вводилось две-три капли электродного геля «Унимакс» («Гельтек», Россия). Частотный диапазон составлял 9–12 Гц (с индивидуальной коррекцией в зависимости от доминирующей частоты альфа-ритма).

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения IBM SPSS 23.0 (IBM SPSS Statistics, версия 23.0; IBM Corp., США). Основными параметрами описательной статистики для категориальных и порядковых переменных были частота и процентная доля, для количественных переменных – среднее и стандартное отклонение или медиана и квартили. Качественные показатели по уровням группирующихся переменных сравнивали при помощи критерия χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера. Количественные несвязанные показатели сравнивали при помощи критерия Манна–Уитни или Краскела–Уоллиса, апостериорные попарные сравнения проводили с помощью критерия Манна–Уитни с последующим введением поправки Бонферрони на множественность сравнений. Для сравнения связанных выборок по количественно-

му признаку использовали критерий Вилкоксона или Фридмана. Во всех случаях использовались двусторонние статистические критерии. Нулевая гипотеза отвергалась при $p < 0,05$. В отношении показателей с установленными значимыми различиями, с учетом поправки на множественные сравнения, проводились межгрупповые сопоставления ($p < 0,017$).

Результаты. Характеристики основной и контрольной групп представлены в табл. 2. Пациенты с ранней ЦМА не отличались от участников контрольной группы по возрасту, полу, наличию сосудистых факторов риска, выраженности соматических жалоб (SOMS2) и тревоги о здоровье (SHAI). Результаты в обоих случаях не выходили за пределы нормальных значений. У пациентов основной группы были выявлены более высокие показатели тревожности (средний уровень ситуативной и высокий уровень личностной тревожности), легкая выраженность симптомов депрессии, средний уровень алекситимии. Межгрупповое сравнение пациентов трех подгрупп нейротренинга показало отсутствие значимых различий по возрасту, полу, факторам риска и психоэмоциональному статусу.

Сравнение результатов тестов в динамике показало значимое улучшение ряда показателей по сравнению с фоновым уровнем. Тест Спилбергера–Ханина на ситуативную тревожность показал значимое улучшение в группе нейротренинга по альфа-волнам в отсроченном периоде. Тест Спилбергера–Ханина на личностную тревожность установил значимое улучшение в группах БОС по инфранизким частотам и альфа-волнам после нейротренинга, с сохранением показателей в течение 1,5 мес с момента окончания курса (рис. 1).

Выраженность симптомов депрессии значимо снизилась после БОС-терапии по инфранизким частотам с сохранением эффекта через 1,5 мес после курса (рис. 2).

Достоверной динамики по уровню алекситимии не было выявлено ни в одной из исследуемых групп (рис. 3).

Показатель выраженности соматических жалоб значимо снизился в группе тренинга по инфранизким частотам после курса БОС с сохранением результата через 1,5 мес. В группе тренинга по альфа-волнам данный показатель значимо снизился только в отсроченном периоде (рис. 4).

Снижение выраженности тревоги о здоровье регистрировалось в группах БОС-тренинга по инфранизким частотам и альфа-волнам как после окончания курса, так и в отсроченном периоде (рис. 5).

Обсуждение. В настоящем исследовании проводились оценка и сопоставление эффективности использования БОС-нейротренинга по инфранизким частотам и альфа-волнам для коррекции эмоциональных изменений при ранней ЦМА. По результатам предваряющего нейротренинг тести-

