

DOI 10.33920/med-14-2305-07  
УДК 615.837; 612.821; 616.009

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА БИНАУРАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИМИ СТРЕССОВЫМИ РАССТРОЙСТВАМИ

Р. А. Бодрова<sup>1</sup>, С. А. Федоров<sup>3</sup>, С. Н. Нагорнев<sup>2,3</sup>, В. К. Фролков<sup>3</sup>, В. Е. Илларионов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанская государственная медицинская академия — филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, г. Казань, Россия

<sup>2</sup> ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени акад. Б. В. Петровского», г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Общество с ограниченной ответственностью «АКСМА», г. Москва, Россия

**Резюме.** Проведены комплексные исследования влияния бинауральных воздействий на эффективность лечения пациентов с посттравматическими стрессовыми расстройствами. Установлено, что этот физиотерапевтический фактор способствует снижению активности стресс-иницирующих систем, включая нормализацию вариабельности сердечного ритма, регресс гормональных и биохимических маркеров стресса при улучшении психофизиологических показателей. Выявлено, что биоакустические воздействия на головной мозг обладают антиноцицептивным действием. Доказано, что посттравматические стрессовые расстройства инициируют формирование патологических корреляционных плеяд, которые разрушаются при применении бинауральных воздействий. Разработка более эффективных программ реабилитации больных, страдающих посттравматическим стрессовым расстройством, учитывая сложный механизм формирования этого заболевания, должна опираться на высокоинформативные технологии цифровой медицины и построение многофакторных прогностических информационных моделей с выделением биомаркеров-предикторов.

**Ключевые слова:** посттравматические стрессовые расстройства, бинауральное воздействие, корреляционные плеяды, вариабельность сердечного ритма, стресс-иницирующие системы, цветовой тест Люшера, шкала CAPS.

## EFFICIENCY OF BINAURAL BEATS IN THE REHABILITATION OF PATIENTS WITH POST-TRAUMATIC STRESS DISORDERS

R. A. Bodrova<sup>1</sup>, S. A. Fedorov<sup>3</sup>, S. N. Nagornev<sup>2,3</sup>, V. K. Frolov<sup>3</sup>, V. E. Illarionov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kazan State Medical Academy — branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Kazan, Russia

<sup>2</sup> FSBSI Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow, Russia

<sup>3</sup> AKSMA Limited Liability Company, Moscow, Russia

**Abstract.** Comprehensive studies of the influence of binaural beats on the effectiveness of the treatment of patients with post-traumatic stress disorders have been carried out. It has been established that this physiotherapeutic factor contributes to a decrease in the activity of stress-initiating systems, including the normalization of heart rate variability and the regression of hormonal and biochemical stress markers with an improvement of psychophysiological parameters. It has been revealed that bioacoustic impact on the brain has an antinociceptive effect. It has been proven that post-traumatic stress disorders initiate the formation of pathological correlation pleiades, which are destroyed when binaural beats are applied. The development of more effective rehabilitation programs for patients suffering from post-traumatic stress disorder, taking into account the complex mechanism of the formation of this disease, should be based on highly informative technologies of digital medicine and the construction of multifactorial prognostic information models with the selection of predictor biomarkers.

**Key words:** post-traumatic stress disorder, binaural beats, correlation pleiades, heart rate variability, stress initiating system, Lüscher Color Test, CAPS.

## Введение

Последние десятилетия ознаменовались масштабными вооруженными конфликтами, в том числе затяжными и продолжающимися до настоящего времени (события в Ливии, Сирии, проведение СВО на территории Украины). Все это сопряжено не только с психической травматизацией участников боевых действий, но и с многомиллионными миграционными потоками беженцев, вынужденных менять свой уклад жизни, а также хронической травматизацией мирного населения, проживающего в приграничной зоне. Жизнь в подобных условиях снижает чувство безопасности и защищенности, что в итоге приводит к формированию посттравматического стрессового расстройства [1].

Актуальность посттравматических стрессовых расстройств обусловлена рядом моментов. Прежде всего, это распространенность, которая колеблется от 10 % у свидетелей психотравмирующего события до 95 % у тяжело пострадавших [2]. Обобщенно данные о распространенности среди населения рассматриваются в пределах 1–3 %, среди комбатантов — 15–54 %. По данным популяционных исследований, существенное влияние на распространенность посттравматического стрессового расстройства оказывает характер психотравмы: от 8 % — при несчастных случаях до 40 % — у участников боевых действий [1].

Важным аспектом актуальности выступает коморбидность основных психопатологических проявлений посттравматического стрессового расстройства [1]. Речь идет о созависимых состояниях, когда у одного пациента наблюдаются проявления депрессии с тревожными или тревожно-фобическими, паническими или шизотипическими расстройствами. Проявлением коморбидности является частая соматизация посттравматического стрессового расстройства, которая проявляется болевым синдромом различной локализации, артериальной гипертензией, диспепсическими расстройствами, проявлениями невропатии и др. [3–5].

И наконец, актуальность данной темы определяется психопатологическими последствиями перенесенной травмы, которые угрожают физической целостности человека, поскольку

посттравматическое стрессовое расстройство ассоциируется с более высоким риском самоубийства и суицидальных мыслей [1].

Существующие в настоящее время подходы к проведению реабилитации пациентов с посттравматическими стрессовыми расстройствами базируются на использовании психофармакологических препаратов и психокорректирующих методик [6, 7]. К сожалению, их применение, в том числе комплексное, не всегда оказывается эффективным.

Сложившаяся ситуация стимулирует постоянный поиск новых технологических решений, направленных на коррекцию клинических проявлений посттравматических стрессовых расстройств [8]. Как показали исследования, проведенные в последние годы, повышение эффективности реабилитационных мероприятий в отношении рассматриваемой патологии может быть обеспечено применением нелекарственных технологий, поскольку природные и преформированные физические факторы, обладая выраженным саногенетическим потенциалом, позволяют ускорить восстановление нарушенных функций организма и существенно повысить качество жизни пациента. Среди нелекарственных методов следует отметить эффективность нейростимулирующей терапии в виде электросудорожной, транскраниальной электро- и магнитной стимуляции [9–11].

Определенная перспектива в этом отношении связана с применением биоакустических воздействий, способных формировать эффект бинауральных биений, нейрофизиологический эквивалент которого проецируется в виде доминирующего ритма электрической активности головного мозга [12]. Установлено, что с помощью бинауральных ритмов можно формировать ритмическую активность головного мозга в необходимом направлении и таким образом вызывать у человека соответствующую картину электроэнцефалограммы (т. е. «картину» биоэлектрических колебаний мозга), а вместе с ней и состояние сознания, которому соответствует эта «картина» [13–15]. Бинауральные ритмы с частотой биений, соответствующей частоте альфа-активности, предположительно усиливают выраженность биоэлектрической активности соответствующей

щей частоты в мозге, что отвечает состоянию спокойного бодрствования, а бинауральные биения в бета-диапазоне связываются с повышенной сосредоточенностью и бодрствованием, а также с улучшением памяти [16, 17].

