

# ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭЭГ-ОСЦИЛЛЯТОРОВ ПАЦИЕНТА В МУЗЫКОПОДОБНЫЕ СИГНАЛЫ ПРИ КОРРЕКЦИИ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ

DOI: 10.17691/stm2016.8.1.12

УДК 612.014.421:612.813.014.421:537.86

Поступила 06.04.2015 г.

© **А.И. Федотчев**, д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории механизмов рецепции<sup>1</sup>;  
**А.Т. Бондарь**, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории механизмов рецепции<sup>1</sup>;  
**А.В. Бахчина**, к.психол.н., старший преподаватель кафедры психофизиологии<sup>2</sup>;  
**В.Н. Григорьева**, д.м.н., зав. кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики<sup>3</sup>;  
**А.А. Катаев**, студент кафедры психофизиологии<sup>2</sup>;  
**С.Б. Парин**, д.б.н., зав. лабораторией психофизиологии<sup>2</sup>;  
**Г.С. Радченко**, аспирант кафедры психофизиологии<sup>2</sup>;  
**С.А. Полевая**, д.б.н., зав. кафедрой психофизиологии<sup>2</sup>; зав. отделом нейрофизиологии и экспериментального моделирования ЦНИЛ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт биофизики клетки РАН, Пущино, Московская область, 142290, ул. Институтская, 3;<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Н. Новгород, 603950, проспект Гагарина, 23;<sup>3</sup>Нижегородская государственная медицинская академия, Н. Новгород, 603005, пл. Минина и Пожарского, 10/1

**Цель исследования** — сравнительная оценка эффективности трех вариантов реализации технологии музыкального нейробиоуправления, предусматривающей преобразования текущих значений ЭЭГ-осцилляторов пациента в музыкалоподобные сигналы при коррекции стресс-вызванных функциональных состояний.

**Материалы и методы.** 15 испытуемым-добровольцам, находящимся в состоянии стресса, провели три обследования. В первом обследовании испытуемым предъявляли музыкалоподобные сигналы, по тембру напоминающие звуки флейты, которые плавно варьировали по высоте тона и интенсивности в прямой зависимости от текущей амплитуды доминирующего у субъекта спектрального компонента ЭЭГ — ЭЭГ-осциллятора. В двух других обследованиях такие же преобразования ЭЭГ дополнялись введением музыкальных элементов — ритма и такта. Использовали объективные (сдвиги мощности альфа-ритма ЭЭГ относительно фона) и субъективные (результаты трех тестов до и после воздействия) критерии эффективности.

**Результаты.** Под влиянием лечебных процедур отмечено увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ относительно фона, сопровождаемое ростом показателей самочувствия и настроения, снижением степени эмоциональной дезадаптации и уровня стрессированности испытуемых. Наиболее выраженные эффекты выявлены при придании структурированности предъявляемым звуковым сигналам, особенно введением в них ритма 1 Гц.

**Заключение.** Преобразование текущих значений ЭЭГ-осцилляторов пациента в музыкалоподобные сигналы представляется перспективным путем повышения эффективности процедур биоуправления при коррекции разнообразных функциональных расстройств.

**Ключевые слова:** нейробиоуправление; ЭЭГ-осцилляторы; трансформация ЭЭГ в музыкалоподобные сигналы; коррекция функциональных расстройств.

**Как цитировать:** Fedotchev A.I., Bondar A.T., Bakhchina A.V., Grigorieva V.N., Katayev A.A., Parin S.B., Radchenko G.S., Polevaya S.A. Transformation of patient's EEG oscillators into music-like signals for correction of stress-induced functional states. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2016; 8(1): 93–98, <http://dx.doi.org/10.17691/stm2016.8.1.12>.

