

УДК 612.85.016.6-057.875+612.822.3(045)

КУНАВИН Михаил Алексеевич, ассистент кафедры физиологии и морфологии человека института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 11 научных публикаций

СОКОЛОВА Людмила Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и морфологии человека института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 130 научных публикаций, в т. ч. двух монографий и учебного пособия

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ БИОПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА ПРИ ВОСПРИЯТИИ МЕЛОДИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА АУДИО-СТИМУЛОВ

Современные исследователи процессов восприятия музыки часто используют в качестве стимульного материала полноценные музыкальные композиции различной жанровой принадлежности. Подобный подход не способствует пониманию того, как различные компоненты музыкальных аудио-стимулов взаимодействуют друг с другом, приводит к появлению множества противоречивых теорий восприятия музыки. Музыкальное произведение следует рассматривать в качестве сложно-компонентного аудио-стимула, включающего такие характеристики, как ритм, тональность, мелодия. Настоящее исследование направлено на выявление особенностей функциональной организации головного мозга в процессе восприятия мелодического компонента аудио-стимулов. В исследовании приняли участие студенты Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, не имеющие специального музыкального образования (70 человек, средний возраст $20,4 \pm 1,2$ лет). Электроэнцефалограмму регистрировали в состоянии спокойного бодрствования и при прослушивании музыкальных аудио-стимулов, сгенерированных на компьютере при помощи программного комплекса TuxGuitar. Изучались особенности пространственно-временной организации биоэлектрической активности мозга обследуемых в процессе восприятия темпо-ритмического и мелодического компонента аудио-стимулов. Используя многофакторную модель дисперсионного анализа (RM MANOVA) удалось выделить паттерны коркового взаимодействия однозначно связанные с анализом мелодий. Показано, что включение в состав аудио-стимулов мелодических паттернов значительно отражалось на структуре пространственно-временных отношений биопотенциалов мозга в диапазоне тета- и бета-ритма. Обнаружено повышение уровня когерентности внутри фронто-галамической модулирующей системы во время прослушивания мелодий. В диапазоне бета-ритма происходило формирование корковой нейронной сети межполушарного взаимодействия с фокусом активности в заднеассоциативных областях правого полушария.

Ключевые слова: биоэлектрическая активность головного мозга, когерентность, восприятие музыки, аудио-стимулы, мелодический компонент.

Стремительное развитие в XXI веке психофизиологической и нейрофизиологической науки обуславливает возрастающий интерес исследователей к изучению все более сложных форм когнитивной деятельности человека. Все чаще предпринимаются попытки описать мозговые механизмы процессов восприятия многокомпонентных стимулов самой различной модальности [1]. Особое место среди подобных работ занимают исследования по восприятию объектов человеческой культуры, в т. ч. музыки [2–4]. При этом музыкальное произведение может изучаться в отрыве от его культурной и исторической ценности и рассматриваться исключительно в качестве сложно-компонентного аудио-стимула. Применение современных методов нейровизуализации и электроэнцефалографии (ЭЭГ) позволяет зарегистрировать функциональные перестройки головного мозга, возникающие в процессе их восприятия [5, 6]. Однако содержательная трактовка полученных данных часто осложняется в связи с проявлением феномена «когнитивной сложности». Множество структурных компонентов аудио-стимула, взаимодействуя между собой, оказывают неоднозначное влияние на стратегии их мозговой обработки [7]. Поэтому работы по изучению процессов восприятия отдельных компонентов музыкального произведения продолжают оставаться актуальными.

Целью нашей работы было изучение ЭЭГ-коррелятов процесса восприятия мелодического компонента аудио-стимулов.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 70 студентов (35 юношей и 35 девушек) Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова в возрасте от 18 до 25 лет (средний возраст $20,4 \pm 1,2$). Все обследованные были праворукими и не имели специального музыкального образования. Отобранные респонденты принимали участие в исследовании на добровольной основе с соблюдением всех принципов биомедицинской этики.

Электроэнцефалограмму регистрировали монополярно при помощи компьютерного

электроэнцефалографа Neuroscope-416 (НПФ Биола, Россия) с использованием серебряных чашечковых электродов, расположенных в отведениях, локализация которых определялась в соответствии с международной системой «10-20» (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T4). Установка левого и правого височно-теменно-затылочного отведения (ТРО1, ТРО2) производилась по методу Т.В. Бетелевой [8]. В качестве референтных использовались разделенные ушные электроды (A1, A2).