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования явилась оценка эффективности корректирующего влияния курсового применения метода бинауральных воздействий на психофункциональное состояние пациентов с посттравматическими стрессовыми расстройствами.

### Материал и методы исследования

Исследование выполнено на базе ГАУЗ «ГКБ № 7» г. Казани с участием 38 пациентов в возрасте  $35,2 \pm 0,3$  лет с установленным диагнозом «посттравматическое стрессовое расстройство». Все пациенты давали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Критериями включения в исследования являлись клинически подтвержденный диагноз ПТСР [18], возраст старше 18 лет, информированное согласие на участие в исследовании. Критериями исключения из исследования выступали возраст моложе 18 лет, беременность или период лактации; опухолевые заболевания (в том числе в анамнезе), которые могут повлиять на безопасность пациента или препятствовать проведению исследования; непереносимость воздействия физиотерапевтических факторов (бинаурального биения); согласие пациента на участие в исследовании.

Методом простой фиксированной рандомизации все пациенты были разделены на две группы, сопоставимые между собой по оцениваемым клинико-функциональным показателям. Первая группа (контрольная группа, 19 пациентов) получала базовую терапию, которая включала препараты из группы селективных ингибиторов обратного захвата серотонина, а также проведение рациональной и когнитивно-поведенческой психотерапии [18]. Пациенты второй группы (основная группа 19 пациентов) дополнительно получали процедуры бинаурального воздействия с помощью программно-аппаратного резонансно-акустического реабилитационного комплекса АПК Кап КПС-«Экран» (производитель ООО «АКСМА»;

рег. уд. от 06.12.2019 № ФСР 2012/14162) в режиме альфа- и тета-диапазонов. Курс включал 18 процедур, из которых в первые пять дней процедуры бинаурального воздействия проводились 2 раза в день, ежедневно; начиная с 6-го дня очередные процедуры проводились каждый день один раз в день.

Динамика клинико-функционального состояния пациентов базировалась на результатах анализа variability сердечного ритма (BCR) [19], клинических проявлений посттравматических стрессорных расстройств по шкале CAPS [18], психофизиологического тестирования по цветовому тесту Люшера [20], субъективной оценке пациентами своего состояния по тесту САН (самочувствие, активность, настроение) [21], биохимических и гормональных показателях (концентрация в крови глюкозы, малонового диальдегида, кортизола, субстанции P и  $\beta$ -эндорфина).

Оценку состояния пациентов проводили до и после курса терапии. Референсные значения были получены у 20 здоровых добровольцев в возрасте  $36,8 \pm 0,49$  лет.

Для статистической обработки полученных результатов был использован пакет прикладных программ Statistica 12.6. Оценку достоверности различий по выделенным группам проводили с помощью параметрических и непараметрических методов. При применении алгоритма корреляционной адаптометрии были использованы возможности корреляционного анализа.

### Результаты и их обсуждение

Результаты оценки исходного состояния пациентов с ПТСР убедительно свидетельствуют о нарушении баланса между стресс-реализующей и стресс-лимитирующей системами в сторону преобладания первой (табл. 1). Анализ тонуса вегетативной нервной системы, выполненный с помощью BCR, позволил отметить ряд достоверных отклонений, характерных для лиц с данным психическим расстройством. В частности, выявлено снижение тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, что проявилось в уменьшении ряда статистических показателей, указывающих на ригидность сердечного ритма.

Частотные характеристики в виде депрессии общей мощности спектра и соотношения спек-

**Вариабельность сердечного ритма, психофизиологические, гормональные и биохимические маркеры у пациентов с посттравматическими стрессорными расстройствами**

Показатели	Пациенты с ПТСР	Здоровые добровольцы
Вариабельность сердечного ритма		
Показатель вегетативного баланса регуляции сердечного ритма (RMSSD), ед.	54,0 ± 0,72***	41,9 ± 0,88
Вариационный размах (MxDMn), ед.	244 ± 8,15**	295 ± 12,4
Индекс напряжения (ИН), ед.	79,7 ± 1,46***	50,8 ± 2,18
Индекс централизации (IC), ед.	2,25 ± 0,05***	1,76 ± 0,10
Баланс между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (LF/HF)	2,03 ± 0,04***	1,24 ± 0,08
Тест Спилбергера — Ханина		
Реактивная тревожность, баллы	48,1 ± 1,69**	20,5 ± 0,81
Личностная тревожность, баллы	53,6 ± 1,92**	22,4 ± 0,90
Тест CAPS		
Тяжесть симптома, баллы	30,9 ± 0,88**	8,92 ± 0,48
Частота встречаемости, симптома	32,4 ± 1,06**	9,17 ± 0,55
Тест САН		
Самочувствие, баллы	3,87 ± 0,11**	4,92 ± 0,20
Активность, баллы	4,02 ± 0,13*	4,48 ± 0,18
Настроение, баллы	3,50 ± 0,09**	4,77 ± 0,19
Биохимические и гормональные маркеры стресса		
Глюкоза, ммоль/л	5,44 ± 0,16*	4,69 ± 0,27
Малоновый диальдегид, ммоль/л	9,87 ± 0,31**	6,04 ± 0,39
Кортизол, нмоль/л	560 ± 22,3***	218 ± 14,5
Субстанция Р, нг/мл	0,28 ± 0,02***	0,13 ± 0,02
β-эндорфин, пмоль/л	19,6 ± 0,44***	32,0 ± 0,84

Примечание: звездочками обозначения достоверность различия между группами пациентов (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ ).

тров высоко- и низкочастотного компонентов ВСР также свидетельствуют о нарушении вагосимпатического баланса в сторону повышения симпатических влияний в структуре автономной регуляции.

Оценка исходного психофизиологического статуса пациентов характеризовалась сниженными показателями самочувствия, активности, настроения на фоне повышенного уровня тревожности и диагностированным по цветовому тесту Люшера отклонением от аутогенной нормы в сторону стрессового состояния и снижения адаптационных резервов.

Значения шкалы CAPS, профильной шкалы для оценки посттравматического стрессового расстройства, убедительно свидетельствовали о превалировании симптомов заболевания по их выраженности и частоте.

Наличие стрессорных расстройств также подтверждалось и на биохимическом уровне: значительно увеличивалась концентрация в крови малонового диальдегида и глюкозы; одновременно наблюдалось увеличение секреции кортизола (одного из гормонов стресса) и сниженная концентрация β-эндорфина на фоне повышения продукции субстанции Р (одного из маркеров боли).

Курсовое применение бинаурального воздействия в основной группе сопровождалось выраженной динамикой оцениваемых параметров (табл. 2).

Изменения показателей ВСР (статистических и частотных) отчетливо указывали на усиление влияния стресс-лимитирующих механизмов к окончанию курсового лечения.

В пользу данного утверждения свидетельствуют достоверное снижение индексов напряжения и централизации в управлении сердечным ритмом, мощности спектра низкочастотного компонента ВСР, а также уменьшение коэффициента вагосимпатического баланса.