## English

## Transformation of Patient's EEG Oscillators into Music-Like Signals for Correction of Stress-Induced Functional States

**A.I. Fedotchev**, DSc, Leading Researcher, Laboratory of Reception Mechanisms<sup>1</sup>;  
**A.T. Bondar**, PhD, Senior Researcher, Laboratory of Reception Mechanisms<sup>1</sup>;  
**A.V. Bakhchina**, PhD, Senior Teacher, Department of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**V.N. Grigorieva**, MD, DSc, Head of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics<sup>3</sup>;

**Для контактов:** Федотчев Александр Иванович, e-mail: fedotchev@mail.ru

**A.A. Katayev**, Student, Department of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**S.B. Parin**, DSc, Head of the Laboratory of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**G.S. Radchenko**, PhD Student, Department of Psychophysiology<sup>2</sup>;  
**S.A. Polevaya**, DSc, Head of the Department of Psychophysiology<sup>2</sup>; Head of the Department of Neurophysiology and Experimental Modeling of the Central Research Laboratory<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, 3 Institutskaya St., Pushchino, Moscow Region, 142290, Russian Federation;

<sup>2</sup>Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, 23 Prospekt Gagarina, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation;

<sup>3</sup>Nizhny Novgorod State Medical Academy, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russian Federation

**The aim of the investigation** was to compare efficacy of three variants of musical neurobiocontrol technology, involving transformation of the current values of the patient's EEG oscillators into music-like signals in correcting stress-induced functional state.

**Materials and Methods.** 15 volunteers, being in the stress condition, were subject to three examinations. In the first one the examinees were presented music-like signals, resembling the sounds of a flute by its timbre, which were smoothly varying in pitch and intensity in direct relation to the current amplitude of the spectral component of EEG — EEG oscillator — dominating in the subject. In two other examinations the same transformations of EEG were supplemented by the introduction of musical elements: rhythm and beat. Objective (shifts of EEG-alpha rhythm intensity relative to the background) and subjective (results of all tests before and after the exposure) criteria of efficacy were used in the study.

**Results.** Under the influence of therapeutic procedures the increase of EEG-alpha rhythm intensity against the background was noted, accompanied by the growth of health and mood indicators, reduction of emotional disadaptation degree and the level of stressedness in the examined persons. The most prominent effects were revealed when presented sound signals were structured, especially by introducing 1 Hz rhythm in them.

**Conclusion.** Transformation of the current values of patient's EEG oscillators into music-like signals is supposed to be a perspective way of improving the efficacy of biocontrol procedures in correcting various functional disorders.

**Key words:** neurobiocontrol; EEG oscillators; transformation of EEG into music-like signals; correction of functional disorders.

В настоящее время в обществе все большее понимание находят идеи превентивной медицины, главная задача которой — не лечение болезней, а выявление изменений в организме практически здорового человека, способных привести к заболеваниям, и принятие адресных мер, направленных на предотвращение болезней [1]. Современному человеку все больше приходится сталкиваться с разного рода чрезвычайными ситуациями, террористическими актами, вооруженными конфликтами и испытывать непрерывные стрессорные воздействия — производственные, социальные, психоэмоциональные и пр. [2]. Стресс как хроническое психофизиологическое перенапряжение может провоцировать манифестацию или обострение симптомов болезни, служить одним из факторов риска или усугублять тяжесть ее течения. Повседневный психический стресс является причиной множества широко распространенных серьезных заболеваний, включая гипертоническую болезнь, инсульты, инфаркты, онкопатологию и др. [3]. Все сказанное обуславливает актуальность разработки технологий своевременного устранения стресс-индуцированных функциональных нарушений [4] и создания персонифицированных методов когнитивной реабилитации [5].

В последние десятилетия сформировалась и бурно развивается область медицинских исследований, получившая название «интерфейс «мозг–компьютер»» (ИМК), в рамках которой человек может научиться транслировать свои психические усилия в специфические паттерны электроэнцефалограммы (ЭЭГ) для управления техническими устройствами или комму-

никациями с внешней средой напрямую от мозга без участия периферических нервов и мышц [6]. Частным случаем ИМК является нейробиоуправление (НБУ), которое предусматривает не прямое управление внешним устройством, а намеренное использование внешней обратной связи для модуляции физиологического сигнала, присущего мозгу [7]. Хотя ИМК и НБУ широко применяются при коррекции разнообразных функциональных нарушений, в недавних обзорах отмечается недостаточность контролируемых исследований, направленных на выяснение фундаментальных основ [8] и повышение эффективности этих подходов [9].

