

А. И. ФЕДОТЧЕВ

*Институт биофизики клетки Российской академии наук
Пушкинский научный центр биологических исследований Российской академии наук
г. Пушкино, Московская область, Россия
ORCID: 0000-0001-5332-5309, fedotchev@mail.ru*

Музыкально-компьютерные технологии в разработке методов коррекции стресс-индуцированных состояний человека*

В рамках обсуждения современных тенденций в создании музыкально-компьютерных технологий рассматривается история возникновения, достижения и перспективы развития инновационного подхода к профилактике и коррекции функциональных расстройств с помощью музыкальных или «музыкаподобных» воздействий, управляемых собственными биопотенциалами мозга и сердца человека. После анализа особенностей метода «музыка мозга», впервые предложенного российским неврологом Яковом Левиным для лечения бессонницы, рассмотрены и реализованы пути его дальнейшего совершенствования. Среди них такие, как переход на online-версию «музыки мозга», использование значимых для пациента электроэнцефалографических (ЭЭГ) осцилляторов при их трансформации в «музыкаподобные» лечебные воздействия, а также применение комплексной обратной связи от биопотенциалов мозга и сердца пациента для увеличения эффективности лечебных процедур. Разработанные и успешно опробованные музыкально-компьютерные технологии основаны на вовлечении процессов восприятия и обработки значимых для человека интероцептивных сигналов в механизмы мультисенсорной интеграции, нейропластичности и резонансные механизмы мозга. Все они обеспечивают нормализацию функционального состояния под влиянием лечебных воздействий. Дальнейшее развитие этих технологий является перспективным направлением современных музыковедческих исследований.

Ключевые слова: музыкально-компьютерные технологии, трансформация ЭЭГ осцилляторов в музыку, коррекция стресс-индуцированных состояний, комплексная обратная связь от биопотенциалов мозга и сердца.

Для цитирования / For citation: Федотчев А. И. Музыкально-компьютерные технологии в разработке методов коррекции стресс-индуцированных состояний человека // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2020. № 3. С. 24–29.
DOI: 10.33779/2587-6341.2020.3.024-029.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант РФФИ № 19-013-00095.



ALEXANDER I. FEDOTCHEV

*Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences
Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences
Pushchino, Moscow Region, Russia
ORCID: 0000-0001-5332-5309, fedotchev@mail.ru*

Computer Musical Technologies in the Development of Methods of Correction of Human Beings' Stress Induced Conditions

Within the frameworks of discussions of present-day tendencies in creation of computer musical technologies the history of the emergence, achievement and prospects of development of an innovational approach towards maintenance and correction of functional disorders by means of musical and “music-simulated” impacts directed by human beings’ own bio-potentials of their brain and heart. Following an analysis of the peculiarities of the “brain music” method introduced for the first time by Russian neurologist Yakov Levin for curing insomnia, the paths of its further perfection are examined and actualized. The latter include the switch to the online version of “brain music,” utilization of electroencephalographic (EEG) oscillators crucial for the patient upon their transformation into “music-simulated” curing impact, as well as the use of a complex system of feedback from the bio-potentials of the brain and the heart for the expansion of the effectiveness of the curing procedures. The elaborated and successfully tested computer musical technologies are based on the induction of processes of perception and processing of interceptive signals significant for human beings into the mechanisms of the brain’s multi-sensorial integration, neuroplasticity and resonant mechanisms.

The publication is prepared within the framework of scholarly project No. 19-013-00095 supported by the RFFI.

Keywords: computer musical technologies, transformation of EEG oscillators into music, correction of stress induced conditions, complex system of feedback from the bio-potentials of the brain and the heart.

Благодаря техническому прогрессу и стремительному развитию информационных технологий на рубеже XX и XXI столетий возникло новое направление музыкальной науки и сформировалось несколько новых междисциплинарных сфер профессиональной деятельности, связанных с созданием и применением специализированных музыкальных программно-аппаратных средств, которые получили название музыкально-компьютерные технологии [1].

Среди них к настоящему времени можно выделить такие, как творческое взаимодействие музыканта с компьютером [2], создание алгоритмической музыки [4] и её использование с наличием сюжетной и композиционной структур для музификации ежедневной активности человека [3].