По данным тестов САН, Спилбергера — Ханина и цветового теста Люшера во всех исследуемых группах отмечена положительная динамика в виде достоверного повышения параметров самочувствия, активности, настроения и стабилизации эмоциональной устойчивости, снижения уровня стресса и повышения работоспособности. Однако проявления позитивных сдвигов в основной группе носили достоверно более выраженный характер.

Аналогичные результаты были отмечены в отношении основных клинических проявлений, оцениваемых с помощью шкалы CAPS, что проявилось в достоверном по отношению к контрольной группе снижении выраженности и частоты встречаемости симптомов заболевания. На этом фоне вполне ожидаемым оказалось существенное повышение самооценки своего состояния у пациентов с ПТСР, получавших бинауральные воздействия.

Также следует выделить и благоприятные изменения на гормонально-биохимическом уровне в системах, контролирующих развитие стрессорных реакций. У пациентов основной группы достоверно уменьшалась концентрация малонового диальдегида (одного из представителей оксидативного стресса) и секреция кортизола при некотором снижении уровня глюкозы в крови. Кроме того, отчетливо проявилось влияние бинауральных воздействий на маркеры болевого синдрома: существенно уменьшалось содержание субстанции Р при увеличении концентрации одного из лигандов опиатных рецепторов —  $\beta$ -эндорфина.

Выявлен еще один интересный факт. Если у пациентов с ПТСР резко возрастает теснота взаимосвязей между различными параметрами, о чем свидетельствует увеличение веса корреляционного графа, то после лечения отмечается «разрушение» патологических корреляционных плетей, более всего выраженное в основной группе (рис. 1).

Установленная разница в эффективности коррекции проявлений ПТСР объясняется са-

ногенетическим влиянием бинаурального воздействия, эффект которого имеет нейрофизиологическую природу. Собственно бинауральное биение представляет собой перцептивный феномен (психоакустическую иллюзию пульсации звука), возникающий при подаче каждому уху отдельно двух тонов, слегка отличающихся по своей частоте [22]. В отличие от обычных акустических, или моноуральных, биений, у бинауральных биений отсутствует физический носитель [23]. Эти бинауральные ритмы возникают в подкорковых структурах головного мозга, а именно в медиальном ядре верхнего оливарного комплекса, расположенном на границе продолговатого и среднего мозга и ответственном за синхронизацию полушарий [24]. Механизм, с помощью которого бинауральные биения могут оказывать влияние на состояние мозга, все еще обсуждается. Однако большинство исследователей придерживаются точки зрения, согласно которой бинауральные ритмы (тета- и альфа-диапазона) увеличивают синхронизацию между полушариями как на нервном, так и на поведенческом уровне, и этот эффект связан с «бинауральной интеграцией» [25, 26].

К настоящему времени накоплены убедительные доказательства того, что бинауральные ритмы влияют как на ритмы ЭЭГ, так и на психофизиологическое состояние человека, делая их применение весьма полезным в клинической и исследовательской работе [27, 28].

Применительно к проблеме коррекции ПТСР наиболее важным выступает антистрессорное и противотревожное действие бинауральных ритмов, направленное на устранение страха, проявлений стресса, боли и тревоги. Так, в частности, воздействие бинауральными ритмами 16 Гц способствовало снижению уровня стресса, что проявилось уменьшением в крови стрессорных гормонов и содержанием альфа-амилазы в слюне на фоне улучшения когнитивной эффективности и поведенческих и гемодинамических реакций мозга [29]. О снижении выраженности стресса при бинауральном воздействии говорится в рандомизированном двойном слепом исследовании Lee M. et al. [30]. Было установлено, что в условиях бинаурального ритма достоверно снижаются

Таблица 2

Эффективность применения бинауральных воздействий у пациентов с посттравматическими стрессорными расстройствами

Показатели	Контрольная группа	Основная группа
Вариабельность сердечного ритма		
Показатель вегетативного баланса регуляции сердечного ритма (RMSSD), ед.	53,6 ± 1,03 50,1 ± 0,98*	54,7 ± 1,06 46,9 ± 0,84**
Вариационный размах (MxDMn), ед.	251 ± 14,0 272 ± 15,9	231 ± 13,7 288 ± 16,2*
Индекс напряжения (ИН), ед.	80,5 ± 1,88 68,5 ± 1,63**	78,9 ± 1,74 60,6 ± 1,58**
Индекс централизации (IC), ед.	2,31 ± 0,09 2,22 ± 0,07	2,19 ± 0,08 1,94 ± 0,06*
Баланс между активностью симпатическим и парасимпатическим отделом вегетативной нервной системы (LF/HF)	1,98 ± 0,07 1,65 ± 0,05*	2,08 ± 0,08 1,57 ± 0,04***
Тест Спилбергера — Ханина		
Реактивная тревожность, баллы	47,4 ± 2,13 38,0 ± 1,90**	48,8 ± 2,26 33,7 ± 1,67***
Личностная тревожность, баллы	53,2 ± 2,63 44,7 ± 2,29*	54,0 ± 2,69 39,3 ± 2,02**
Тест CAPS		
Тяжесть симптома, баллы	30,3 ± 1,26 22,9 ± 0,97**	31,5 ± 1,30 18,7 ± 0,76***
Частота встречаемости, симптома	32,8 ± 1,42 25,3 ± 1,11**	32,0 ± 1,06 20,8 ± 1,02***
Тест САН		
Самочувствие, баллы	3,92 ± 0,17 4,19 ± 0,20	3,83 ± 0,16 4,24 ± 0,22
Активность, баллы	4,10 ± 0,19 4,45 ± 0,22	3,95 ± 0,20 4,67 ± 0,23*
Настроение, баллы	3,41 ± 0,11 3,99 ± 0,17*	3,60 ± 0,13 4,16 ± 0,21*
Биохимические и гормональные маркеры стресса		
Глюкоза, ммоль/л	5,52 ± 0,24 5,06 ± 0,19	5,38 ± 0,22 4,80 ± 0,17
Малоновый диальдегид, ммоль/л	9,79 ± 0,42 8,26 ± 0,33*	9,95 ± 0,44 7,93 ± 0,30**
Кортизол, нмоль/л	575 ± 29,7 505 ± 23,9	544 ± 28,4 457 ± 20,2*
Субстанция P, нг/мл	0,24 ± 0,03 0,19 ± 0,02	0,31 ± 0,03 0,18 ± 0,02**
β-эндорфин, пкмоль/л	19,3 ± 0,58 21,4 ± 0,65	19,9 ± 0,60 27,2 ± 0,83***

Примечание: в каждой клетке таблицы верхние значения — до лечения, нижние — после лечения; звездочками обозначена достоверность различия между группами пациентов (\*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001).

восприятие стресса и депрессии и проявление тревоги и бессонницы.