Таблица 2. *Характеристики пациентов с ранней ЦМА и лиц контрольной группы*

Table 2. *Characteristics of patients with early CSVD and controls*

Показатель	ЦМА (n=71)	Контроль (n=21)	p
Возраст, M±SD	52,8±6,3	53,2±4,8	1,0
Пол (число женщин), n (%)	60 (85)	15 (71)	0,2
АГ 1–2-й степени, n (%)	43 (61)	10 (48)	0,3
Сахарный диабет, n (%)	3 (4)	0	1,0
Патология щитовидной железы (эутиреоз), n (%)	7 (10)	0	0,3
Курение, n (%)	18 (25)	5 (24)	1,0
Ожирение (ИМТ >30 кг/м ²), n (%)	16 (23)	4 (19)	1,0
MPT-изменения: ГИБВ стадии Fazekas 1–2, n (%)	71 (100)	0	0,0001
Тест Спилбергера–Ханина, баллы, M±SD:			
ситуативная тревожность	38,1±10,6	26,4±3	<0,001
личностная тревожность	49,8±9,3	31,8±3,1	<0,001
Шкала депрессии Бека, баллы, M±SD	10±7,0	6,0±3,4	0,02
TAS20, баллы, M±SD	49,4±11,6	38,5±9,8	<0,001
SOMS2, баллы, M±SD	13,1±6,2	14,1±2,6	0,3
SHAI, баллы, M±SD	13,8±6,7	10,9±4,4	0,1