Ранее нами была представлена оригинальная технология музыкального НБУ, использующая музыкальные воздействия, которые по принципу обратной связи управляются значимыми биоэлектрическими характеристиками мозга индивида — ЭЭГ-осцилляторами [10]. Полученные позитивные результаты экспериментального тестирования данной технологии позволили сделать заключение о перспективности использования музыкальной обратной связи от ЭЭГ субъекта при коррекции стресс-индуцированных функциональных расстройств. В то же время предпринятое исследование дало возможность выявить два ограничения применения этой технологии. Во-первых, в ней в качестве информационного сигнала обратной связи использовались прерывания музыки, что могло приводить к негативным эмоциональным реакциям и затруднять процесс НБУ. Во-вторых, в разработанной технологии использовались заранее выбранные музыкальные произведения, т.е. остался нерешенным вопрос об их

индивидуальном подборе для каждого испытуемого. Этот аспект представляется особенно важным, так как известно, что только предъявление музыки в соответствии с мозговыми ритмами больного через вовлечение механизмов синхронизации и пластичности может приводить к выраженным лечебным эффектам [11].

Данная работа направлена на преодоление отмеченных выше ограничений технологии НБУ для повышения ее эффективности. В ней в качестве сигналов обратной связи использованы не прерывания звучания классических музыкальных произведений, а осуществляемые в режиме реального времени преобразования текущих значений ЭЭГ-осцилляторов в музыкаподобные сигналы, по тембру напоминающие звуки флейты. В одном случае звуковые сигналы плавно варьировали по высоте тона и интенсивности в прямой зависимости от текущей амплитуды ЭЭГ-осциллятора. Еще в двух случаях варьирование звуков флейты по высоте тона и интенсивности дополнялось введением таких музыкальных элементов, как ритм и такт. Экспериментальное тестирование описанных вариантов реализации технологии проведено на одних и тех же испытуемых с использованием объективных (сдвиги мощности альфа-ритма ЭЭГ при воздействии относительно фона) и субъективных (результаты выполнения трех тестов до и после воздействия) критериев.

**Цель исследования** — сравнительная оценка эффективности трех предлагаемых вариантов преобразования текущих значений ЭЭГ-осцилляторов пациента в музыкаподобные сигналы при коррекции стресс-вызванных функциональных расстройств.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 15 испытуемых в возрасте от 23 до 55 лет (сотрудников Пущинского научного центра РАН), обратившихся в кабинет психологической разгрузки с жалобами на состояние психоэмоционального напряжения и стресса и добровольно согласившихся на участие в трех обследованиях. Исследование проведено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации (принятой в июне 1964 г. в Хельсинки, Финляндия, и пересмотренной в октябре 2000 г. в Эдинбурге, Шотландия) и одобрено Этическим комитетом Института биофизики клетки РАН. От каждого испытуемого получено информированное согласие.

В начале каждого из трех обследований для оценки психофизиологического состояния испытуемых проводилось их начальное тестирование с помощью трех тестов:

теста САН, в котором испытуемые дают оценку своего текущего самочувствия, активности и настроения [12];

теста УЭД, дающего возможность определять текущий уровень эмоциональной дезадаптации [13];

теста УС, представляющего собой модификацию теста УЭД, разработанную авторами, которая позволяет оценивать уровень стрессированности человека; в данном тесте вместо прилагательных, характеризующих степень эмоциональной дезадаптации, используются прилагательные, описывающие уровень стресса.

После начального тестирования устанавливали

ЭЭГ-датчики (активный электрод — в отведении Cz, референтный и заземляющий — на мочках ушей) и наушники (уровень звука 0–40 дБ, частота 100–2000 Гц). Испытуемых просили сидеть спокойно с закрытыми глазами в течение всей процедуры и «слушать» работу собственного мозга. Затем проводили 30-секундную запись фоновой ЭЭГ, в ходе которой с помощью оригинальной модификации динамического спектрального анализа, основанного на быстрых преобразованиях Фурье [14], определяли доминирующую у данного испытуемого узкополосную (0,4–0,6 Гц) спектральную компоненту в диапазоне альфа-ритма (8–13 Гц) ЭЭГ.