Исследование проводилось в комфортной обстановке, в первой половине дня, в положении сидя. ЭЭГ регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами при отсутствии каких-либо звуковых стимулов (2 мин), которые впоследствии рассматривались как фоновые. В течение следующей части исследования регистрация ЭЭГ проводилась при прослушивании обследуемым различных аудио-стимулов. В качестве вариантов нагрузки выступали последовательности звуковых сигналов, генерируемые на компьютере при помощи программного комплекса TuxGuitar: было сгенерировано две звуковые последовательности. Первая представляла собой запись зациклено повторяющейся ноты «до» первой октавы (262 Гц) и рассматривалась нами как аналог выделенного темпо-ритмического компонента музыкального произведения. Другой была простейшая монофоническая мелодия. При ее выборе учитывалась, прежде всего, однородность ритмического рисунка на протяжении всего звучания. Каждая сгенерированная последовательность прослушивалась обследуемым в течение 2 мин с закрытыми глазами в двух вариантах, отличающихся скоростью воспроизведения (80 и 160 ударов в минуту соответственно).

При математической обработке электроэнцефалограмм применялся метод когерентного анализа ритмических составляющих биоэлектрической активности головного мозга. Исходным материалом служили безартефактные участки ЭЭГ длительностью не менее 80 с (эпоха анализа – 2,56 с). Максимум функции коге-

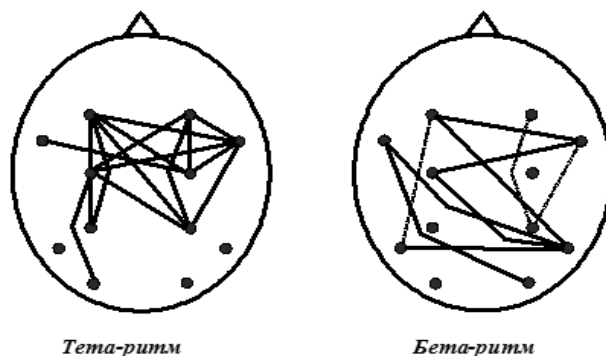
рентности (КОГ) рассчитывался для всех 66 пар отведений (30 внутриполушарных и 36 межполушарных пар) в диапазонах частот: тета – 4–8 Гц, альфа – 8–13 Гц и бета – 13–30 Гц.

Статистический анализ результатов проводился с применением пакетов прикладных программ «Microsoft Excel 2010» и «SPSS 22.0 для Windows». На подготовительном этапе обработки данных полученные выборки проверялись на нормальность распределения и равенство дисперсий с использованием тестов Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk's test) и Ливена (Levene's test) соответственно. В дальнейшем все процедуры статистического анализа проводились с использованием нормированных выборок, что позволило использовать нам в качестве характеристики данных средние значения и среднеквадратичные отклонения ($M \pm \sigma$), а также применять в качестве основного статистического метода дисперсионный анализ [9].

Для выявления пространственно-временной структуры взаимодействия основных областей головного мозга в процессе восприятия аудио-стимулов, оценивалась статистическая значимость изменений функции КОГ. С этой целью применялся многофакторный дисперсионный анализ для исследований с повторными измерениями (RM MANOVA). Значимость различий между ситуациями проверялась при помощи построения многомерной иерархической модели, которая включала в себя 2 внутригрупповых фактора, каждый из которых имел 2 градации: скорость воспроизведения аудио-стимулов (80 и 160 уд/мин) и наличие мелодического компонента (да, нет). Это позволило выделить статистически значимые изменения функции КОГ ЭЭГ, связанные исключительно с восприятием мелодического компонента, а также не учитывать при обсуждении перестройки пространственно-временной организации, вызванные изменениями темпо-ритмических характеристик аудио-стимулов [10]. Статистически значимыми считались изменения при величине вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Результатами дисперсионного анализа было показано, что

включение в состав аудио-стимулов мелодических паттернов значительно отражалось на структуре пространственно-временных отношений биопотенциалов мозга в диапазоне тета- и бета-ритма (рисунк). В альфа-диапазоне статистически значимых перестроек уровня КОГ отмечено не было.