В исследовании Jirakittayakorn N. et al. [31] было установлено, что бинауральный ритм

с частотой 3 Гц в облаке несущих тонов с частотой 250 Гц модулирует нейронную активность, индуцируя дельта-активность во время сна, и увеличивает продолжительность сна

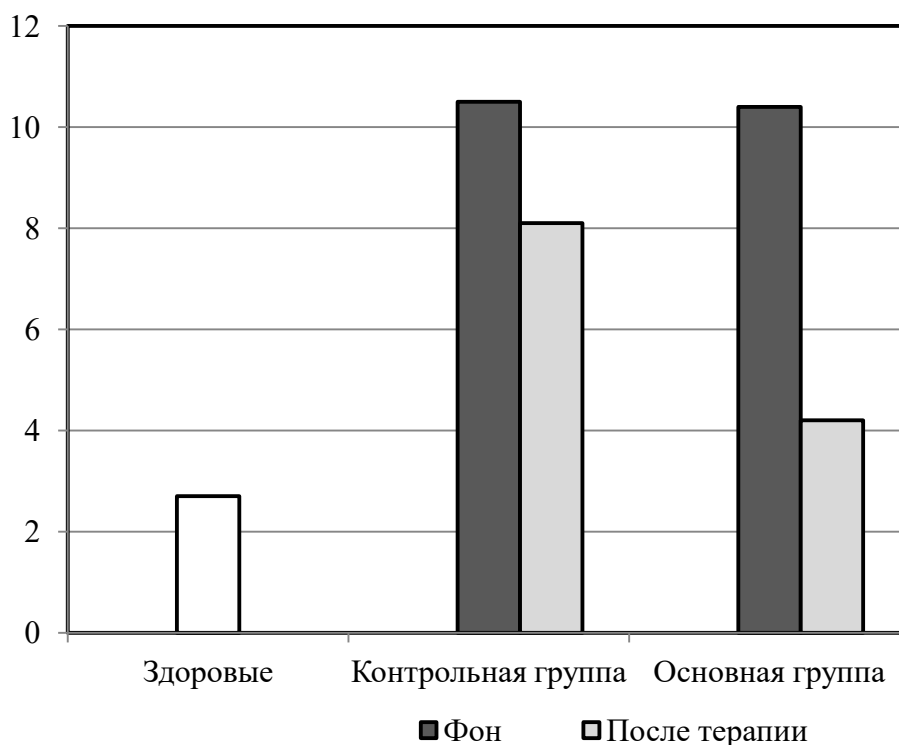


Рис. 1. Изменение веса корреляционного графа в процессе лечения пациентов с посттравматическими стрессорными расстройствами

без нарушения, сокращая его латентность и фрагментацию. Аналогичные результаты были получены Шумовым Д. Е., в которых автор установил, что гипнотические воздействия, отчетливо проявляющееся при бинауральном биении в режиме дельта- и тета-ритма, снижает латентность сна на фоне возрастания его консолидированности [17]. Этот эффект особенно важен, поскольку ведущей клинической характеристикой посттравматического стрессового расстройства служит тяжелая дисрегуляция сна, проявляющаяся в различных нарушениях непрерывности, цикличности и архитектуры сна в целом.

Заслуживает внимания выявленный седативный эффект бинаурального ритма в исследовании Schmid W. et al. [32]. Авторами было показано, что воздействие в форме слуховых бинауральных биений оказывает седативное действие на взрослых. В то же время бинауральное воздействие снижало дозу пропофола, необходимую для седации у детей, перенесших операцию с регионарной анестезией.

Важное практическое значение имеет анальгетический эффект бинауральных ритмов, носящий кумулятивный характер и проявляющийся как в отношении ноцицептивного

типа боли, так и при нейропатических болевых синдромах [33, 34]. Как показали результаты исследования, выполненного Dabu-Bondoc S. et al. [35], установлено, что прослушивание бинаурального ритма до и во время операции приводит к снижению потребления интраоперационных анальгетиков, а также к более низким показателям послеоперационной боли и более ранней выписке из стационара. В исследовании Padmanabhan R. et al. было продемонстрировано, что музыка с бинауральными ритмами обладает более сильным анксиолитическим эффектом не только по сравнению с пустыми наушниками, но и по сравнению с музыкой без бинауральных ритмов [36]. Рядом исследователей установлено, что бинауральные ритмы достоверно снижают уровень беспокойства и восприятия боли [22].

Доказано позитивное влияние бинауральных воздействий на три основных паттерна синдрома дефицита внимания и гиперактивности у детей — невнимательности, гиперактивности и импульсивности — на фоне достоверного улучшения показателей функции внимания [14].

В ряде работ показано положительное влияние бинауральных биений на познаватель-



Рис. 2. Основные эффекты бинауральных воздействий

ные процессы, когнитивную активность и умственную работоспособность. В частности, метаанализ, проведенный Garcia-Argibay M. et al. [22], усиливает доказательства того, что применение бинауральных ритмов является эффективным способом позитивного воздействия на когнитивные способности, реализуемого на фоне снижения уровня тревоги и восприятия боли без предварительной подготовки. Как показали исследования, выполненные Калачевым А. А. [37], использование бинауральной ритмической стимуляции оказывает положительное влияние на уровень работоспособности операторов, что проявляется сокращением времени реакции, снижением выраженности депрессии и уменьшением количества ошибок. Доказано также, что бинауральные воздействия повышают уровень бдительности и контроль внимания [38, 39], фокусировку [40], а также улучшают оперативную и долговременную память [41–44].

Совокупность основных доказанных эффектов бинауральных воздействий представлена на рис. 2.

### Заключение

В целом курсовое использование бинауральных ритмов вызывает снижение активности стресс-инициирующих систем, включая нормализацию вариабельности сердечного ритма и регресс гормональных и биохимиче-

ских маркеров стресса, на фоне улучшения психофизиологических показателей пациентов, что объективно подтверждает эффективность использования бинауральных воздействий при проведении комплексной реабилитации больных посттравматическими стрессовыми расстройствами. Применение метода корреляционных плеяд (корреляционной адаптометрии) позволило установить, что под влиянием бинауральных ритмов происходит снижение степени корреляционных зависимостей, отражающее возросший уровень адаптивных возможностей организма по поддержанию гомеостаза. Выраженная саногенетическая направленность метода бинаурального воздействия в отношении коррекции психофункционального статуса пациентов с посттравматическим стрессовым расстройством сочетается с отсутствием негативных явлений, быстрым достижением положительного эффекта и характеризуется неинвазивностью и технической простотой исполнения. Вместе с тем разработка более эффективных программ реабилитации больных, страдающих посттравматическим стрессовым расстройством, учитывая сложный механизм формирования этого заболевания, должна опираться на высокоинформативные технологии цифровой медицины и построение многофакторных прогностических информационных моделей с выделением



