

СОЧЕТАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЭГ-БИОУПРАВЛЕНИЯ С МУЗЫКАЛЬНОЙ ТЕРАПИЕЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ СТРЕСС-ВЫЗВАННЫХ РАССТРОЙСТВ

УДК 615.851.82+612.014.421.7:616.45-001.1/3
Поступила 5.02.2014 г.



А.И. Федотчев, д.б.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории механизмов рецепции¹;
Сан Чжун О, аспирант²;
Г.И. Семикин, д.м.н., профессор, зав. кафедрой²

¹Институт биофизики клетки РАН, Пущино, Московская область, 142290, ул. Институтская, 3;

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, 105105, Бригадирский пер., 4

Цель исследования — оценить возможности применения и эффективность музыкальных воздействий, управляемых сигналами обратной связи от узкополосных электроэнцефалографических (ЭЭГ) осцилляторов пациента, при коррекции стресс-индуцированных функциональных расстройств.

Материалы и методы. У 18 взрослых здоровых людей, находящихся в состоянии стресса, выявляли доминирующие узкополосные (0,4–0,6 Гц) осцилляторы в тета- (4–8 Гц) и альфа- (8–13 Гц) диапазонах ЭЭГ. В ходе двух обследований испытуемым предъявляли классические музыкальные произведения. Музыка прерывалась на 3 с в случаях, когда текущая амплитуда выявленного у испытуемого тета ЭЭГ-осциллятора превышала исходный уровень, а альфа ЭЭГ-осциллятора — не достигала исходного уровня. Испытуемым предлагали с помощью индивидуальных стратегий находить и поддерживать состояние, при котором музыка звучит непрерывно. Регистрировали время звучания музыки, сдвиги мощности ЭЭГ-ритмов в ходе обследований, а также изменения субъективных оценок самочувствия, активности и настроения от начала к концу каждого сеанса.

Результаты. Установлено, что при музыкальных воздействиях, управляемых по принципу обратной связи от тета или альфа ЭЭГ-осцилляторов пациента, уже к концу первой лечебной процедуры отмечаются нормализация ЭЭГ-характеристик, снижение уровня стресса и позитивные изменения психоэмоционального состояния.

Заключение. Повышенная эффективность примененных музыкально-терапевтических воздействий, обусловленная их взаимодействием со значимыми для индивида характеристиками биоэлектрической активности его мозга, указывает на возможность успешного использования таких воздействий в широком спектре процедур медицинской реабилитации.

Ключевые слова: узкополосные ЭЭГ-осцилляторы; биоуправление с обратной связью; стресс-индуцированные функциональные нарушения; музыкально-терапевтические воздействия.

English

Combination of Neurofeedback Technique with Music Therapy for Effective Correction of Stress-Induced Disorders

A.I. Fedotchev, D.Bio.Sc., Leading Research Worker, Laboratory of the Mechanisms of Reception¹;
S.J. Oh, Postgraduate²;
G.I. Semikin, D.Med.Sc., Professor, Head of the Department²

¹Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, Institutskaya st., 3, Pushchino,
Moscow Region, Russian Federation, 142290;

²Bauman Moscow State Technical University, Brigadirsky lane, 4, Moscow, Russian Federation, 105105

The aim of the investigation was to evaluate the applicability and efficacy of music presentations controlled by feedback signals from the narrow-band electroencephalographic (EEG) oscillators of a patient to correct functional stress-induced disturbances.

Materials and Methods. We revealed dominant narrow-band (0.4–0.6 Hz) oscillators in the theta (4–8 Hz) and alpha (8–13 Hz) EEG bands in 18 volunteers suffering from stress-induced disorders. During two examinations the subjects were presented with classical music. However, the music was interrupted for 3 s if the current amplitude of subject's theta EEG oscillator exceeded the initial level, or if the current amplitude of

Для контактов: Федотчев Александр Иванович, тел. моб. +7 917-597-90-22, e-mail: fedotchev@mail.ru

subject's alpha EEG oscillator did not reach the initial level. The subjects were asked to find and maintain the functional state in which the music was played continuously. Music playing time, the changes in EEG rhythm power, and the shifts in subjective estimations of health, activity and mood from the beginning to the end of each session were recorded.

