

Федотчев А.И.¹, Полевая С.А.², Земляная А.А.³**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МУЗЫКАЛЬНОГО НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННЫХ РИСКОВ**¹ФГБУН «Институт биофизики клетки» РАН, ул. Институтская, 3, Пущино, Московской обл., РФ, 142290;²ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Минздрава РФ, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Нижний Новгород, РФ, 603005;³ФГБУ «Федеральный медицинский исследовательский центр психиатрии и наркологии» Минздрава РФ, Малый Кропоткинский пер., 23, Москва, РФ, 119991

Разработан музыкальный нейроинтерфейс, который сочетает неосознаваемое восприятие воздействий, характерное для музыкальной терапии, с максимальной персонификацией метода нейробиоуправления по электроэнцефалограмме (ЭЭГ). Наблюдались нормализация ЭЭГ, уменьшение ощущений стресса и позитивные сдвиги в психоэмоциональном состоянии пациентов. Однако статистически значимые положительные изменения отмечены только в случае контроля громкости музыки сигналами обратной связи от ЭЭГ пациента.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма (ЭЭГ); музыка; нейробиоуправление; узкочастотные ЭЭГ осцилляторы; стресс-вызванные расстройства; коррекция

Fedotchev A.I.¹, Polevaya S.A.², Zemlyanaya A.A.³ **Efficiency of musical neuro-interface for removal of risks induced by stress.** ¹Institute of Cell Biophysics of Russian Academy of Sciences, 3, Institutskaya str., Pushchino, Moscow Region, Russian Federation, 142290; ²Nizhegorodsk State Medical Academy, 10/1, Minin and Pozharsky Ave., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603005; ³Federal Medical Research Center for Psychiatry and Narcology, 23, Maly Kropotkinsky ln., Moscow, Russian Federation, 119991

The authors designed a musical neuro-interface that combines subconscious perception of impacts, characteristic for musical therapy, with maximal personification of neurobiomanagement by EEG. Observations were normalization of EEG, lower stress sensation and positive changes in psycho-emotional state of patients. But statistically significant positive changes were seen only when music volume is controlled by feedback signals from patients' EEG.

Key words: electroencephalogram (EEG); music; neurobiomanagement; narrow frequency EEG oscillators; disorders induced by stress; correction

Одной из актуальных проблем является изучение и преодоление последствий социально-психологических воздействий на работающего человека, которые могут способствовать формированию стресса на работе, приводить к ухудшению состояния здоровья специалиста, снижать эффективность и надежность его профессиональной деятельности [4]. В пользу этого свидетельствует тот факт, что стресс, связанный с работой, прямо или опосредованно становится первой причиной производственной заболеваемости в Европе [7].

Данная проблема особенно актуальна для специалистов, работа которых связана с компьютерной техникой и приводит к формированию у них компьютерного синдрома — мультисистемным функциональным нарушениям в организме, развивающимся вследствие хронической стресс-реакции в ответ на воздействие комплекса факторов производственной среды [3]. Стресс-индуцированные функциональные нарушения в результате чрезмерных нервно-эмоциональных и интеллектуальных нагрузок, работы в состоянии дефицита времени, необходимости обработки большого

объема информации наблюдаются также у работников умственного труда [6] и офисных работников, для которых характерны хроническая усталость, недомогание, головная боль, бессонница, различного рода аллергии, патологические состояния нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной, скелетно-мышечной систем [1]. Фармакологическая коррекция таких неблагоприятных функциональных состояний неизбежно ухудшает когнитивные функции человека-оператора и часто сопровождается привыканием и побочными эффектами [12], что делает медикаментозный путь терапии не всегда возможным. Поэтому крайне востребованными являются нелекарственные средства системного воздействия, направленные на своевременную коррекцию психогенных функциональных нарушений и когнитивную реабилитацию специалиста.