биомаркеров-предикторов, определение которых уже на начальном этапе обследования позволит оптимизировать реабилитационную программу, расширив показания для ее применения как в остром периоде психотравмы, так и на этапе отдаленных последствий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Доровских, И. В. Посттравматическое стрессовое расстройство при боевых травмах: патогенез, клиника и прогноз / И. В. Доровских, А. С. Заковряшин, Т. А. Павлова. Современная терапия психических расстройств. 2022; 3: 25–31.
2. Loignon, A. A Systematic Review and Meta-analysis on PTSD Following TBI Among Military/Veteran and Civilian Populations / A. Loignon, M. C. Ouellet, G. Belleville. J Head Trauma Rehabil. 2020; 35 (1): E21 — E35.
3. Гринь Е. В. Коморбидность аффективных расстройств и болевого синдрома у пациентов с посттравматическим стрессовым расстройством. Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2020; 18 (3): 288–291.
4. Edmondson, D. Post-traumatic stress disorder and cardiovascular disease / D. Edmondson, R. von Känel. Lancet Psychiatry. 2017; 4 (4): 320–329.
5. Hori, H. Inflammation and post-traumatic stress disorder / H. Hori, Y. Kim. Psychiatry Clin Neurosci. 2019; 73 (4): 143–153.
6. Климова, И. Ю. Современные подходы к терапии посттравматического стрессового расстройства (обзор литературы) / И. Ю. Климова, Ю. С. Вольная. Сибирский медицинский вестник. 2023; 7 (2): 35–40.
7. Коненков, И. У. Психотерапевтические методы в лечении посттравматического стрессового расстройства / И. У. Коненков, С. Н. Ионов. Инновационные научные исследования. 2022; 1–2 (15): 19–29.
8. Sbisà, A. M. Potential peripheral biomarkers associated with the emergence and presence of posttraumatic stress disorder symptomatology: A systematic review / A. M. Sbisà, K. Madden, C. Toben [et al.]. Psychoneuroendocrinology. 2023; 147: 105954. doi: 10.1016/j.psyneuen.2022.105954
9. Gouveia, F. V. Neuromodulation Strategies in Post-Traumatic Stress Disorder: From Preclinical Models to Clinical Applications / F. V. Gouveia, D. C. Gidyk, P. Giacobbe [et al.]. Brain Sci. 2019; 9 (2): 45. doi: 10.3390/brainsci9020045
10. Edinoff, A. N. Transcranial Magnetic Stimulation for Post-traumatic Stress Disorder / A. N. Edinoff, T. L. Hegefelf, M. Petersen [et al.]. Front Psychiatry. 2022; 13: 701348. doi: 10.3389/fpsy.2022.701348
11. Petrosino, N. J. Transcranial magnetic stimulation for post-traumatic stress disorder / N. J. Petrosino, C. Cosmo, Y. A. Berlow [et al.]. Ther Adv Psychopharmacol. 2021; 11: 20451253211049921. doi: 10.1177/20451253211049921
12. Ашанина, Е. Н. Теория и практика коррекции дезадаптивных невропсихических состояний с помощью аудиовизуального воздействия и биологически обратной связи / Е. Н. Ашанина, Д. В. Кулаков. СПб.: Политехника-сервис, 2012; 101 с.
13. Асташко, С. Э. Эффективность бинауральной синхронизации работы полушарий головного мозга в процессе психофизиологического сопровождения профессиональной адаптации корабельных специалистов / С. Э. Асташко, В. Н. Сысоев. Современные проблемы морской медицины. 2008; 6: 30–34.
14. Федоров С. А. Применение бинаурального воздействия для коррекции психофизиологических параметров у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. Актуальные вопросы науки и практики и перспективы их решений. Сборник научных трудов по материалам XI Международной научно-практической конференции (г.-к. Анапа, 6 февраля 2023 г.). Анапа: Изд-во «НИЦ ЭСП» в ЮФО, 2023: 46–51.
15. Федоров, С. А. Эффективность применения биоакустических воздействий для коррекции психоэмоционального статуса пациентов, перенесших острый инфаркт миокарда / С. А. Федоров, М. В. Иванов. Материалы X Международной научно-практической конференции «Современная наука: эксперимент и научная дискуссия». Пенза, 2023: 24–32.
16. Уразаева Ф. Х. Применение бинауральной стимуляции для коррекции эмоционально — аффективных нарушений. Фундаментальные исследования. 2006; 1: 110–112.
17. Шумов, Д. Е. Влияние эффекта бинауральных биений на процесс засыпания: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.03.01 / Шумов Дмитрий Ефимович. М., 2020; 21 с.
18. Посттравматическое стрессовое расстройство: клинические рекомендации. М., 2023; 173 с.
19. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования: Электрон. дан.; URL: <https://www.incart.ru/publish/learning-aids/variabelnost-serdechnogo-ritma> (дата обращения: 20.07.2023).
20. Люшер, М. Цветовой тест Люшера / пер. с англ. / М. Люшер. СПб.: ЭКСМО-Пресс, 2002; 192 с.
21. Доскин, В. А. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния / В. А. Доскин, Н. А. Лаврентьева, М. Н. Мирошников [и др.]. Вопр. психол. 1973; 6: 141–145.
22. Garcia-Argibay, M. Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis / M. Garcia-Argibay, M. A. Santed, J. M. Reales. Psychol Res. 2019; 83 (2): 357–372.
23. Шумов, Д. Е. Стационарный слуховой ответ на музыку на основе бинауральных биений во время дневного сна / Д. Е. Шумов, О. Н. Ткаченко, И. А. Яковенко [и др.]. Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2021; 76 (2): 55–60.
24. Dabu-Bondoc, S. Hemispheric synchronized sounds and perioperative analgesic requirements / S. Dabu-Bondoc, N. Vadivelu, J. Benson [et al.]. Anesth Analg. 2010; 110 (1): 208–210.