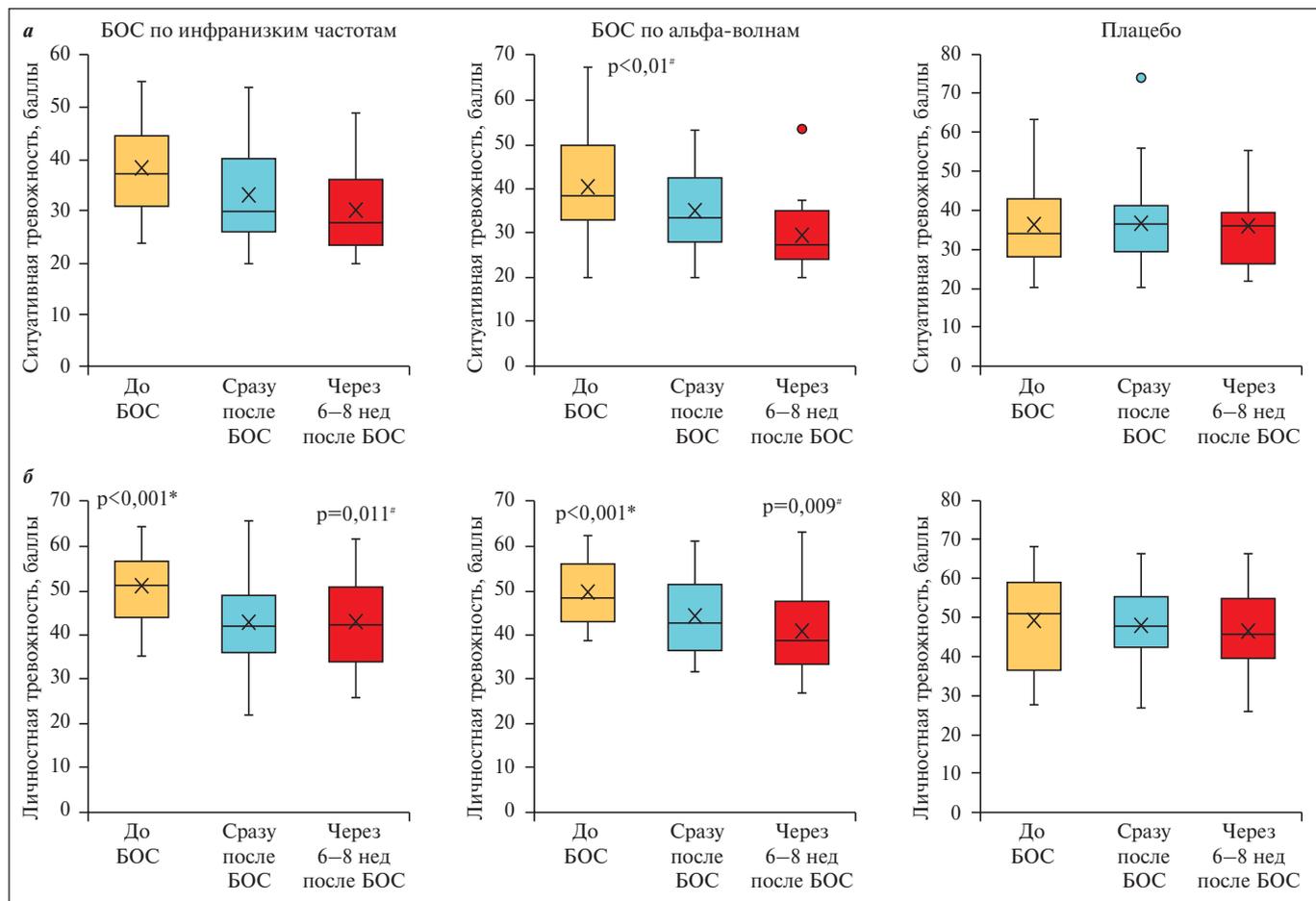


Рис. 1. Результаты теста Spielberger–Ханина:

ситуативная (а) и личностная (б) тревожность до курса нейротренинга, сразу после него и через 6–8 нед.

* – статистически значимые различия до и сразу после БОС;

– статистически значимые различия до и через 6–8 нед после БОС (здесь и на рис. 2–5)

Fig. 1. Results of the Spielberger-Khanin test,

situational (a) and personal anxiety (b) before the course of neurotraining, immediately after it and after 6–8 weeks.

* – statistically significant differences before and immediately after BF;

– statistically significant differences before and 6–8 weeks after BF (here and in Fig. 2–5)

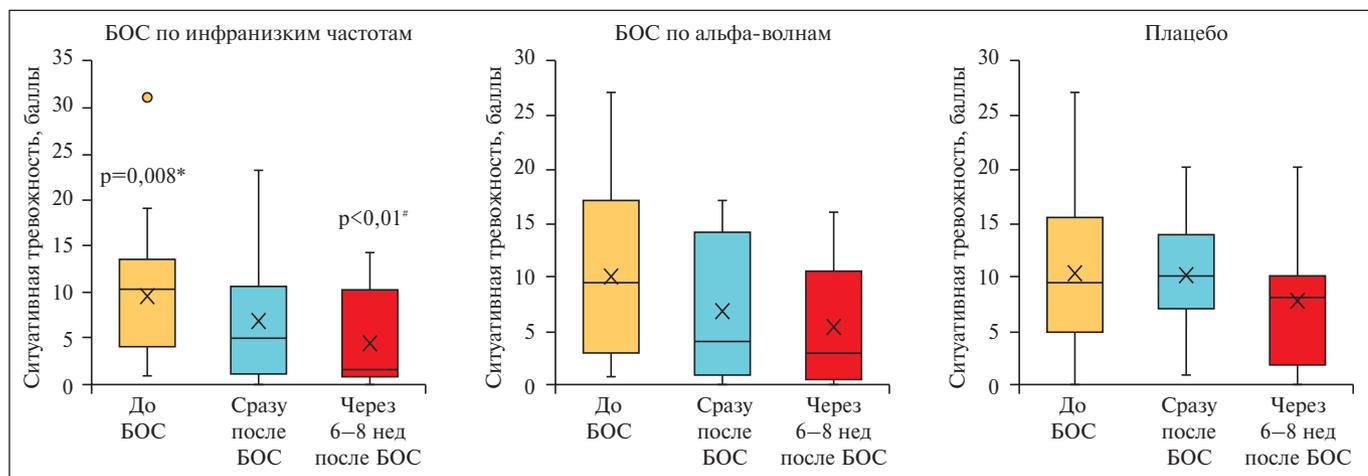


Рис. 2. Результаты оценки по Шкале депрессии Бека до курса нейротренинга, сразу после него и через 6–8 нед

Fig. 2. Results of assessment on the Beck Depression Inventory before the course of neurotraining, immediately after it and after 6–8 weeks