Среди таких средств можно отметить набор комплексных методов, успешно применяемых с целью восстановительного лечения пограничных психических расстройств [2]. Судя по данным литературы, наиболее часто при коррекции стресс-вызванных нарушений применяются музыкальная терапия (МТ)

[10] и вид биоуправления с обратной связью по ЭЭГ, получивший название нейробиоуправление (НБУ) [9]. Однако как НБУ, так и МТ имеют серьезные ограничения. Индивидуальная направленность НБУ сопровождается трудностью осознания и активного использования сигналов обратной связи от биопотенциалов мозга, которые эволюционно не предназначены для произвольного контроля. В то же время преимущество неосознаваемого восприятия музыкальных звуков в МТ сопровождается трудностью индивидуального подбора музыки, соответствующей психофизиологическим особенностям пациента, поэтому крайне привлекательной представляется идея объединения достоинств этих двух подходов при минимизации их недостатков [5].

В связи с этим разработан музыкальный нейроинтерфейс, в котором крайняя персонификация НБУ сочетается с неосознаваемым восприятием воздействий, характерным для МТ. Для коррекции стрессиндуцированных функциональных нарушений в нем используется классическая музыка в строгом соответствии с биопотенциалами головного мозга испытуемого. Инновационной особенностью разработанного нейроинтерфейса является использование характерных и значимых для пациента узкочастотных ЭЭГ осцилляторов, автоматически выявляемых в реальном времени, вместо заранее заданных и излишне широкополосных традиционных ЭЭГ ритмов.

Цель исследования — оценка эффективности разработанного нейроинтерфейса для коррекции вызванных стрессом функциональных нарушений путем сравнения эффектов, наблюдаемых у одних и тех же испытуемых при простом прослушивании музыкальных произведений и при их предъявлении, управляемом сигналами обратной связи от ЭЭГ осцилляторов пациента.

Материалы и методики. В исследовании приняли участие 15 специалистов (8 мужчин, 7 женщин в возрасте 35–55 лет) — научные сотрудники и программисты, текущая работа которых связана с компьютерными и Интернет-базами данных. Они обратились в кабинет психологической разгрузки с жалобами на психоэмоциональное напряжение и стресс из-за срочной работы над отчетом и добровольно согласились участвовать в 2 лечебных сеансах. Исследование выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено этическим комитетом Института биофизики клетки РАН. От каждого участника получено письменное информированное согласие.

В начале каждого обследования проводился опрос испытуемых и самооценка исходного состояния с помощью теста САН. После этого испытуемые надевали стереонаушники (Philips SBC HL140, уровень звука 0–40 дБ, частота 100–2000 Гц) и им устанавливали датчики для монополярной регистрации ЭЭГ в центральном отведении (Cz по международной системе 10–20%) с объединенным ушным электродом. ЭЭГ регистрировалась с помощью многоканального усилителя биопотенциалов «Brainsys» (Хардсофт, Москва) и оцифровывалась с частотой 128 Гц. Фильтры устанавливали на верхнюю частоту среза 70 Гц и постоянную времени 0,3 секунды.

Во время 30-секундной регистрации фоновой ЭЭГ у каждого испытуемого определялся доминирующий узкочастотный (0,4–0,6 Гц) ЭЭГ осциллятор в полосе альфа-ритма (8–13 Гц). С этой целью процедуры быстрого преобразования Фурье выполняются для коротких (5 сек) участков записи, которые последовательно смещаются друг относительно друга по ходу анализа с перекрытием 50%. Для подавления уровня шума используется только набор наиболее ярко выраженных спектральных пиков. Когда такие спектральные пики последовательно накапливаются в течение 30-секундного периода фоновой регистрации ЭЭГ, результирующий накопленный спектр основывается на суммировании большого количества индивидуальных кратковременных спектров, он имеет высокое (0,2 Гц) частотное разрешение и содержит информацию о характерных для данного испытуемого узкочастотных ЭЭГ осцилляторах.