Данная статья посвящена рассмотрению ещё одной музыкально-компьютерной технологии, основы которой были заложены 22 года назад выдающимся российским неврологом Яковом Иоси-

фовичем Левиным [9], впервые предложившим термин «музыка мозга» при создании метода лечения бессонницы. Затем эта технология получила развитие в наших исследованиях [8]. Речь идёт об инновационном подходе к профилактике и коррекции функциональных расстройств с помощью музыкальных или «музыкаподобных» воздействий, управляемых собственными биопотенциалами мозга человека.

Изначально предложенный метод Левина основан на преобразовании электроэнцефалограммы (ЭЭГ) пациента в музыку с использованием специального алгоритма, разработанного автором. Для этого записывается ЭЭГ субъекта во время ночного сна, в полученных записях идентифицируются ЭЭГ-сегменты, соответствующие различным фазам сна, и осуществляется их трансформация в своеобразные музыкальные произведения, которые затем записываются на аудиодиск. Лечение заключается в прослушивании определённых фрагментов перед сном. Было установлено, что «музыка мозга» вызывает позитивный эффект у 80% пациентов с бессонницей после 15-дневного курса лечения, сокращая время засыпания, увеличивая длительность сна и улучшая самочувствие после просыпания.

Описанный метод был впоследствии модифицирован и применён в нескольких зарубежных клиниках [10]. Модификация заключалась в усовершенствовании способа трансформации ЭЭГ в музыку путём использования так называемого «компилятора звуков мозга» – набора из 18 алгоритмов преобразования ЭЭГ, дающего возможность вводить изменения в темпе, варьировать уровень каждого канала, изменять музыкальные параметры (например, «легато» на «стаккато»), добавлять мажорные и минорные аккор-

ды и т. д. Полученные после конвертации ЭЭГ-паттернов персонифицированные музыкальные файлы записываются на компакт-диск и выдаются пациенту с инструкцией для применения.

В наших исследованиях был применён *online*-вариант «музыки мозга» [7]. В исследованиях приняли участие пациентки, проходившие родовую подготовку и находящиеся на лечении в стационаре по поводу стрессогенных осложнений беременности. Участницы принимали удобное положение в кресле или на кушетке с закрытыми глазами. Во время лечебных сеансов у них регистрировали ЭЭГ и в реальном времени определяли мощности основных ЭЭГ ритмов. Сигналом обратной связи служили классические музыкальные произведения, предварительно выбранные каждой участницей из предъявленного списка. Однако музыка звучала только тогда, когда пациентка (использующая индивидуальную стратегию для достижения необходимой степени расслабления) могла произвольно увеличивать или уменьшать заданный ЭЭГ-ритм относительно исходного уровня. Задача пациентки заключалась в том, чтобы почувствовать, осознать и запомнить свои ощущения при прослушивании музыки с тем, чтобы она не прерывалась.

Исследования позволили установить, что обследуемые могут научиться произвольно контролировать собственные ЭЭГ-ритмы с помощью музыкальной обратной связи. Были выявлены такие лечебные эффекты, как положительное отношение пациенток к проведённым лечебным сеансам, снижение уровня стресса и позитивные изменения психоэмоционального состояния. Все проанализированные случаи беременности завершились рождением здоровых детей. Полученные данные позволили



заклучить, что разработанный вариант музыкально-компьютерной технологии может быть полезным дополнением к общепринятым средствам комплексной терапии патологии беременности. Вместе с тем, эффективность обучения контролю собственных ЭЭГ-ритмов оказалась относительно низкой, и положительные эффекты достигались лишь после многочисленных тренировок. Причина состояла в использовании заранее заданных, излишне широкополосных и полифункциональных традиционных ЭЭГ-ритмов (тета-, альфа-, бета- и др.). Здесь уместна аналогия с игрой на пианино в рукавицах – пытаясь нажимать на нужные клавиши, пианист неизбежно будет также нажимать на соседние и вызывать какофонию звуков. Был сделан вывод о том, что для повышения эффективности технологии следует использовать только узкополосные компоненты ЭЭГ, характерные для каждого пациента.