Results. Marked EEG normalization, reduction of stress sensations and positive shifts in mental and emotional state of the patient were found under the influence of music controlled by a feedback from theta or alpha EEG oscillators of a patient as early as by the end of the first treatment procedure.

Conclusion. Improved efficiency of applied music therapy caused by its interaction with the relevant individual characteristics of the bioelectrical brain activity suggests the possibility for a successful use of such effects in a wide range of medical rehabilitation procedures.

Key words: narrow-band EEG oscillators; neurofeedback; stress-induced functional disorders; musical therapy effects.

С позиций современной науки организм человека рассматривается как совокупность многочисленных информационно-управляющих систем, «неисправность» которых приводит к нарушению гомеостаза и формированию патологического состояния, заболевания [1]. Причиной таких «неисправностей» часто является обилие конфликтных и экстремальных ситуаций в современном мире, а также переживание стресса в результате террористических акций, экономического кризиса, природных и техногенных катастроф, транспортных происшествий, насилия и других факторов [2]. Перечисленные факторы формируют у человека множественные функциональные нарушения в виде так называемых дискомфортных синдромов [3], а при хроническом комплексном воздействии могут приводить к нарушению механизмов адаптации, отказу защитных систем организма и к болезни. По данным недавних исследований [4], именно негативное воздействие психосоциальных стресс-факторов становится главной причиной производственной заболеваемости в Европе. Возможности медикаментозной терапии в этих случаях весьма сомнительны из-за ее преимущественной ориентации на подавление конкретных болезненных симптомов, наличия побочных эффектов и феномена привыкания. Поэтому крайне востребованными являются информационно-управляющие воздействия, направленные на своевременное возвращение организма к оптимальному состоянию и когнитивную реабилитацию человека [5].

К настоящему времени наиболее разработаны два подхода: технология адаптивного биоуправления функциями с обратной связью (БОС) по электроэнцефалограмме (ЭЭГ) и музыкальная терапия (МТ). В методе ЭЭГ-БОС текущая амплитуда того или иного ЭЭГ-ритма отражается в параметрах звуковых или световых сигналов обратной связи, предъявляемых пациенту с целью сознательного контроля выраженности собственных ритмических компонентов ЭЭГ для достижения требуемых лечебных эффектов [6]. МТ представляет собой систему психосоматической регуляции функций организма человека с помощью музыкально-акустических воздействий [7].

Несмотря на явные достоинства обоих подходов — неинвазивность, практическое отсутствие противопоказаний и ориентированность на центральные регуляторные механизмы мозга, они имеют также серьезные ограничения. Так, предельная индивидуальная направленность технологии ЭЭГ-БОС сочетается с трудностью

осознания и активного использования сигналов обратной связи от биопотенциалов мозга, которые эволюционно не предназначены для произвольного контроля. Кроме того, серьезным недостатком метода ЭЭГ-БОС является использование заранее заданных традиционных ЭЭГ-ритмов (тета-, альфа-, бета- и т.п.), которые на самом деле функционально гетерогенны и индивидуальны [8]. В то же время преимущество неосознаваемого восприятия музыкальных воздействий при МТ сочетается с большой трудностью индивидуального подбора музыки в соответствии с психофизиологическими особенностями пациента, что необходимо для повышения эффективности лечебных процедур [9].

В данной работе представлена оригинальная технология музыкального ЭЭГ-биоуправления, сочетающая предельную индивидуальность ЭЭГ-БОС с неосознаваемым восприятием МТ. Для коррекции неблагоприятных функциональных состояний в разработанной технологии применяются музыкальные лечебные воздействия, которые по принципу обратной связи управляются биопотенциалами мозга пациента. При этом вместо заранее заданных, излишне широкополосных традиционных ЭЭГ-ритмов используются автоматически выявляемые в реальном режиме времени характерные и значимые для индивида узкополосные ЭЭГ-осцилляторы.