Пространственное распределение статистически значимых изменений максимума функции КОГ ЭЭГ студентов при восприятии мелодического компонента аудио-стимулов: сплошная линия – рост значений КОГ между отведениями при восприятии мелодий по сравнению с выделенным темпо-ритмом; пунктирная линия – падение значений КОГ

Вне зависимости от скорости воспроизведения прослушиваемых образцов, процесс восприятия мелодий характеризовался более высоким уровнем когерентного взаимодействия по сравнению с восприятием выделенного темпо-ритма. В тета-диапазоне было отмечено генерализованное повышение синхронной активности в передних областях головного мозга. Наибольшее количество статистически значимых связей фиксировалось в парах с фронтальными (F3, F4) и правым передневисочным отведениями (T4). Повышение значений КОГ с T4 отведением были зарегистрированы как внутри полушария (F4-T4, $F(1,69) = 4,832$; $p = 0,032$), (C4-T4, $F(1,69) = 6,722$; $p = 0,012$), (P4-T4, $F(1,69) = 6,710$; $p = 0,012$), так и между ними (F3-T4, $F(1,69) = 4,027$; $p = 0,049$), (C3-T4, $F(1,69) = 5,964$; $p = 0,018$). Интересно, что в процессе восприятия мелодического компонента в меньшей степени

оказалась задействована левая передневисочная область. Нами была отмечена лишь одна статистически значимая связь с этой зоной, отличающая ситуации прослушивания мелодий от прослушивания ритма: восприятие мелодий характеризовалось более высокими значениями функции КОГ в паре (Т3-С4, $F(1,69) = 1,683$; $p = 0,005$). Это может свидетельствовать о том, что в диапазоне тета-ритма нейронная активность левых височных отделов не имеет явной специфики в обработке мелодического компонента и основную нагрузку на себя принимают симметричные правополушарные области.

Дополнительный анализ частот максимума когерентного взаимодействия выявил, что процесс восприятия мелодий характеризовался повышением степени взаимодействия в передних областях коры больших полушарий в узком частотном диапазоне 7,4–7,8 Гц. Часть исследователей склонна считать подобные колебания разновидностью низкочастотного альфа-ритма (7–9 Гц). Предполагается, что осцилляции в этом диапазоне генерируются посредством нисходящих активирующих влияний на таламус со стороны фронтальных областей коры [11]. Эти связи формируют единую фронто-таламическую систему (ФТС), функционально связанную с процессами поддержания произвольного внимания, контроля и программирования сознательной деятельности [12, 13]. Примечательно, что большая часть статистически значимых связей зарегистрированных в тета-диапазоне и специфичных для обработки мелодического компонента, включала в себя отведения, так или иначе регистрирующие активность данной модулирующей системы. Иными словами, прослушивание мелодий требовало более тесного взаимодействия между структурами ФТС, что отражало их вовлеченность в регулирование процессов восприятия мелодического компонента.

В диапазоне бета-ритма статистически значимое увеличение значений функции КОГ в процессе восприятия мелодических паттернов регистрировалось между передними и задними ассоциативными областями обоих полушарий.

Происходило формирование пространственно-распределенной сети корковых нейронных ансамблей, участвующих в процессе восприятия мелодического компонента [14]. При этом рост синхронной активности отмечался только между участками коры, расположенными в противоположных гемисферах: функциональное взаимодействие усиливалось между левой фронтальной и правой височно-теменно-затылочной корой ($F3-ТРО2$, $F(1,69) = 4,843$; $p = 0,032$). Внутри полушарий не обнаружено усиления функционального взаимодействия этих корковых зон и, более того, были выявлены случаи падения уровня когерентности между ассоциативными областями. Так, прослушивание мелодий по сравнению с ритмом, характеризовалось более низкими значениями функции КОГ между лобной и височно-теменно-затылочной корой внутри левого полушария ($F3-ТРО1$, $F(1,69) = 4,820$; $p = 0,034$), передневисочной и теменной корой внутри правого полушария ($P4-Т4$, $F(1,69) = 7,162$; $p = 0,010$).