В связи с этим в наших дальнейших исследованиях [6] у каждого испытуемого в реальном времени выявляются характерные и значимые для него узкочастотные ЭЭГ-осцилляторы, которые используются вместо чрезмерно широкополосных традиционных ЭЭГ-ритмов. При этом человеку, находящемуся в состоянии стресса, предъявляют «музыкаподобные» сигналы, по тембру напоминающие звуки флейты, которые плавно варьируют по высоте тона и интенсивности в прямой зависимости от текущей амплитуды доминирующего у субъекта альфа ЭЭГ-осциллятора, то есть в звуковые сигналы вводили ритмы сердцебиений испытуемого. Под влиянием лечебных процедур отмечается ряд позитивных сдвигов состояния, снижение уровня стресса и эмоциональной дезадаптации испытуемых.

В наших недавних исследованиях [5] мы предположили, что эффективность разработанной музыкально-компьютерной технологии может быть повышена, если управление «музыкаподобными» воздействиями будет осуществляться не только биопотенциалами мозга, но и ритмом сердцебиений человека. Как и предполагалось, такие комплексные лечебные воздействия оказались более эффективными. Под их влиянием происходит достоверное увеличение мощности альфа-ритма ЭЭГ относительно фона, сопровождаемое увеличением показателей самочувствия и настроения, снижением степени эмоциональной дезадаптации и уровня стрессированности человека. Полученные данные объясняются вовлечением процессов восприятия и обработки значимых для человека интероцептивных сигналов в механизмы мультисенсорной интеграции, нейропластичности и резонансные механизмы мозга, обеспечивающие нормализацию функционального состояния под влиянием лечебных воздействий.

Всё вышесказанное позволяет утверждать, что разработанные нейроинтерфейсы могут найти применение в широком спектре реабилитационных процедур, в кабинетах психологической разгрузки на производстве, в образовательных учреждениях для активизации познавательной деятельности человека и процессов его обучения, в военной и спортивной медицине, медицине катастроф, музыковедческих научных исследованиях.

Автор выражает благодарность коллегам А. Т. Бондарю, А. А. Земляной, С. Б. Парину и С. А. Полевой за неизменную моральную поддержку проекта «Музыка мозга».

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунова И. Б. Музыкально-компьютерные технологии в подготовке современного педагога-музыканта // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2014. № 3. С. 5–10.
2. Красноскулов А. В. Проект «Т|А»: дуэт человека и компьютера // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2017. № 2. С. 22–26.
DOI: 10.17674/1997-0854.2017.2.022-026.
3. Красноскулов А. В. Сонификация: как «звучит» ежедневная физическая активность? // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2019. № 2. С. 111–119.
DOI: 17674/1997-0854.2019.2.111-119.
4. Пирязева Е. Н. Алгоритмические композиции – феномен электронной музыки // Проблемы музыкальной науки / Music Scholarship. 2019. № 2. С. 105–110.
DOI: 10.17674/1997-0854.2018.4.105-110.
5. Федотчев А. И., Парин С. Б., Громов К. Н., Савчук Л. В., Полевая С. А. Комплексная обратная связь от биопотенциалов мозга и сердца в коррекции стресс-индуцированных состояний // Журнал высшей нервной деятельности. 2019. Т. 69, № 2. С. 187–193.
DOI: 10.1134/S0044467719020059.
6. Федотчев А. И., Парин С. Б., Полевая С. А., Великова С. Д. Технологии «интерфейс мозг-компьютер» и нейробиоуправление: современное состояние и перспективы клинического применения // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9, № 1. С. 175–184.
DOI: 10.17691/stm2017.9.1.01.
7. Fedotchev A. I., Kim E. V. Correction of Functional Disturbances during Pregnancy by the Method of Adaptive EEG Biofeedback Training // Human Physiology. 2006. Vol. 32, No. 6, pp. 652–656. DOI: 10.1134/S0362119706060041.
8. Fedotchev A. I., Radchenko G. S., Zemlyanaya A. A. Music of the brain approach to health protection // Journal of Integrative Neuroscience. 2018. Vol. 17, No. 3, pp. 291–294.
DOI: 10.31083/JIN-170053.
9. Levin Ya. I. “Brain music” in the Treatment of Patients with Insomnia // Neuroscience & Behavioral Physiology. 1998. Vol. 28, No. 3, pp. 330–335. PMID: 9682240.
10. Mindlin G., Rozelle G. Brain Music Therapy: Home Neurofeedback for Insomnia, Depression, and Anxiety. Abstracts // International Society for Neuronal Regulation 14 Annual Conference. Atlanta, Georgia. September 7–10, 2006, pp. 12–13.