После записи фона на 10 мин включался рабочий режим, где текущая амплитуда выявленного ЭЭГ-осциллятора преобразовывалась в музыкаподобные сигналы, по тембру напоминающие звуки флейты. В первом из трех обследований эти звуковые сигналы плавно варьировали по высоте тона и интенсивности в соответствии с текущей амплитудой ЭЭГ-осциллятора (серия «Флейта»). В двух других обследованиях варьирование звуковых сигналов по высоте тона и интенсивности дополнялось введением таких музыкальных элементов, как ритм и такт. При введении ритма плавное варьирование звуков флейты происходило на фоне слабых щелчков, подаваемых с частотой 1 Гц (серия «Ритм»). В случае введения такта предъявляли звуки флейты, высота тона которых изменялась не плавно, а скачком — 1 раз в секунду (серия «Такт»).

В конце каждого обследования испытуемых спрашивали об отмеченных ощущениях и эффектах, а также проводили повторное тестирование с помощью тестов САН, УЭД и УС. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью пакета программ Origin 6.0. Вычисляли средние значения ( $M$ ), стандартные ошибки ( $m$ ) и критерий Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** При оценке ЭЭГ-эффектов коррекционных процедур в каждой из трех серий экспериментов было определено количество испытуемых, у которых в результате воздействий произошло увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ относительно исходного фона.

Выяснилось, что все три варианта технологии характеризуются наличием у большинства пациентов положительных сдвигов выраженности альфа-ритма ЭЭГ относительно фона. Наибольший эффект зарегистрирован в серии «Ритм», где при воздействии прирост мощности альфа-ритма ЭЭГ отмечен в 93% (в 14 из 15 случаев). Соответствующие величины для серий «Такт» и «Флейта» составили 73% (11 из 15) и 60% (9 из 15). Важно подчеркнуть, что в серии «Ритм» у большей части испытуемых (9 из 15, 60%) прирост выраженности альфа-ритма ЭЭГ сохранился и после процедуры. В сериях «Такт» и «Флейта» увеличение мощности ЭЭГ относительно исходного уровня после воздействия отмечалось реже, в 40% (6 из 15) и 33% (5 из 15) случаев соответственно.

При сравнительной оценке изменений психофизиологического состояния испытуемых под влиянием предпринятых процедур для каждой серии экспериментов были проанализированы показатели тестов САН,

УЭД и УС, зарегистрированные до и после каждого воздействия (см. таблицу).

Можно видеть, что практически во всех случаях после примененного воздействия наблюдаются позитивные сдвиги показателей относительно исходного уровня. Исключение представляют результаты оценки уровня активности, которые несколько снижаются относительно исходных значений в сериях «Флейта» и «Такт». Значимые позитивные сдвиги показателей зарегистрированы лишь в серии «Ритм», где статистически значимо увеличились оценки самочувствия и настроения, а уровень эмоциональной дезадаптации существенно снизился.

Опрос испытуемых о субъективных ощущениях при проведении лечебных процедур выявил наличие индивидуальных особенностей в их реакциях на предъявляемые необычные звуки. В наибольшей степени это касалось серии «Флейта», где плавно меняющиеся по высоте тона и интенсивности звуки флейты вызывали у многих обследуемых своеобразные неоднозначные ощущения — от ориентировочных реакций и настроенности до ярких эмоциональных впечатлений. Следует отметить, что такие разнонаправленные индивидуальные реакции на предъявляемые звуки отразились в наличии в серии «Флейта» максимальных стандартных ошибок средних значений всех показателей после воздействия (см. таблицу). В то же время большинство испытуемых отметили, что введение в сериях «Ритм» и «Такт» структурированности в предъявляемые звуковые сигналы способствует повышению их «музыкальности» и более позитивному восприятию.