Кроме того, в процессе анализа мелодического компонента аудио-стимулов возрастала роль височно-теменно-затылочных областей правого полушария. Статистически значимое повышение уровня КОГ было отмечено в парах отведений $ТРО1-ТРО2$ ($F(1,69) = 7,385$; $p = 0,009$), $С3-ТРО2$ ($F(1,69) = 7,017$; $p = 0,010$) и $Т3-ТРО2$ ($F(1,69) = 12,893$; $p = 0,001$). Высокая активность правых заднеассоциативных областей при обработке мелодических паттернов подтверждает широко распространенное мнение о восприятии музыки как преимущественно правополушарном процессе [15–17] и выявленное усиление межполушарного диагонального переноса, по всей видимости, необходимо для передачи анализируемой информации из левого полушария в правое и обратно.

Заключение. Таким образом, на основании многомерного анализа электроэнцефалографических данных, полученных в ходе прослушивания сложно-компонентных аудио-стимулов, удалось выявить специфические паттерны пространственно-временной синхронизации биопотенциалов головного мозга, связанные

с восприятием мелодического компонента. Установлено, что добавление в структуру аудио-стимулов мелодического рисунка резко повышает уровень взаимодействия внутри структур фронто-таламической модулирующей системы и приводит к усилению нагрузки на заднеассоциативную кору правого полушария. Кроме того, восприятие мелодий сопро-

вождается формированием пространственно-распределенной сети нейронных ансамблей, включающей в себя передневисочные и задне-ассоциативные отделы коры обоих полушарий. Взаимодействие этих областей в процессе прослушивания мелодий осуществляется преимущественно путем усиления межполушарных диагональных связей.

Список литературы

1. Родионов А.Р., Старченко М.Г. Топографические характеристики ЭЭГ при использовании равномерной и импульсной стратегии решения творческих задач актерами и не актерами // Вестн. психофизиологии. 2013. № 1. С. 30–37.
2. Голицын Г.А., Данилова О.Н., Каменский В.С. Межполушарная асимметрия и творческий процесс композитора // Муз. психология и психотерапия. 2007. № 3. С. 23–34.
3. Денисова И.А. Частотно-пространственное распределение биоэлектрической активности коры мозга при музыкальной творческой деятельности у музыкантов // Рос. психол. журн. 2011. Т. 8, № 5. С. 67–72.
4. Панюшева Т.Д. Музыка и функциональная пластичность мозга в слуховой сфере: потенциал для восстановительного обучения // Педагогика, психология и методика обучения. 2008. № 80. С. 472–476.
5. Дикая Л.А. Нейрофизиологические корреляты творческой деятельности при сочинении музыки у подростков // Физиология развития человека: материалы междунар. конф. М., 2009. С. 41–42.
6. Кайгородова Н.З., Яценко М.В., Афанасьев Н.И. ЭЭГ-корреляты особенностей реагирования на музыку разных стилей в контексте индивидуальных особенностей личности // Изв. Алтайск. гос. ун-та. 2013. Т. 2, № 2(78). С. 63–67.
7. Jones M.R., Fay R.R., Popper A.N. Music Perception // Springer Handbook of Auditory Research. 2010. Vol. 36. P. 1–12.
8. Бетелева Т.Г. Нейрофизиологические механизмы зрительного восприятия. М., 1983. 165 с.
9. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. СПб., 2007. 392 с.
10. Морозов А.А., Морозов В.А., Обухов Ю.В., Строганова Т.А. Непараметрический метод многофакторного анализа электроэнцефалограмм при изучении вызванных потенциалов мозга // Альманах клинической медицины. 2008. № 17-1. С. 209–212.
11. Hughes S.W., Lörincz M., Cope D.W., Blethyn K.L., et al. Synchronized Oscillations at Alpha and Theta Frequencies in the Lateral Geniculate Nucleus // Neuron. 2004. Vol. 42, № 2. P. 253–268.
12. Крупская Е.В. Функциональная зрелость регуляторных систем мозга и организация внимания у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью // Новости науки и техники. Сер.: Медицина. Психиатрия. 2007. № 2. С. 127.
13. Курганский А.В., Мачинская Р.И. Фронтальные билатерально-синхронные тета-волны на ЭЭГ детей 7-8 лет с трудностями обучения: качественный и количественный анализ // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 3. С. 37–47.
14. Древис Ю.Г., Свидерская Н.Е., Бутнева Л.С. Пространственная упорядоченность электрических процессов мозга как показатель его организации // Журн. высш. нерв. деятельности. 1994. Т. 44, № 6. С. 925–931.
15. Павлыгина Р.А., Давыдов В.И., Сулимов А.В., Любимова Ю.В. Анализ когерентности ЭЭГ при прослушивании музыки // Журн. высш. нервн. деятельности им. И.П. Павлова. 2003. Т. 53, № 4. С. 402–409.
16. Rauscher F.H., Shaw G.L., Ky K.N. Listening to Mozart Enhances Spatial-temporal Reasoning: Towards a Neurophysiological Basis // Neuroscience Letters. 1995. Vol. 185 (1). P. 44–47.
17. Nakamura S., Sadato N., Oohashi T., Nishina E., et al. Analysis of Music-Brain Interaction with Simultaneous Measurement of Regional Cerebral Blood Flow and Electroencephalogram Beta Rhythm in Human Subjects // Neuroscience Letters. 1999. Vol. 275 (3). P. 222–226.