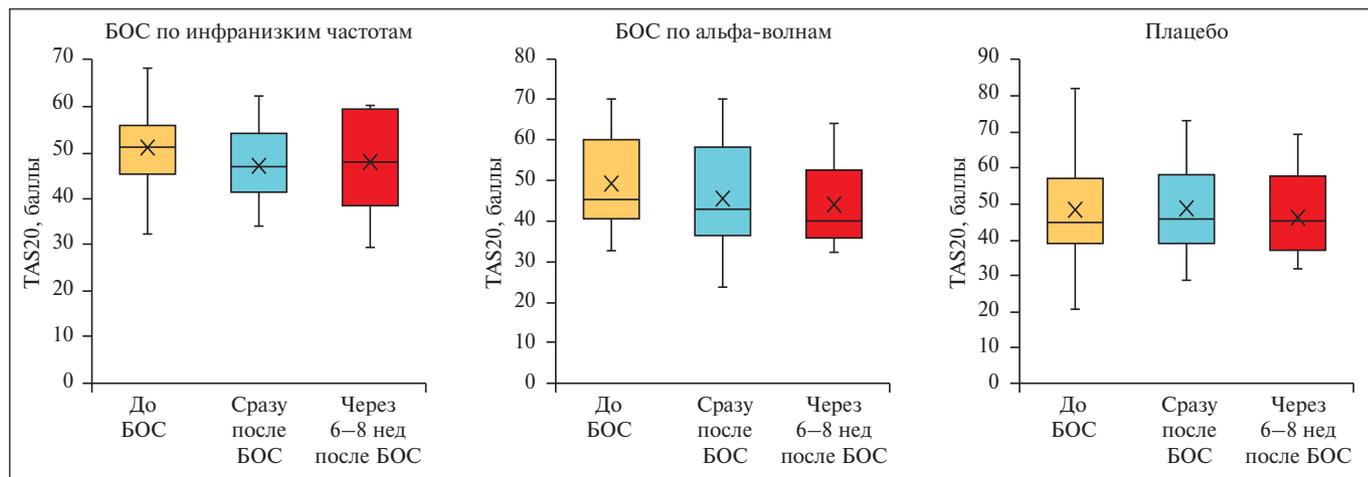


Рис. 3. Результаты оценки по Торонтской шкале алекситимии (TAS20) до курса нейротренинга, сразу после него и через 6–8 нед
Fig. 3. Results on the Toronto Alexithymia Scale (TAS20) before the course of neurotraining, immediately after it and after 6–8 weeks