Цель исследования — оценить возможность применения и эффективность музыкальных воздействий, управляемых сигналами обратной связи от ЭЭГ-осцилляторов пациента, при коррекции стресс-индуцированных функциональных расстройств.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 18 испытуемых в возрасте от 18 до 60 лет, сотрудников Пущинского научного центра РАН, обратившихся в кабинет психологической разгрузки по поводу состояний психоэмоционального напряжения и стресса и добровольно согласившихся на участие в двух обследованиях. В начале обследований у каждого испытуемого определяли доминирующие узкополосные (0,4–0,6 Гц) ЭЭГ-осцилляторы в диапазоне тета- (4–8 Гц) и альфа- (8–13 Гц) ритмов. По ходу лечебных сеансов пациентам предъявляли классические музыкальные произведения, но в одном из них музыка прерывалась на 3 с при превышении исходной выраженности тета ЭЭГ-осциллятора, а в другом — при снижении исходной выраженности альфа ЭЭГ-осциллятора. Испытуемым предлагали с помощью индивидуальных стратегий находить и поддерживать состояние,

при котором мелодия звучит непрерывно. В первом случае это достигалось подавлением тета ЭЭГ-осциллятора, во втором — активацией альфа ЭЭГ-осциллятора. Детали регистрации и анализа ЭЭГ, а также выявления индивидуальных ЭЭГ-осцилляторов описаны нами ранее [10].

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией (принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия)) и одобрено Этическим комитетом Института биофизики клетки РАН. От каждого пациента получено информированное согласие.

Для оценки эффективности воздействий применяли два объективных критерия: время звучания музыки (в процентах от общей длительности сеанса) и степень изменения выраженности регулируемого ЭЭГ-диапазона в ходе лечебной процедуры. В качестве субъективных показателей использовали изменения оценок самочувствия, активности и настроения, регистрируемых в начале и конце каждого обследования с помощью теста САН (самочувствие, активность, настроение) [11].

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ Origin 6.0. Вычисляли средние для группы испытуемых значения (M), стандартные ошибки (m) и t-критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Анализ показал, что обследуемые лица достаточно успешно справлялись с поставленной перед ними задачей — добиваться непрерывного звучания музыки, — произвольно регулируя собственные биопотенциалы. Так, время звучания музыки в сеансах на подавление тета ЭЭГ-осциллятора составило в среднем $77,8 \pm 2,7\%$, а в сеансах на активацию альфа ЭЭГ-осциллятора — $75,3 \pm 2,7\%$, т.е. длительность прерываний музыки не превышала 25% всего времени обследования.

Количественные данные, которые были получены при коррекции стресс-вызванных расстройств музыкальными воздействиями, направленными на подавление тета ЭЭГ-осциллятора или активацию альфа ЭЭГ-осциллятора пациента (см. таблицу), демонстрируют, что в обоих сеансах мощность тета-ритма ЭЭГ к концу лечебной процедуры снижалась, а мощность альфа-ритма — возрастала. При этом наиболее выраженные и статистически значимые ($p < 0,05$) изменения мощнос-

ти ЭЭГ происходили в требуемом по условиям процедуры направлении: мощность тета-ритма достоверно снижалась в сеансах на подавление тета ЭЭГ-осциллятора, а мощность альфа-ритма достоверно возрастала в сеансах на активацию альфа ЭЭГ-осциллятора.

По результатам выполнения теста САН до и после примененных музыкально-терапевтических воздействий выявлены позитивные сдвиги в субъективных оценках самочувствия, активности и настроения пациентов.

Таким образом, под влиянием примененных процедур музыкального ЭЭГ-биоуправления у испытуемых произошли позитивные сдвиги как объективных, так и субъективных характеристик функционального состояния. Кроме того, по данным субъективных отчетов установлено положительное отношение пациентов к проведенным лечебным сеансам, отмечены снижение уровня стресса и улучшение психоэмоционального состояния.