25. Solcà, M. Binaural beats increase interhemispheric alpha-band coherence between auditory cortices / M. Solcà, A. Mottaz, A.G. Guggisberg. *Hear Res.* 2016; 332: 233–237.
26. Leistikko, N.M. Effects of gamma frequency binaural beats on attention and anxiety / N.M. Leistikko, L. Madanat, W.K. A. Yeung [et al.]. *Curr Psychol.* 2023; 1–8. doi: 10.1007/s12144-023-04681-3
27. Chakalov, I. Mismatch negativity to acoustical illusion of beat: how and where the change detection takes place? / I. Chakalov, E. Paraskevopoulos, A. Wollbrink [et al.]. *Neuroimage.* 2014; 100: 337–346.
28. Lavallee, C.F. A quantitative electroencephalographic study of meditation and binaural beat entrainment / C.F. Lavallee, S.A. Koren, M.A. Persinger. *J Altern Complement Med.* 2011; 17 (4): 351–355.
29. Al-Shargie, F. Stress management using fNIRS and binaural beats stimulation / F. Al-Shargie, R. Katmah, U. Tariq [et al.]. *Biomed Opt Express.* 2022; 13 (6): 3552–3575.
30. Lee, M. Comparison of autonomous sensory meridian response and binaural auditory beats effects on stress reduction: a pilot study / M. Lee, H.J. Lee, J. Ahn [et al.]. *Sci Rep.* 2022; 12 (1): 19521. doi: 10.1038/s41598-022-24120-w
31. Jirakittayakorn, N. A Novel Insight of Effects of a 3-Hz Binaural Beat on Sleep Stages During Sleep / N. Jirakittayakorn, Y. Wong-sawat. *Front Hum Neurosci.* 2018; 12: 387. doi: 10.3389/fnhum.2018.00387
32. Schmid, W. Brainwave entrainment to minimise sedative drug doses in paediatric surgery: a randomised controlled trial / W. Schmid, P. Marhofer, P. Opfermann [et al.]. *Br J Anaesth.* 2020; 125 (3): 330–335.
33. Halpin, S.J. A feasibility study of pre-sleep audio and visual alpha brain entrainment for people with chronic pain and sleep disturbance / S.J. Halpin, A.J. Casson, N.K. Y. Tang [et al.]. *Front Pain Res (Lausanne).* 2023; 4: 1096084. doi: 10.3389/fpain.2023.1096084
34. Zampi, D.D. Efficacy of Theta Binaural Beats for the Treatment of Chronic Pain / D.D. Zampi. *Altern Ther Health Med.* 2016; 22 (1): 32–38.
35. Dabu-Bondoc, S. Hemispheric synchronized sounds and perioperative analgesic requirements / S. Dabu-Bondoc, N. Vadivelu, J. Benson [et al.]. *Anesth Analg.* 2010; 110 (1): 208–210.
36. Padmanabhan, R. A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery / R. Padmanabhan, A.J. Hildreth, D. Laws. *Anaesthesia.* 2005; 60 (9): 874–877.
37. Калачев, А.А. Физиологическое обоснование использования бинаурального резонансного воздействия на центральную нервную систему для повышения работоспособности человека-оператора: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.03.01 / Калачев Алексей Алексеевич. Волгоград, 2011; 20 с.
38. Lane, J.D. Binaural auditory beats affect vigilance performance and mood / J.D. Lane, S.J. Kasian, J.E. Owens [et al.]. *Physiol Behav.* 1998; 63 (2): 249–252.
39. Reedijk, S.A. Eliminating the Attentional Blink through Binaural Beats: A Case for Tailored Cognitive Enhancement / S.A. Reedijk, A. Bolders, L.S. Colzato [et al.]. *Front Psychiatry.* 2015; 6: 82. doi: 10.3389/fpsy.2015.00082
40. Colzato, L.S. More attentional focusing through binaural beats: evidence from the global-local task / L.S. Colzato, H. Barone, R. Sellaro [et al.]. *Psychol Res.* 2017; 81 (1): 271–277.
41. Beauchene, C. The effect of binaural beats on verbal working memory and cortical connectivity / C. Beauchene, N. Abaid, R. Moran [et al.]. *J Neural Eng.* 2017; 14 (2): 026014. doi: 10.1088/1741-2552/aa5d67
42. Garcia-Argibay, M. Binaural auditory beats affect long-term memory / M. Garcia-Argibay, M.A. Santed, J.M. Reales. *Psychol Res.* 2019; 83 (6): 1124–1136.
43. Medical rehabilitation: Textbook / A.V. Epifanov, V.A. Epifanov, E.S. Galsanova [et al.]. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022; 664 p. ISBN 978-5-9704-6688-9. doi: 10.33029/9704-6688-9-MRE-2022-1-664. — EDN QGFBAN.
44. Epifanov, V.A. Physical therapy: tutorial guide / V.A. Epifanov, A.V. Epifanov, N.B. Korchazhkina. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020; 576 p. ISBN 978-5-9704-5614-9. EDN WZZWAE.

## REFERENCES

1. Dorovskikh, I.V. Posttraumaticheskoe stressovoe rasstroistvo pri boevykh travmakh: patogenez, klinika i prognoz [Post-traumatic stress disorder in combat injuries: pathogenesis, clinic and prognosis] / I.V. Dorovskikh, A.S. Zakovriashin, T.A. Pavlova. *Sovremennaya terapiya psikhicheskikh rasstroistv [Modern Therapy of Mental Disorders].* 2022; 3: 25–31. (In Russ.)
2. Loignon, A. A Systematic Review and Meta-analysis on PTSD Following TBI Among Military/Veteran and Civilian Populations / A. Loignon, M.C. Ouellet, G. Belleville. *J Head Trauma Rehabil.* 2020; 35 (1): E21 — E35.
3. Grin, E.V. Komorbidnost' affektivnykh rasstroistv i bolevoogo sindroma u patsientov s posttraumaticheskim stressovym rasstroistvom [Comorbidity of affective disorders and pain syndrome in patients with post-traumatic stress disorder] / E.V. Grin. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta [Journal of the Grodno State Medical University].* 2020; 18 (3): 288–291. (In Russ.)
4. Edmondson, D. Post-traumatic stress disorder and cardiovascular disease / D. Edmondson, R. von Känel. *Lancet Psychiatry.* 2017; 4 (4): 320–329.
5. Hori, H. Inflammation and post-traumatic stress disorder / H. Hori, Y. Kim. *Psychiatry Clin Neurosci.* 2019; 73 (4): 143–153.
6. Klimova, I.Iu. Sovremennye podkhody k terapii posttraumaticheskogo stressovogo rasstroistva (obzor literatury) [Modern approaches to the treatment of post-traumatic stress disorder (literature review)] / I.Iu. Klimova, Iu.S. Volnaia. *Sibirskii meditsinskii vestnik [Siberian Medical Bulletin].* 2023; 7 (2): 35–40. (In Russ.)