Таким образом, при музыкалоподобных воздействиях, получаемых путем прямой трансформации ЭЭГ субъекта в звуки флейты, происходит увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ относительно фона, сопровождаемое позитивными сдвигами показателей самочувствия и настроения (тест САН), степени эмоциональной дезадаптации (тест УЭД) и уровня стрессированности (тест УС) испытуемых. Наиболее выраженные эффекты отмечены при придании структурированности предъявляемым звуковым сигналам введением в них ритма и такта, что способствует повышению их «музыкальности» и более позитивному восприятию. Особенно эффективным оказалось введение ритма 1 Гц, при котором

увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ, как правило, сохраняется и после процедуры, а позитивные сдвиги оценок самочувствия, настроения и уровня эмоциональной дезадаптации достигают уровня значимости.

Согласно современным представлениям, альфа-осцилляции ЭЭГ играют активную роль в когнитивных процессах и саморегуляции состояний, демонстрируя выраженный частотно-зависимый характер. Поэтому любые стратегии нейрональной активации с помощью НБУ, направленные на усиление выраженности альфа-ритма ЭЭГ, должны учитывать индивидуальные частотные характеристики ЭЭГ [15]. Именно это предусмотрено в предпринятом нами исследовании, где прямым преобразованиям подвергаются функционально значимые для индивида узкочастотные спектральные компоненты его биопотенциалов — альфа-ЭЭГ-осцилляторы.

Важный аспект предпринятого исследования заключается в том, что трансформация ЭЭГ-осцилляторов пациента осуществляется в музыкалоподобные сигналы. Как известно, музыка является универсальным атрибутом человеческого общества, способным вызывать сильные эмоции, изменять настроение и помогать в лечении психиатрических и неврологических заболеваний [16]. Воздействуя на основные функции организма, музыка обладает свойством «выражать невыразимое» [17] и способствовать психофизиологическому восстановлению после стресса [18]. Поэтому полученные нами данные об увеличении мощности альфа-ритма ЭЭГ, сопровождаемом позитивными сдвигами психофизиологических показателей, могут свидетельствовать о формировании у пациентов в результате музыкалоподобных воздействий так называемого альфа-состояния [19], которое характеризуется общей релаксацией без признаков стресса, тревожности и депрессии.

Примененные в работе три теста, оценивающие изменения показателей после каждого предпринятого воздействия, продемонстрировали согласованные результаты, которые позволили выявить тонкие различия трех вариантов использованной технологии. Так, после предъявления плавно меняющихся по высоте тона и интенсивности звуков флейты, вызывающих у многих обследуемых разнонаправленные реакции, все показатели характеризовались максимальными стандартными ошибками средних значений, а позитивные

**Средние показатели тестов до и после лечебных процедур в трех сериях экспериментов, баллы**

Показатели тестов	Серия					
	«Флейта»		«Ритм»		«Такт»	
	до	после	до	после	до	после
САН — самочувствие	49,4±1,4	49,8±2,1	<b>49,0±1,3</b>	<b>52,7±1,3</b>	49,2±1,3	50,7±1,4
САН — активность	44,8±1,2	44,3±1,6	45,1±1,3	47,7±1,5	45,0±1,4	44,4±1,5
САН — настроение	50,1±1,4	50,9±1,8	<b>49,7±1,3</b>	<b>53,1±1,2</b>	49,8±1,2	50,9±1,4
УЭД — эмоциональная дезадаптация	1,7±0,2	1,4±0,3	<b>1,7±0,2</b>	<b>1,1±0,1</b>	1,5±0,3	1,0±0,2
УС — стресс	1,0±0,2	0,7±0,3	1,1±0,2	0,6±0,2	1,1±0,2	0,7±0,3

Примечание. Жирным шрифтом выделены сравниваемые пары значений с уровнем значимости различий  $p < 0,05$ .

сдвиги психофизиологических показателей были минимальными. Придание структурированности предъявляемым звуковым сигналам, повышающей их «музыкальность», отразилось в наличии позитивных сдвигов всех показателей, особенно в случае введения ритма. Последнее согласуется с данными литературы о том, что кортикальные ритмы могут адаптироваться к структурированным акустическим сигналам, вследствие чего нейрональные ответы на ритмические воздействия могут демонстрировать селективное усиление на частоте стимуляции [20].