Результаты предпринятого исследования носят предварительный характер и нуждаются в дальнейшем анализе. Как известно из литературы, коррекция стресс-вызванных нарушений может достигаться с помощью обеих технологий — МТ [12] и ЭЭГ-БОС [13], поэтому для выяснения вопроса о вкладе каждой из технологий в эффекты, полученные при использованном нами сочетании их основных элементов, требуются дальнейшие исследования с проведением контрольных серий экспериментов. Однако важно подчеркнуть, что позитивные лечебные эффекты (индивидуальная направленность) обычно достигаются в результате проведения 10–12 сеансов МТ [9] или ЭЭГ-БОС [6], тогда как в нашем исследовании близкие результаты наблюдались уже после 1–2 лечебных процедур.

Повышенная эффективность примененных нами музыкальных воздействий и их позитивное влияние на функциональное состояние пациентов объясняются, по-видимому, предъявлением музыки в строгом соответствии со значимыми биоэлектрическими характеристиками мозга индивида. Как показано нами ранее [10], в этом случае создаются оптимальные условия для вовлечения интеграционных, адаптационных и резонансных механизмов деятельности центральной нервной системы в комплексные реакции организма на действие низкоинтенсивных факторов внешней среды.

Объективные и субъективные показатели, зарегистрированные перед началом и в конце двух сеансов коррекции стресс-вызванных расстройств

Показатели	Сеанс на подавление тета ЭЭГ-осциллятора		Сеанс на активацию альфа ЭЭГ-осциллятора	
	начало	конец	начало	конец
Мощность тета-ритма ЭЭГ, отн. ед.	$7,7 \pm 0,3$	$6,8 \pm 0,3^*$	$7,5 \pm 0,4$	$7,2 \pm 0,4$
Мощность альфа-ритма ЭЭГ, отн. ед.	$16,4 \pm 0,5$	$16,9 \pm 0,6$	$16,1 \pm 0,6$	$18,2 \pm 0,5^*$
Тест САН: оценка самочувствия, баллы	$37,0 \pm 1,5$	$39,2 \pm 1,6$	$35,9 \pm 1,5$	$37,9 \pm 1,6$
Тест САН: оценка активности, баллы	$35,5 \pm 1,7$	$37,3 \pm 1,8$	$34,1 \pm 1,7$	$35,2 \pm 2,2$
Тест САН: оценка настроения, баллы	$36,7 \pm 1,6$	$38,2 \pm 1,9$	$36,7 \pm 1,4$	$39,3 \pm 1,7$

* — $p < 0,05$ по сравнению со значениями на начало сеанса.

Заключение. При музыкальных воздействиях, управляемых по принципу обратной связи ЭЭГ-осцилляторами пациента, наблюдаются снижение уровня стресса, нормализация ЭЭГ-характеристик и позитивные изменения психоэмоционального состояния. В основе данных эффектов лежит взаимодействие музыки с регуляторными системами мозга, которое развивается при ее предъявлении в строгом соответствии со значимыми биоэлектрическими характеристиками индивида. Оптимальным условием для таких воздействий является применение узкочастотных осцилляторов из тета- и альфа-диапазонов ЭЭГ. Указывая на важность дальнейших исследований в этом направлении, полученные данные свидетельствуют о возможности успешного использования технологии музыкального ЭЭГ-биоуправления в широком спектре процедур медицинской реабилитации.

Финансирование исследования. Работа поддержана Российским гуманитарным научным фондом, грант РГНФ №12-06-00198.

Конфликт интересов. У авторов нет конфликта интересов.