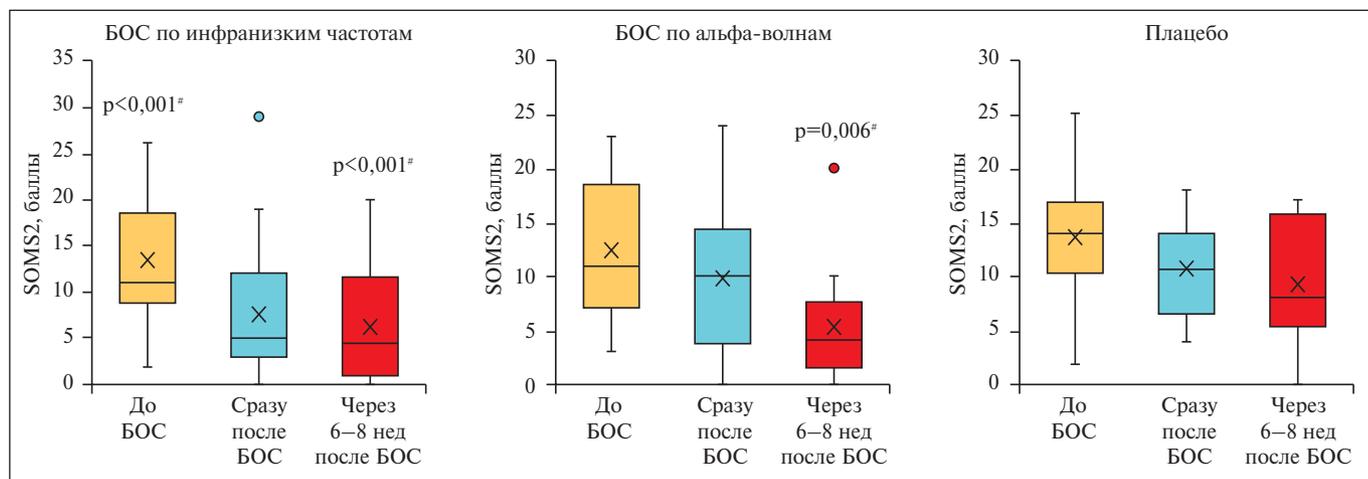


Рис. 4. Результаты оценки по Опроснику соматизированных расстройств (SOMS2) до курса нейротренинга, сразу после него и через 6–8 нед

Fig. 4. Results on the Somatization Disorders Questionnaire (SOMS2) before the course of neurotraining, immediately after it and after 6–8 weeks

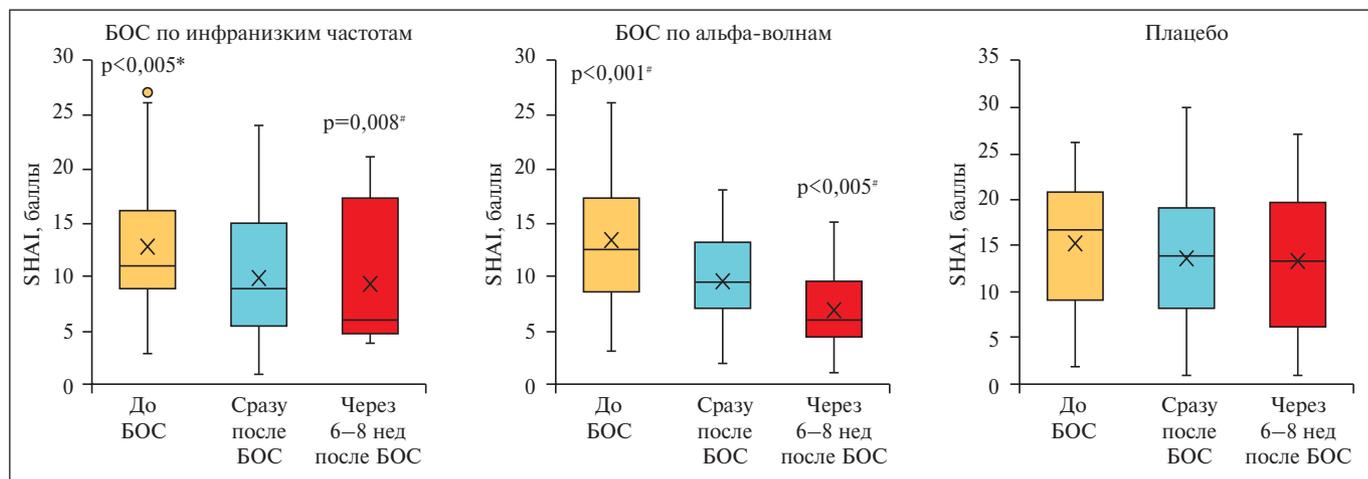


Рис. 5. Результаты оценки по шкале Краткого опросника тревоги о здоровье (SHAI) до курса нейротренинга, сразу после него и через 6–8 нед

Fig. 5. Results of assessment on the Short Health Anxiety Scale (SHAI) before the course of neurotraining, immediately after it and after 6–8 weeks

рования, для пациентов данной группы были характерны среднего уровня ситуативная и высокого уровня личностная тревожность, легкой выраженности симптомы депрессии и среднего уровня алекситимии.