Следует отметить, что хотя результаты предпринятого исследования носят предварительный характер и нуждаются в дальнейшем анализе, они удовлетворяют всем современным требованиям к контролируемым экспериментам [21]. При полной идентичности всех экспериментальных условий единственным отличием трех обследований одних и тех же испытуемых было наличие или отсутствие исследуемого фактора — введения ритма или такта в музыкалоподобные звуковые сигналы.

Как и в ранее проведенном исследовании [10], основу наблюдаемых эффектов составляет взаимодействие музыкалоподобных стимулов со значимыми для индивида характеристиками биоэлектрической активности его мозга, создающее оптимальные условия для вовлечения адаптационных и резонансных механизмов деятельности центральной нервной системы в комплексные реакции организма на действие низкоинтенсивных факторов внешней среды.

**Заключение.** Преобразование текущих значений ЭЭГ-осцилляторов пациента в музыкалоподобные сигналы представляется перспективным путем повышения эффективности процедур биоуправления при коррекции стресс-вызванных функциональных нарушений.

**Финансирование исследования.** Работа поддержана Российским гуманитарным научным фондом, гранты РГНФ №16-06-00133, №14-36-01024 и №15-06-10894.

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликта интересов.

## Литература/References

1. Полетаев А.Б., Гринько О.В. Превентивная медицина: введение в проблему. *Terra Medica* 2012; 4: 4–8. Poletaev A.B., Grinko O.V. Preventive medicine: introduction to the problem. *Terra Medica* 2012; 4: 4–8.
2. Ушаков И.Б., Бубеев Ю.А., Квасовец С.В., Иванов А.В. Индивидуальные психофизиологические механизмы адаптации при стрессе смертельно опасных ситуаций. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова* 2012; 98(1): 83–94. Ushakov I.B., Bubeev Yu.A., Kvasovets S.V., Ivanov A.V. Radiation physiology of higher nervous activity: results and perspectives. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova* 2012; 98(1): 83–94.
3. Runova E.V., Grigoreva V.N., Bakhchina A.V., Parin S.B., Shishalov I.S., Kozhevnikov V.V., Nekrasova M.M., Karatushina D.I., Grigoreva K.A., Poleyeva S.A. Vegetative correlates of conscious representation of emotional stress. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2013; 5(4): 69–77.
4. Федотчев А.И. Стресс, его последствия для человека и современные нелекарственные подходы к их устранению.

Успехи физиологических наук 2009; 40(1): 102–115. Fedotchev A.I. Stress, its consequence for a man and modern non-pharmaceutical approaches to their elimination. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* 2009; 40(1): 102–115.

5. Григорьева В.Н. Когнитивная реабилитация — новое направление медицинской помощи больным с очаговыми поражениями головного мозга. Современные технологии в медицине 2010; 2: 95–99. Grigorieva V.N. Cognitive rehabilitation — a new direction of medical aid to patients with the brain focal lesions. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2010; 2: 95–99.

6. Каплан А.Я., Кочетова А.Г., Шишкин С.Л., Басюл И.А., Ганин И.П., Васильев А.Н., Либуркина С.П. Экспериментально-теоретические основания и практические реализации технологии «интерфейс мозг-компьютер». Бюллетень сибирской медицины 2013; 12(2): 21–29. Kaplan A.Ya., Kochetova A.G., Shishkin S.L., Basyul I.A., Ganin I.P., Vasilev A.N., Liburkina S.P. Experimental and theoretical foundations and practical implementation of technology brain-computer interface. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* 2013; 12(2): 21–29.

7. Wood G., Kober S.E., Witte M., Neuper C. On the need to better specify the concept of “control” in brain-computer-interfaces/neurofeedback research. *Front Syst Neurosci* 2014; 8: 171, <http://dx.doi.org/10.3389/fnsys.2014.00171>.