7. *Konenkov, I. U.* Psikhoterapevticheskie metody v lechenii posttraumaticheskogo stressovogo rasstroistva [Psychotherapeutic methods in the treatment of post-traumatic stress disorder] / I. U. Konenkov, S. N. Ionov. *Innovatsionnye nauchnye issledovaniia* [Innovative Scientific Research]. 2022; 1–2 (15): 19–29. (In Russ.)
8. *Sbisa, A. M.* Potential peripheral biomarkers associated with the emergence and presence of posttraumatic stress disorder symptomatology: A systematic review / A. M. Sbisa, K. Madden, C. Toben [et al.]. *Psychoneuroendocrinology*. 2023; 147: 105954. doi: 10.1016/j.psyneuen.2022.105954
9. *Gouveia, F. V.* Neuromodulation Strategies in Post-Traumatic Stress Disorder: From Preclinical Models to Clinical Applications / F. V. Gouveia, D. C. Gidyk, P. Giacobbe [et al.]. *BrainSci*. 2019; 9 (2):45. doi: 10.3390/brainsci9020045
10. *Edinoff, A. N.* Transcranial Magnetic Stimulation for Post-traumatic Stress Disorder / A. N. Edinoff, T. L. Hegefelf, M. Petersen [et al.]. *Front Psychiatry*. 2022; 13: 701348. doi: 10.3389/fpsy.2022.701348
11. *Petrosino, N. J.* Transcranial magnetic stimulation for post-traumatic stress disorder / N. J. Petrosino, C. Cosmo, Y. A. Berlow [et al.]. *TherAdv Psychopharmacol*. 2021; 11: 20451253211049921. doi: 10.1177/20451253211049921
12. *Ashanina, E. N.* Teoriia i praktika korrektsii dezadaptivnykh nervnopsikhicheskikh sostoianii s pomoshchiu audiovizualnogo vozdeistviia i biologicheskii obratnoi sviazi [Theory and practice of correction of maladaptive neuropsychiatric conditions with the help of audiovisual influence and biofeedback] / E. N. Ashanina, D. V. Kulakov. St. Petersburg: Politekhnik-service, 2012; 101 p. (In Russ.)
13. *Astashko, S. E.* Effektivnost binauralnoi sinkhronizatsii raboty polusharii golovnogo mozga v protsesse psikhofiziologicheskogo soprovozhdeniia professionalnoi adaptatsii korabelnykh spetsialistov [The effectiveness of binaural synchronization of the work of the cerebral hemispheres in the process of psychophysiological support of professional adaptation of ship specialists] / S. E. Astashko, V. N. Sysoev. *Sovremennye problemy morskoi meditsiny* [Modern Problems of Marine Medicine]. 2008; 6: 30–34. (In Russ.)
14. *Fedorov, S. A.* Primenenie binauralnogo vozdeistviia dlia korrektsii psikhofiziologicheskikh parametrov u detei s sindromom defitsita vnimaniia i giperaktivnosti [The use of binaural exposure for the correction of psychophysiological parameters in children with attention deficit hyperactivity disorder] / S. A. Fedorov. *Aktualnye voprosy nauki i praktiki i perspektivy ikh reshenii* [Topical Issues of Science and Practice and Prospects for Their Solutions]. Collection of scientific papers based on the materials of the XI International Scientific and Practical Conference (Anapa, February 06, 2023). Anapa: Publishing House «NIC ESP» in the Southern Federal District, 2023: 46–51. (In Russ.)
15. *Fedorov, S. A.* Effektivnost primeneniia bioakusticheskikh vozdeistvii dlia korrektsii psikhoemotsionalnogo statusa patsientov, perenesshikh ostryi infarkt miokarda [The effectiveness of the use of bioacoustic effects for the correction of the psychoemotional status of patients with acute myocardial infarction] / S. A. Fedorov, M. V. Ivanov. *Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference «Modern Science: Experiment and Scientific Discussion»*. Penza, 2023: 24–32. (In Russ.)
16. *Urazaeva, F. Kh.* Primenenie binauralnoi stimulatsii dlia korrektsii emotsionalno — affektivnykh narushenii [The use of binaural stimulation for the correction of emotional-affective disorders] / F. Kh. Urazaeva. *Fundamentalnye issledovaniia* [Fundamental Research]. 2006; 1: 110–112. (In Russ.)
17. *Shumov, D. E.* Vliianie efekta binauralnykh bienii na protsess zasypaniiia [Influence of the effect of binaural beats on the process of falling asleep]: abstract of the thesis for the degree of PhD Candidate in Biology: 03.03.01/ Shumov Dmitrii Efimovich. M., 2020; 21 p. (In Russ.)
18. *Posttraumaticheskoe stressovoe rasstroistvo: Klinicheskie rekomendatsii* [Post-traumatic stress disorder: Clinical guidelines]. M., 2023; 173 p. (In Russ.)
19. *Variabelnost serdechnogo ritma. Standarty izmereniia, fiziologicheskoi interpretatsii i klinicheskogo ispolzovaniia* [Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use]: Electronic data; Available at: <https://www.incart.ru/publish/learning-aids/variabelnost-serdechnogo-ritma> (accessed 07/20/2023). (In Russ.)
20. *Luscher, M.* Luscher color test: Translated from English. / M. Luscher. St. Petersburg: EKSMO-Press, 2002; 192 p. (In Russ.)
21. *Doskin, V. A.* Test differentsirovannoi samoootsenki funktsionalnogo sostoianiia [Test of differentiated self-assessment of the functional state] / V. A. Doskin, N. A. Lavrentiev, M. N. Miroshnikov [et al.]. *Vopr. psikhol.* [Issues of Psychology]. 1973; 6: 141–145. (In Russ.)
22. *Garcia-Argibay, M.* Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis / M. Garcia-Argibay, M. A. Santed, J. M. Reales. *Psychol Res*. 2019; 83 (2): 357–372.
23. *Shumov, D. E.* Statsionarnyi slukhovoii otvet na muzyku na osnove binauralnykh bienii vo vremia dnevnogo sna [Stationary auditory response to music based on binaural beats during daytime sleep] / D. E. Shumov, O. N. Tkachenko, I. A. Iakovenko [et al.]. *Vestnik Moskovskogo universiteta* [Bulletin of the Moscow University]. Series 16: Biology. 2021; 76 (2): 55–60. (In Russ.)
24. *Dabu-Bondoc, S.* Hemispheric synchronized sounds and perioperative analgesic requirements / S. Dabu-Bondoc, N. Vadivelu, J. Benson [et al.]. *Anesth Analg*. 2010; 110 (1): 208–210.
25. *Solcà, M.* Binaural beats increase interhemispheric alpha-band coherence between auditory cortices / M. Solcà, A. Mottaz, A. G. Guggisberg. *Hear Res*. 2016; 332: 233–237.
26. *Leistiko, N. M.* Effects of gamma frequency binaural beats on attention and anxiety / N. M. Leistiko, L. Madanat, W. K. A. Yeung [et al.]. *Curr Psychol*. 2023; 1–8. doi: 10.1007/s12144-023-04681-3
27. *Chakalov, I.* Mismatch negativity to acoustical illusion of beat: how and where the change detection takes place? / I. Chakalov, E. Paraskevopoulos, A. Wollbrink [et al.]. *Neuroimage*. 2014; 100: 337–346.
28. *Lavallee, C. F.* A quantitative electroencephalographic study of meditation and binaural beat entrainment / C. F. Lavallee, S. A. Koren, M. A. Persinger. *J Altern Complement Med*. 2011; 17 (4): 351–355.
29. *Al-Shargie, F.* Stress management using fNIRS and binaural beats stimulation / F. Al-Shargie, R. Katmah, U. Tariq [et al.]. *Biomed Opt Express*. 2022; 13 (6): 3552–3575.
30. *Lee, M.* Comparison of autonomous sensory meridian response and binaural auditory beats effects on stress reduction: a pilot study / M. Lee, H. J. Lee, J. Ahn [et al.]. *Sci Rep*. 2022; 12 (1): 19521. doi: 10.1038/s41598-022-24120-w