Об авторе:

Федотчев Александр Иванович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории механизмов рецепции, Институт биофизики клетки Российской академии наук, Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук (142290, г. Пущино, Московская область, Россия),
ORCID: 0000-0001-5332-5309, fedotchev@mail.ru

REFERENCES

1. Gorbunova I. B. Muzykal'no-komp'yuternye tekhnologii v podgotovke sovremennogo pedagoga-muzykanta [Musical and Computer Technologies in the Training of a Modern Teacher-Musician]. *Problemy muzykal'noj nauki / Music Scholarship*. 2014. No. 3, pp. 5–10.



2. Krasnoskulov A. V. Proekt «T|A»: duet cheloveka i komp'yutera [Project “T|A”: A Duet of Man and Computer]. *Problemy muzykal'noj nauki / Music Scholarship*. 2017. No. 2, pp. 22–26. DOI: 10.17674/1997-0854.2017.2.022-026.
3. Krasnoskulov A. V. Sonifikatsiya: kak «zvuchit» ezhdnevnyaya fizicheskaya aktivnost'? [Sonification: How Everyday Physical Activity “Sounds”?]. *Problemy muzykal'noj nauki / Music Scholarship*. 2019. No. 2, pp. 111–119. DOI: 17674/1997-0854.2019.2.111-119.
4. Piryazeva E. N. Algoritmicheskie kompozitsii – fenomen elektronnoy muzyki [Algorithmic Compositions are a Phenomenon of Electronic Music]. *Problemy muzykal'noj nauki / Music Scholarship*. 2019. No. 2, pp. 105–110. DOI: 10.17674/1997-0854.2018.4.105-110.
5. Fedotchev A. I., Parin S. B., Gromov K. N., Savchuk L. V., Poleyaya S. A. Kompleksnaya obratnaya svyaz' ot biopotentsialov mozga i serdtsa v korrektsii stress-indutsirovannykh sostoyaniy [Complex Feedback from the Biopotentials of the Brain and Heart in the Correction of Stress-Induced States]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti* [Journal of Higher Nervous Activity]. 2019. Vol. 69, No. 2, pp. 187–193. DOI: 10.1134/S0044467719020059.
6. Fedotchev A. I., Parin S. B., Poleyaya S. A., Velikova S. D. Tekhnologii «interfeys mozg-komp'yuter» i neyrobioupravlenie: sovremennoe sostoyanie i perspektivy klinicheskogo primeneniya [Brain-Computer Interface and Neurofeedback Technologies: Current State and Prospects of Clinical Application]. *Sovremennye tekhnologii v meditsine* [Modern Technologies in Medicine]. 2017. Vol. 9, No. 1, pp. 175–184. DOI: 10.17691/stm2017.9.1.01.
7. Fedotchev A. I., Kim E. V. Correction of Functional Disturbances during Pregnancy by the Method of Adaptive EEG Biofeedback Training. *Human Physiology*. 2006. Vol. 32, No. 6, pp. 652–656. DOI: 10.1134/S0362119706060041.
8. Fedotchev A. I., Radchenko G. S., Zemlyanaya A. A. Music of the Brain Approach to Health Protection. *Journal of Integrative Neuroscience*. 2018. Vol. 17, No. 3, pp. 291–294. DOI: 10.31083/JIN-170053.
9. Levin Ya. I. “Brain music” in the Treatment of Patients with Insomnia. *Neuroscience & Behavioral Physiology*. 1998. Vol. 28, No. 3, pp. 330–335. PMID: 9682240.
10. Mindlin G., Rozelle G. Brain Music Therapy: Home Neurofeedback for Insomnia, Depression, and Anxiety. Abstracts. *International Society for Neuronal Regulation 14 Annual Conference*. Atlanta, Georgia. September 7–10, 2006, pp. 12–13.

About the author:

Alexander I. Fedotchev, Dr.Sci. (Biological Science), Leading Researcher at the Laboratory of the Mechanisms, Institute of Cell Biophysics of the Russian Academy of Sciences, Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences (142290, Pushchino, Moscow Region, Russia), **ORCID: 0000-0001-5332-5309**, fedotchev@mail.ru