8. Huster R.J., Mokom Z.N., Enriquez-Geppert S., Herrmann C.S. Brain-computer interfaces for EEG neurofeedback: peculiarities and solutions. *Int J Psychophysiol* 2014; 91(1): 36–45, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.08.011>.

9. Gruzelier J.H. EEG-neurofeedback for optimising performance. III: a review of methodological and theoretical considerations. *Neurosci Biobehav Rev* 2014; 44(2): 159–182, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubihev.2014.03.015>.

10. Fedotchev A.I., Oh S.J., Semkin G.I. Combination of neurofeedback technique with music therapy for effective correction of stress-induced disorders. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2014; 6(3): 60–63.

11. Müller W., Haffelder G., Schlotmann A., Schaeffers A.T., Teuchert-Noodt G. Amelioration of psychiatric symptoms through exposure to music individually adapted to brain rhythm disorders — a randomised clinical trial on the basis of fundamental research. *Cogn Neuropsychiatry* 2014; 19(5): 399–413, <http://dx.doi.org/10.1080/13546805.2013.879054>.

12. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.Н., Шарай В.В. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния. Вопросы психологии 1973; 6: 141–145. Doskin V.A., Lavrent'eva N.A., Miroshnikov M.N., Sharay V.V. Test for differential self-assessment of functional state. *Voprosy psikhologii* 1973; 6: 141–145.

13. Григорьева В.М., Тхостов А.Ш. Способ оценки эмоционального состояния человека. Патент РФ 2291720 С1. 2007. Grigorieva V.M., Tkhostov A.Sh. *Sposob otsenki emotsional'nogo sostoyaniya cheloveka* [Method for assessing human emotional state]. Patent RF 2291720 S1. 2007.

14. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Семенов В.С. Нелекарственная коррекция функциональных расстройств у человека. Принцип двойной обратной связи от ЭЭГ осцилляторов пациента. Saarbrücken: LAP Lamberts Academic Publishing; 2010. Fedotchev A.I., Bondar' A.T., Semenov V.S. *Nelekarstvennaya korrektsiya funktsional'nykh rasstroystv u cheloveka. Printsip dvoynoy obratnoy svyazi ot EEG ostillyatorov patsienta* [Non-pharmaceutical correction of human functional disorders. The concept of double feedback

from patient's EEG oscillators]. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing; 2010.

15. Bazanova O.M., Vernon D. Interpreting EEG alpha activity. *Neurosci Biobehav Rev* 2014; 44: 94–110, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.05.007>.

16. Koelsch S. Brain correlates of music-evoked emotions. *Nat Rev Neurosci* 2014; 15(3): 170–180, <http://dx.doi.org/10.1038/nrn3666>.

17. Волчек О.Д. Значение музыки и семантика ее звуков. М: Фолиум; 2014. Volchek O.D. *Znachenie muzyki i semantika ee zvukov* [Significance of music and semantics of its sounds]. Moscow: Folium; 2014.

18. Radstaak M., Geurts S.A., Brosschot J.F., Kompier M.A. Music and psychophysiological recovery from stress. *Psychosom Med* 2014; 76(7): 529–537, <http://dx.doi.org/10.1097/PSY.000000000000094>.

19. Frederick J.A. Psychophysics of EEG alpha state discrimination. *Conscious Cogn* 2012; 21(3): 1345–1354, <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2012.06.009>.

20. Smith R., Rathcke T., Cummins F., Overy K., Scott S. Communicative rhythms in brain and behaviour. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2014; 369(1658): 20130389, <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0389>.

21. Алексеева М.В., Балиоз Н.В., Муравлева К.Б., Сапина Е.В., Базанова О.М. Использование тренинга произвольного увеличения мощности ЭЭГ в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне для улучшения когнитивной деятельности. *Физиология человека* 2012; 38(1): 51–60. Alexeeva M.V., Muravlyova K.B., Sapina E.V., Bazanova O.M., Balioz N.V. Training for voluntarily increasing individual upper  $\alpha$  power as a method for cognitive enhancement. *Fiziologiya cheloveka* 2012; 38(1): 51–60.