31. *Jirakittayakorn, N.* A Novel Insight of Effects of a 3-Hz Binaural Beat on Sleep Stages During Sleep / N. Jirakittayakorn, Y. Wong-sawat. *Front Hum Neurosci.* 2018; 12: 387. doi: 10.3389/fnhum.2018.00387
32. *Schmid, W.* Brainwave entrainment to minimize sedative drug doses in pediatric surgery: a randomized controlled trial / W. Schmid, P. Marhofer, P. Opfermann [et al.]. *Br J Anaesth.* 2020; 125 (3): 330–335.
33. *Halpin, S.J.* A feasibility study of pre-sleep audio and visual alpha brain entrainment for people with chronic pain and sleep disturbance / S.J. Halpin, A.J. Casson, N.K. Y. Tang [et al.]. *Front Pain Res (Lausanne).* 2023; 4: 1096084. doi: 10.3389/fpain.2023.1096084
34. *Zampi, D.D.* Efficacy of Theta Binaural Beats for the Treatment of Chronic Pain / D.D. Zampi. *Altern Ther Health Med.* 2016; 22 (1): 32–38.
35. *Dabu-Bondoc, S.* Hemispheric synchronized sounds and perioperative analgesic requirements / S. Dabu-Bondoc, N. Vadivelu, J. Benson [et al.]. *Anesth Analg.* 2010; 110 (1): 208–210.
36. *Padmanabhan, R.* A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery / R. Padmanabhan, A.J. Hildreth, D. Laws. *Anaesthesia.* 2005; 60 (9): 874–877.
37. *Kalachev, A.A.* Fiziologicheskoe obosnovanie ispolzovaniia binauralnogo rezonansnogo vozdeistviia na tsentralnuiu nervnuiu sistemuu dlia povysheniia rabotosposobnosti cheloveka-operatora [Physiological substantiation of the use of binaural resonant effects on the central nervous system to improve the performance of a human operator]: abstract of the thesis for the degree of PhD Candidate in Medicine: 03.03.01 / Kalachev Aleksei Alekseevich. Volgograd, 2011; 20 p. (In Russ.)
38. *Lane, J.D.* Binaural auditory beats affect vigilance performance and mood / J.D. Lane, S.J. Kasian, J.E. Owens [et al.]. *Physiol Behav.* 1998; 63 (2): 249–252.
39. *Reedijk, S.A.* Eliminating the Attentional Blink through Binaural Beats: A Case for Tailored Cognitive Enhancement / S.A. Reedijk, A. Bolders, L.S. Colzato [et al.]. *Front Psychiatry.* 2015; 6: 82. doi: 10.3389/fpsy.2015.00082
40. *Colzato, L.S.* More attentional focusing through binaural beats: evidence from the global-local task / L.S. Colzato, H. Barone, R. Sellaro [et al.]. *Psychol Res.* 2017; 81 (1): 271–277.
41. *Beauchene, C.* The effect of binaural beats on verbal working memory and cortical connectivity / C. Beauchene, N. Abaid, R. Moran [et al.]. *J Neural Eng.* 2017; 14 (2): 026014. doi: 10.1088/1741-2552/aa5d67
42. *Garcia-Argibay, M.* Binaural auditory beats affect long-term memory / M. Garcia-Argibay, M.A. Santed, J.M. Reales. *Psychol Res.* 2019; 83 (6): 1124–1136.
43. *Medical rehabilitation: Textbook* / A.V. Epifanov, V.A. Epifanov, E.S. Galsanova [et al.]. Moscow: GEOTAR-Media, 2022; 664 p. ISBN 978-5-9704-6688-9. doi: 10.33029/9704-6688-9-MRE-2022-1-664. EDN QGFBAN.
44. *Epifanov, V.A.* Physical therapy: tutorial guide / V.A. Epifanov, A.V. Epifanov, N.B. Korchazhkina. Moscow: GEOTAR-Media, 2020; 576 p. ISBN 978-5-9704-5614-9. EDN WZZWAE.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*Бодрова Резеда Ахметовна* — д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой реабилитологии и спортивной медицины КГМА — филиала РМА НПО; e-mail: bodrovarezeda@yandex.ru

*Федоров Сергей Александрович* — заместитель генерального директора ООО «АКСМА»; e-mail: fedorov@acsma.ru

*Нагорнев Сергей Николаевич* — д-р мед. наук, профессор, руководитель департамента науки и инновационного развития ООО «АКСМА»; профессор группы профессорско-преподавательского состава научно-образовательного центра ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени акад. Б.В. Петровского», г. Москва; e-mail: drnag@mail.ru

*Фролков Валерий Константинович* — д-р биол. наук, профессор, ведущий научный сотрудник департамента науки и инновационного развития ООО «АКСМА»; e-mail: fvk49@mail.ru

*Илларионов Валерий Евгеньевич* — д-р мед. наук, профессор, ведущий специалист отдела высшего и дополнительного профессионального образования и непрерывного медицинского образования ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени акад. Б.В. Петровского», г. Москва

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Rezeda Akhmetovna Bodrova* — PhD in Medicine, associate professor, head of the Department of Rehabilitology and Sports Medicine, Kazan State Medical Academy — branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; e-mail: bodrovarezeda@yandex.ru

*Sergey Aleksandrovich Fedorov* — deputy general director, AKSMA LLC; e-mail: fedorov@acsma.ru

*Sergey Nikolaevich Nagornev* — PhD in Medicine, professor, head of the Department of Science and Innovative Development, AKSMA LLC; professor of the faculty, Scientific and Educational Center, FSBSI Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow; e-mail: drnag@mail.ru

*Valeriy Konstantinovich Frolkov* — PhD in Biology, professor, leading researcher of the Department of Science and Innovative Development, AKSMA LLC; e-mail: fvk49@mail.ru

Valeriy Evgenievich Illarionov — PhD in Medicine, professor, leading specialist of the Department of Higher and Additional Professional Education and Continuing Medical Education, FSBSI Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow

### Участие авторов

**Разработка дизайна исследования, утверждение рукописи для публикации** — Бодрова Р. А., Нагорнев С. Н.

**Редактирование, написание статьи** — Нагорнев С. Н., Фролков В. К.

**Статистическая обработка данных, анализ и интерпретация результатов** — Федоров С. А., Фролков В. К., Илларионов В. Е.

### Author contributions

**Research design development, approval of the manuscript for publication** — Bodrova R. A., Nagornev S. N.

**Editing, writing the article** — Nagornev S. N., Frolkov V. K.

**Statistical data processing, analysis and interpretation of results** — Fedorov S. A., Frolkov V. K., Illarionov V. E.

### Для корреспонденции

Бодрова Р. А. E-mail: bodrovarezeda@yandex.ru

Федоров С. А. E-mail: fedorov@acsma.ru

Нагорнев С. Н. E-mail: drnag@mail.ru

Фролков В. К. E-mail: fvk49@mail.ru

Илларионов В. Е. E-mail: noc@med.ru

### For correspondence

Bodrova R. A. E-mail: bodrovarezeda@yandex.ru

Fedorov S. A. E-mail: fedorov@acsma.ru

Nagornev S. N. E-mail: drnag@mail.ru

Frolkov V. K. E-mail: fvk49@mail.ru

Illarionov V. E. E-mail: noc@med.ru

### Information about the authors

Bodrova R. A., <https://orcid.org/0000-0003-3540-0162>

Fedorov S. A., <https://orcid.org/0000-0003-4920-5982>

Nagornev S. N., <https://orcid.org/0000-0002-1190-1440>

Frolkov V. K., <https://orcid.org/0000-0002-1277-5183>

Illarionov V. E., <https://orcid.org/0000-0001-6416-7836>

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

**ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПОДПИСКЕ:**  
телефон: +7 (495) 274-2222 (многоканальный).  
E-mail: [podpiska@panor.ru](mailto:podpiska@panor.ru) [www.panor.ru](http://www.panor.ru)