После регистрации фоновой ЭЭГ включался рабочий режим, где испытуемым предъявлялась 15-минутная композиция из популярных классических произведений Чайковского, Моцарта, Баха и Шуберта, заранее записанная на жесткий диск компьютера. В одном из двух обследований использовался ранее выявленный альфа ЭЭГ осциллятор субъекта. Для этого с помощью специально разработанного программного обеспечения интенсивность звуков музыки варьировалась в точном соответствии с текущей амплитудой ЭЭГ осциллятора: чем больше его амплитуда, тем больше громкость музыки и наоборот. В другом (контрольном) обследовании музыкальная композиция предъявлялась без обратной связи от ЭЭГ. В обоих экспериментах испытуемых просили сидеть спокойно и слушать музыку. После прослушивания регистрация ЭЭГ продолжалась в течение 2 мин. для измерения эффектов последствия. В конце каждого эксперимента было проведено повторное тестирование и опрос испытуемых об их ощущениях во время лечебных сеансов.

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием статистического пакета «Origin 6.0». Средние значения (M), стандартные ошибки (m) и критерий t Стьюдента использовались для определения уровней значимости различий p .

Результаты и их обсуждение. Для оценки эффективности каждого лечебного сеанса в качестве объективных критериев использовались отношения в процентах мощности тета и альфа диапазонов к суммарной мощности спектра ЭЭГ (тета и альфа индексы), вычисленные для исходного фона и периода последствия. Средние значения субъективных оценок испытуемыми самочувствия, активности и настроения с помощью теста САН до и после каждого лечебного сеанса служили субъективными показателями их состояния (табл.).

Таблица

Средние значения объективных и субъективных показателей, зарегистрированных до и после каждой лечебной процедуры ($M \pm m$)

Показатель	Предъявление музыки без обратной связи по ЭЭГ		Предъявление музыки с обратной связью по ЭЭГ	
	До	После	До	После
Тета индекс ЭЭГ, %	20,8±0,8	19,6±1,0	20,9±1,1	20,4±1,0
Альфа индекс ЭЭГ, %	70,4±2,2	73,2±1,9	70,2±1,7	76,9±2,0*
Тест САН, самочувствие, баллы	47,1±1,1	49,9±1,1	46,9±1,2	51,7±1,0**
Тест САН, активность, баллы	47,0±1,3	50,6±1,4	47,0±1,3	49,7±1,4
Тест САН, настроение, баллы	48,8±1,7	51,7±1,4	48,5±1,6	54,1±1,6*

Примечания: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$.

Результаты показывают, что в обоих сеансах мощность тета-ритма ЭЭГ к концу лечебной процедуры снижалась, а мощность альфа-ритма — возрастала. Однако статистически значимые ($p < 0,05$) изменения мощности альфа-ритма наблюдались только в случае контроля звучания музыки сигналами обратной связи от ЭЭГ. В обоих лечебных сеансах выявлены положительные сдвиги показателей теста САН. Однако наиболее выраженные и достоверные изменения отмечались только в сеансах с наличием управляющих сигналов обратной связи от ЭЭГ осциллятора пациента.

Результаты опроса испытуемых после каждого обследования показали, что лечебные процедуры были положительно оценены большинством пациентов. Они с удовольствием воспринимали музыкальные композиции в обоих сеансах, несмотря на то, что в одном из них громкость музыки менялась в строгом соответствии с текущей амплитудой ЭЭГ осциллятора и требовалось дополнительное внимание, чтобы распознать любимые фрагменты. В результате лечения испытуемые отметили снижение уровня стресса и позитивные изменения в собственном психоэмоциональном статусе.

Исследования показали, что под влиянием обеих лечебных процедур у испытуемых наблюдаются снижение уровня стресса, нормализация ЭЭГ и позитивные сдвиги в психоэмоциональном статусе. Однако в условиях, когда музыкальные воздействия осуществляются в строгом соответствии с текущими значениями ЭЭГ осциллятора пациента, наблюдаются эффекты, превосходящие реакции на простое прослушивание музыки.