По влиянию на психоэмоциональные показатели БОС-нейротренинга по инфранизким частотам и альфа-волнам были сопоставимы по эффективности в отношении снижения личностной тревожности, которая была изначально повышена в группе пациентов с ранней ЦМА. Тренинг по альфа-волнам дополнительно показал влияние на снижение ситуативной тревожности в отсроченном периоде. Проведенное исследование установило эффективность тренинга по инфранизким частотам в снижении выраженности симптомов депрессии, тогда как альфа-тренинг не оказал значимого влияния. Результаты проведенного нами исследования по эффективности БОС-нейротренинга по альфа-волнам при ЦМА мы сопоставили с данными, полученными А.М. Гендуговой [22] при проведении альфа-тренинга в группе больных с ранними формами хронической цереброваскулярной патологии, диагностированными по наличию сосудистых факторов риска, но не идентифицированными по ангионейровизуализационным изменениям. В исследовании А.М. Гендуговой проведенный БОС-нейротренинг по альфа-волнам показал снижение выраженности

депрессии, личностной и ситуативной тревожности, показателей алекситимии. В нашей работе подтвердилось влияние альфа-тренинга на тревожность, однако изменения выраженности депрессии и алекситимии в группе с ранней ЦМА не выявлено. Результаты влияния БОС-нейротренинга по инфранизким частотам на психоэмоциональную сферу в группе больных с ранней ЦМА согласуются с рядом работ, где также показано уменьшение депрессии и тревоги при установленном депрессивном посттравматическом стрессовом расстройстве у добровольцев 40–65 лет [20, 23, 24].

Заключение. Полученные в ходе исследования данные доказывают эффективность метода БОС-нейротренинга по инфранизким частотам и альфа-волнам в коррекции эмоциональных изменений у пациентов с ранней ЦМА. Эффективность метода в профилактике прогрессирования заболевания вследствие доказанного воздействия на психоэмоциональные реакции, являющиеся фактором риска ЦМА, нуждается в изучении в ходе дальнейших исследований. Исходя из полученных данных, БОС-нейротренинг по инфранизким частотам может быть предпочтителен для пациентов с ранней ЦМА с наличием тревожно-депрессивных симптомов, а нейротренинг по альфа-волнам – при преобладании тревоги без значимых признаков депрессии.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Парфенов ВА. Дисциркуляторная энцефалопатия и сосудистые когнитивные расстройства. Москва: ИМА-Пресс; 2017. 123 с. Доступно по ссылке: <https://nnp.ima-press.net/nnp/article/viewFile/841/732> [Parfenov VA. Discirculatory encephalopathy and vascular cognitive disorders. Moscow: IMA-Press; 2017. 123 p. Available at: <https://nnp.ima-press.net/nnp/article/viewFile/841/732> (In Russ.)].
2. Gorelick PB, Scuteri A, Black SE, et al; American Heart Association Stroke Council, Council on Epidemiology and Prevention, Council on Cardiovascular Nursing, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia. Vascular contributions to cognitive impairment and dementia: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2011 Sep;42(9):2672–713. doi: 10.1161/STR.0b013e3182299496. Epub 2011 Jul 21.