Литература

1. Шахов Б.Е., Божкова Е.Д. Современные технологии в медицине. *Современные технологии в медицине* 2009; 1: 6–7.
2. Казаковцев Б.А. Психологическая и психиатрическая помощь пострадавшим в чрезвычайных ситуациях. *Психическое здоровье* 2009; 3: 9–24.
3. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Якушина Г.Н. Саногенез и саногенные реакции эритрона. Проблемы медицины и общее представление о саногенезе. *Вестник новых медицинских технологий* 2005; 12(3–4): 5–10.
4. Dal Cason D.L. Ergonomic principles and tools for best interdisciplinary psycho-physical stress prevention. *Work* 2012; 41(Suppl 1): 3920–3922, <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0062-3920>.
5. Григорьева В.Н. Когнитивная реабилитация — новое направление медицинской помощи больным с очаговыми поражениями головного мозга. *Современные технологии в медицине* 2010; 2: 95–99.
6. 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 Jan; 91(1): 36–45, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.08.011>. Epub 2013 Sep 4.
7. Шушарджан С.В. Руководство по музыкальной терапии. М: Медицина; 2005; 450 с.
8. Hammond D.C. The need for individualization in neurofeedback: heterogeneity in QEEG patterns associated with diagnoses and symptoms. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2010; 35(1): 31–36, <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-009-9106-1>.
9. MacDonald R.A. Music, health, and well-being: a review. *Int J Qual Stud Health Well-being* 2013; 8: 20635, <http://dx.doi.org/10.3402/qhw.v8i0.20635>.
10. 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; 79 с.
11. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.Н., Шарай В.В. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния. *Вопросы психологии* 1973; 6: 141–145.
12. Gray E. Music: a therapy for all? *Perspect Public Health* 2013; 133(1): 14, <http://dx.doi.org/10.1177/1757913912468642>.
13. Bhat P. Efficacy of alfa EEG wave biofeedback in the management of anxiety. *Ind Psychiatry J* 2010; 19(2): 111–114, <http://dx.doi.org/10.4103/0972-6748.90341>.

References

1. Shakhov B.E., Bozhkova E.D. Modern Technologies in Medicine. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2009; 1: 6–7.
2. Kazakovtsev B.A. Psychological and psychiatric relief measures for sufferers in extraordinary situations. *Psikhicheskoe zdorov'e* 2009; 3: 9–24.
3. Kidalov V.N., Khadartsev A.A., Yakushina G.N. Sanogenesis and sanogenic reactions of the erythron. *Vestnik novykh medicinskih tehnologij* 2005; 12(3–4): 5–10.
4. Dal Cason D.L. Ergonomic principles and tools for best interdisciplinary psycho-physical stress prevention. *Work* 2012; 41(Suppl 1): 3920–3922, <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0062-3920>.
5. 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. 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 Jan; 91(1): 36–45, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.08.011>. Epub 2013 Sep 4.
7. Shushardzhan S.V. *Rukovodstvo po muzykal'noy terapii* [Guide to music therapy]. Moscow: Meditsina; 2005; 450 p.
8. Hammond D.C. The need for individualization in neurofeedback: heterogeneity in QEEG patterns associated with diagnoses and symptoms. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2010; 35(1): 31–36, <http://dx.doi.org/10.1007/s10484-009-9106-1>.
9. MacDonald R.A. Music, health, and well-being: a review. *Int J Qual Stud Health Well-being* 2013; 8: 20635, <http://dx.doi.org/10.3402/qhw.v8i0.20635>.
10. Fedotchev A.I., Bondar' A.T., Semenov V.S. *Nелекарственная коррекция функциональных расстройств у человека. Принцип двойной обратной связи от ЭЭГ осцилляторов пациента* [Non-medicinal correction of human functional disorders. The principle of double feedback from patient's EEG oscillators]. Saarbrücken: LAP Lamberts Academic Publishing; 2010; 79 p.
11. Doskin V.A., Lavrent'eva N.A., Miroshnikov M.N., Sharay V.V. Differential self-assessment functional state test. *Voprosy psikhologii* 1973; 6: 141–145.
12. Gray E. Music: a therapy for all? *Perspect Public Health* 2013; 133(1): 14, <http://dx.doi.org/10.1177/1757913912468642>.
13. Bhat P. Efficacy of alfa EEG wave biofeedback in the management of anxiety. *Ind Psychiatry J* 2010; 19(2): 111–114, <http://dx.doi.org/10.4103/0972-6748.90341>.