Известно, что музыка в ряде случаев сама по себе обладает магической силой и может считаться универсальным терапевтическим средством [8]. Однако когда музыкальные воздействия управляются сигналами обратной связи от собственных биопотенциалов мозга субъекта, они могут демонстрировать повышенную эффективность. В основе этого лежит тот факт, что процедуры нейробиоуправления могут настраивать колебания электрической активности мозга на гомеостатический уровень, который обеспечивает оптимальный баланс между гибкостью и стабильностью нейронных сетей [11]. По-видимому, в усло-

виях музыкального нейробиоуправления создаются оптимальные условия для вовлечения интегративных, адаптационных и резонансных механизмов центральной нервной системы в реакции организма на низкоинтенсивные внешние воздействия. Базовым условием для отмеченных эффектов является использование узкополосных ЭЭГ осцилляторов субъекта.

Хотя результаты исследования являются предварительными и требуют дальнейшего анализа, полученные данные свидетельствуют в пользу возможности успешного использования музыкального нейробиоуправления в широком спектре реабилитационных процедур для устранения стресс-индуцированных рисков надежности специалиста.

Выводы:

1. При предъявлении классической музыки, управляемых ЭЭГ осцилляторами субъекта, наблюдаются снижение уровня стресса, нормализация ЭЭГ и позитивные сдвиги в психоэмоциональном статусе субъекта.

2. Положительные эффекты основаны на оптимальном взаимодействии музыки с регуляторными системами мозга и вовлечении интегративных, адаптационных и резонансных механизмов деятельности центральной нервной системы в реакции организма на лечебные музыкальные воздействия.

3. Оптимальным условием для выявленных эффектов является использование узкочастотных ЭЭГ осцилляторов, характерных и значимых для данного индивида.

Исследование выполнено при поддержке Российского Гуманитарного научного фонда, гранты РГНФ №№ 15-06-10894 и 16-06-00133.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 7–12)

1. Дударев А.А., Сорокин Г.А. Актуальные проблемы гигиены труда и профессиональной патологии офисных работников // Мед. труда и пром. экология. — 2012. — № 4. — С. 1–8.
2. Елфимов М.А., Котенко К.В., Корчажкина Н.Б., Филатова Е.В., Портнов В.В., Червинская А.В., Михайлова А.А. Комплементарные методы восстановительного лечения при пограничных психических расстройствах // Мед. труда и пром. экология. — 2016. — № 2. — С. 1–5.

3. Зайцева Н.В., Власова Е.М., Малютина Н.Н. Особенности психологического статуса работающих с компьютерной техникой // Мед. труда и пром. экология. — 2011. — № 1. — С. 14–18.

4. Калинина С.А., Юшкова О.И. Влияние социально-психологических факторов на формирование профессионального стресса // Физиол. человека. — 2015. — Т. 41, № 4. — С. 44–52.

5. Федотчев А.И., Радченко Г.С. Музыкальная терапия и музыка мозга: состояние, проблемы и перспективы исследований // Успехи физиол. наук. — 2013. — Т. 44, № 4. — С. 34–48.

6. Юшкова О.И., Порошенко А.С., Капустина А.В., Калинина С.А., Ониани Х.Т. Профилактика неблагоприятного влияния трудовой деятельности на функциональное состояние работников умственного труда // Мед. труда и пром. экология. — 2012. — № 4. — С. 13–19.

REFERENCES

1. Dudarev A.A., Sorokin G.A. Topical problems of industrial hygiene and occupational diseases in office workers // Industr. med. — 2012. — 4. — P. 1–8 (in Russian).

2. Elfimov M.A., Kotenko K.V., Korchazhkina N.B., Filatova E.V., Portnov V.V., Chervinskaya A.V., Mikhaylova A.A. Complementary methods of rehabilitation in borderline mental disorders // Industr. med. — 2016. — 2. — P. 1–5 (in Russian).

3. Zaytseva N.V., Vlasova E.M., Malyutina N.N. Features of psychologic state of computer users // Industr. med. — 2011. — 1. — P. 14–18 (in Russian).