3. Шмидт ЕВ, Максудов ГА. Классификация сосудистых поражений головного и спинного мозга. *Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1985;(9):1281–8. [Shmidt EV. Classification of vascular lesions of the brain and spinal cord. *Zhurnal nevropatologii i psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova = S.S. Korsakov Journal of Neuropathology and Psychiatry*. 1985;(9):1281–8 (In Russ.)].
4. Гусев ЕИ, Бурд ГС, Нифонтова ЛА и др. Начальные проявления недостаточности кровоснабжения мозга. *Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1983;(1):3–10. [Gusev EI, Burd GS, Nifontova LA, et al. Initial manifestations of insufficient cerebral blood supply. *Zhurnal nevropatologii i psikhiiatrii imeni S.S. Korsakova = S.S. Korsakov Journal of Neuropathology and Psychiatry*. 1983;(1):3–10 (In Russ.)].
5. Манвелов ЛС. Начальные проявления недостаточности кровоснабжения мозга (этиология, патогенез, клиника и диагностика). *Лечащий врач*. 1999;(5). Доступно по ссылке: <https://www.lvrach.ru/1999/05/4527774?ysclid=lx9921k3cg255791079> [Manvelov LS. Initial manifestations of cerebral blood supply insufficiency (etiology, pathogenesis, clinical picture and diagnostics). *Lechashchiy vrach*. 1999;(5). Available at: <https://www.lvrach.ru/1999/05/4527774?ysclid=lx9921k3cg255791079> (In Russ.)].
6. Добрынина ЛА, Гнедовская ЕВ, Сергеева АН и др. Субклинические церебральные проявления и поражение головного мозга при асимптомной впервые диагностированной артериальной гипертензии. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2016;10(3):33–9. Доступно по ссылке: <https://annaly-nevrologii.com/journal/pathID/article/view/53> [Dobrynina LA, Gnedovskaya EV, Sergeeva AN, et al. Subclinical cerebral manifestations and changes of brain associated with newly diagnosed asymptomatic arterial hypertension. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii*. 2016;10(3):33–9. Available at: <https://annaly-nevrologii.com/journal/pathID/article/view/53> (In Russ.)].
7. Seki M, Yoshizawa H, Hosoya M, Kitagawa K. Neuropsychological Profile of Early Cognitive Impairment in Cerebral Small Vessel Disease. *Cerebrovasc Dis*. 2022;51(5):600–7. doi: 10.1159/000522438. Epub 2022 Apr 4.
8. Quinque EM, Arelin K, Dukart J, et al. Identifying the neural correlates of executive functions in early cerebral microangiopathy: a combined VBM and DTI study. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2012 Oct;32(10):1869–78. doi: 10.1038/jcbfm.2012.96. Epub 2012 Jul 11.
9. Межмидинова СК, Захаров ВВ, Вахнина НВ. Тревожно-депрессивные и мотивационные расстройства при артериальной гипертензии. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2021;13(2):40–6. doi: 10.14412/2074-2711-2021-2-40-46 [Mezhmidinova SK, Zakharov VV, Vakhnina NV. Depression, anxiety and motivation in arterial hypertension. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2021;13(2):40–6. doi: 10.14412/2074-2711-2021-2-40-46 (In Russ.)].
10. Brookes RL, Herbert V, Lawrence AJ, et al. Depression in small-vessel disease relates to white matter ultrastructural damage, not disability. *Neurology*. 2014 Oct 14;83(16):1417–23. doi: 10.1212/WNL.0000000000000882. Epub 2014 Sep 17.
11. Pacinella G, Ciaccio AM, Tuttolomondo A. Endothelial Dysfunction and Chronic Inflammation: The Cornerstones of Vascular Alterations in Age-Related Diseases. *Int J Mol Sci*. 2022 Dec 11;23(24):15722. doi: 10.3390/ijms232415722

12. Maes M, Leonard BE, Myint AM, et al. The new '5-HT' hypothesis of depression: cell-mediated immune activation induces indoleamine 2,3-dioxygenase, which leads to lower plasma tryptophan and an increased synthesis of detrimental tryptophan catabolites (TRYCATs), both of which contribute to the onset of depression. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2011 Apr 29;35(3):702-21. doi: 10.1016/j.pnpbp.2010.12.017. Epub 2010 Dec 23.
13. Kim YK, Na KS, Myint AM, Leonard BE. The role of pro-inflammatory cytokines in neuroinflammation, neurogenesis and the neuroendocrine system in major depression. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2016 Jan 4;64:277-84. doi: 10.1016/j.pnpbp.2015.06.008. Epub 2015 Jun 23.
14. Greaney JL, Surachman A, Saunders EFH, et al. Greater Daily Psychosocial Stress Exposure is Associated With Increased Norepinephrine-Induced Vasoconstriction in Young Adults. *J Am Heart Assoc*. 2020 May 5;9(9):e015697. doi: 10.1161/JAHA.119.015697. Epub 2020 Apr 28.
15. Roy B, Riley C, Sinha R. Emotion regulation moderates the association between chronic stress and cardiovascular disease risk in humans: a cross-sectional study. *Stress*. 2018 Nov;21(6):548-55. doi: 10.1080/10253890.2018.1490724. Epub 2018 Aug 7.
16. Casagrande M, Mingarelli A, Guarino A, et al. Alexithymia: A facet of uncontrolled hypertension. *Int J Psychophysiol*. 2019 Dec;146:180-9. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2019.09.006. Epub 2019 Oct 19.
17. Петрова НН, Леонидова ЛЛ. Алекситимия у больных с хронической недостаточностью мозгового кровообращения. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2008;11(3):32-43. Доступно по ссылке: <https://cyberleninka.ru/article/n/aleksitimiyau-bolnyh-s-hronicheskoy-nedostatochnostyu-mozgovogo-krovoobrascheniya?ysclid=lv94q2ucge906599193> [Petrova NN, Leonidova LL. Alexithymia in patients with chronic cerebral circulatory insufficiency. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. 2008;11(3):32-43. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/aleksitimiyau-bolnyh-s-hronicheskoy-nedostatochnostyu-mozgovogo-krovoobrascheniya?ysclid=lv94q2ucge906599193> (In Russ.)].
18. Dobrushina OR, Arina GA, Dobrynina LA, et al. The ability to understand emotions is associated with interoception-related insular activation and white matter integrity during aging. *Psychophysiology*. 2020 May;57(5):e13537. doi: 10.1111/psyp.13537. Epub 2020 Jan 29.
19. Shahbazi S, Heidari M, Sureshjani EH, Rezaei P. Effects of problem-solving skill training on emotional intelligence of nursing students: An experimental study. *J Educ Health Promot*. 2018 Dec 28;7:156. doi: 10.4103/jehp.jehp_50_18
20. Dobrushina OR, Dobrynina LA, Arina GA, et al. Enhancing Brain Connectivity With Infra-Low Frequency Neurofeedback During Aging: A Pilot Study. *Front Hum Neurosci*. 2022 May 30;16:891547. doi: 10.3389/fnhum.2022.891547
21. Fernandez-Alvarez J, Grassi M, Colombo D, et al. Efficacy of bio- and neurofeedback for depression: a meta-analysis. *Psychol Med*. 2022 Jan;52(2):201-16. doi: 10.1017/S0033291721004396. Epub 2021 Nov 15.
22. Гендугова АМ. БОС-тренинг при ранних формах хронической цереброваскулярной патологии: Дисс. ... канд. мед. наук. 14.00.13. Москва; 2008. 117 с. [Gendugova AM. Biofeedback training in early forms of chronic cerebrovascular pathology: Diss. ... Cand. of Medicine. 14.00.13. Moscow; 2008. 117 p. (In Russ.)].
23. Grin-Yatsenko VA, Othmer O, Ponomarev VA, et al. Infra-low frequency neurofeedback in depression: three case studies. *NeuroRegulation*. 2018;5(1):30-42. doi: 10.15540/nr.5.1.30
24. Bekker M, Balt K, Bipath P, et al. The effect of infra-slow fluctuation neurofeedback training on a cohort of insomnia participants. *NeuroRegulation*. 2021;8(3):137-48. doi: 10.15540/nr.8.3.137

Поступила/отрецензирована/принята к печати
Received/Reviewed/Accepted
03.08.2024/29.10.2024/30.10.2024

Заявление о конфликте интересов / Conflict of Interest Statement

Исследование не имело спонсорской поддержки. Конфликт интересов отсутствует. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

The investigation has not been sponsored. There are no conflicts of interest. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Новикова Е.С. <https://orcid.org/0000-0001-5236-7259>
Добрынина Л.А. <https://orcid.org/0000-0001-9929-2725>
Добрушина О.Р. <https://orcid.org/0000-0002-9493-4212>
Афанасьев М.А. <https://orcid.org/0000-0001-5552-3074>
Волик А.В. <https://orcid.org/0000-0003-0590-5530>
Гнедовская Е.В. <https://orcid.org/0000-0001-6026-3388>
Арина Г.А. <https://orcid.org/0000-0003-1321-9354>
Аристов В.В. <https://orcid.org/0000-0003-1145-0739>
Казанцева Д.А. <https://orcid.org/0000-0002-4642-6723>