4. Kalinina S.A., Yushkova O.I. Influence of social psychologic factors on occupational stress formation // Fiziol. cheloveka. — 2015; Vol 41. — 4. — P. 44–52 (in Russian).

5. Fedotchev A.I., Radchenko G.S. Musical therapy and brain music: state, problems and research prospects // Uspekhi fiziol. nauk. — 2013. — Vol 44. — 4. — P. 34–48 (in Russian).

6. Yushkova O.I., Poroshenko A.S., Kapustina A.V., Kalinina S.A., Oniani Kh.T. Prevention of unfavorable influence of occupational activity on functional state of mental workers // Industr. med. — 2012. — 4. — P. 13–19 (in Russian).

7. Dal Cason D.L. Ergonomic principles and tools for best interdisciplinary psycho-physical stress prevention // Work. — 2012. — Vol. 41. Suppl. — № 1. — P. 3920–3922. doi: 10.3233/WOR-2012-0062-3920.

8. Gray E. Music: a therapy for all? // Perspect. Public Health. — 2013. — Vol. 133. — № 1. — P. 14–15. doi: 10.1177/1757913912468642.

9. Marzbani H., Marateb H.R., Mansourian M. Neurofeedback: A comprehensive review on system design, methodology and clinical applications // Basic Clin. Neurosci. — 2016. — Vol. 7. — № 2. P. 143–158. doi: 10.15412/J. BCN. 03070208.

10. Radstaak M., Geurts S.A., Brosschot J.F., Kompier M.A. Music and psychophysiological recovery from stress // Psychosom. Med. — 2014. — Vol. 76. №7. — P. 529–537. doi: 10.1097/PSY. 0000000000000094.

11. Ros T., Baars B.J., Lanius R.A., Vuilleumier P. Tuning pathological brain oscillations with neurofeedback: a systems neuroscience framework // Front. Hum. Neurosci. — 2014. — Vol. 8. — №1008. — P. 1–12. doi: 10.3389/fnhum. 2014.01008.

12. Wood S., Sage J.R., Shuman T., Anagnostaras S.G. Psycho-stimulants and cognition: a continuum of behavioral and cognitive activation // Pharmacol. Rev. — 2013. — Vol. 66. — № 1. — P. 193–221. doi: 10.1124/pr. 112.007054.

Поступила 16.08.2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Федотчев Александр Иванович (Fedotchev A.I.),

вед. науч. сотр. Института биофизики клетки РАН, д-р биол. наук. E-mail: fedotchev@mail.ru.

Полевая Софья Александровна (Polevaya S.A.),

зав. отд. нейрофизиол. и эксперимент. моделирования Нижегородской государственной медицинской академии, д-р биол. наук, проф. E-mail: s453383@mail.ru.

Земляная Анна Александровна (Zemlyanaya A.A.),

ст. науч. сотр. Федерального медицинского исследовательского центра психиатрии и наркологии Минздрава РФ, канд. мед. наук. E-mail: a_zemlyanaya@mail.ru.

УДК 613.62.616–084

Конторович Е.П., Дроботя Н.В., Горбянский Ю.Ю., Гусейнова Э.Ш.

СОСУДИСТЫЙ ВОЗРАСТ КАК ПРЕДИКТОР НАРУШЕНИЙ ЗДОРОВЬЯ У РАБОТНИКОВ ЭЛЕКТРОВОЗОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ФГБОУ ВО «РостГМУ» Минздрава РФ, пер. Нахичеванский, 29, Ростов-на-Дону, РФ, 344022

В работе представлены результаты исследования взаимосвязи сосудистого возраста с производственными и психосоциальными факторами. Установлена ассоциация между вредными условиями труда и повышением жесткости сосудистой стенки, а также значимые различия между паспортным и сосудистым возрастом. Сосудистый возраст является фактором риска нарушений здоровья работников и может быть использован при разработке системы профилактических мероприятий.