References

1. Rodionov A.R., Starchenko M.G. Topograficheskie kharakteristiki EEG pri ispol'zovanii ravnomernoy i impul'snoy strategii resheniya tvorcheskikh zadach akterami i ne akterami [EEG Topography When Using Uniform and Impulse Strategies to Solve Creative Tasks by Actors and Non-Actors]. *Vestnik psikhofiziologii*, 2013, no. 1, pp. 30–37.
2. Golitsyn G.A., Danilova O.N., Kamenskiy V.S. Mezhpolusharnaya asimmetriya i tvorcheskii protsess kompozitora [Interhemispheric Asymmetry and Creative Process of a Composer]. *Muzykal'naya psikhologiya i psikhoterapiya*, 2007, no. 3, pp. 23–34.
3. Denisova I.A. Chastotno-prostranstvennoe raspredelenie bioelektricheskoy aktivnosti kory mozga pri muzykal'noy tvorcheskoy deyatel'nosti u muzykantov [The Frequency-Spatial Distribution of the Cortex Bioelectric Activity Among Musicians at Musical Creative Activity]. *Rossiyskiy psikhologicheskiy zhurnal*, 2011, vol. 8, no. 5, pp. 67–72.
4. Panyusheva T.D. Muzyka i funktsional'naya plastichnost' mozga v slukhovoy sfere: potentsial dlya vosstanovitel'nogo obucheniya [Music and Functional Brain Flexibility in the Auditory Sphere: Potential for Rehabilitative Training]. *Pedagogika, psikhologiya i metodika obucheniya*, 2008, no. 80, pp. 472–476.
5. Dikaya L.A. Neyrofiziologicheskie korrelyaty tvorcheskoy deyatel'nosti pri sochi-nenii muzyki u podrostkov [Neurophysiological Correlates of Creative Activity in Adolescents When Composing Music]. *Fiziologiya razvitiya cheloveka: materialy mezhdunar. konf.* [Physiology of Human Development: Proc. Int. Conf.]. Moscow, 2009, pp. 41–42.
6. Kaygorodova N.Z., Yatsenko M.V., Afanas'ev N.I. EEG-korrelyaty osobennostey reagirovaniya na muzyku raznykh stiley v kontekste individual'nykh osobennostey lichnosti [EEG-Correlates of Response Characteristics of Different Styles of Music in the Context of Individual Personality Traits]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, vol. 2, no. 2 (78), pp. 63–67.
7. Jones M.R., Fay R.R., Popper A.N. Music Perception. *Springer Handbook of Auditory Research*, 2010, vol. 36, pp. 1–12.
8. Beteleva T.G. *Neyrofiziologicheskie mekhanizmy zritel'nogo vospriyatiya* [Neurophysiological Mechanisms of Visual Perception]. Moscow, 1983. 165 p.
9. Nasledov A.D. *Matematicheskie metody psikhologicheskogo issledovaniya. Analiz i interpretatsiya dannykh* [Mathematical Methods of Psychological Research. Analysis and Interpretation of Data]. St. Petersburg, 2007. 392 p.
10. Morozov A.A., Morozov V.A., Obukhov Yu.V., Stroganova T.A. Neparаметрический метод многофакторного анализа электроэнцефалограмм при изучении вызванных потенциалов мозга [A Non-Parametric Method of Multi-Way Analysis of Event-Related Response in Human EEG]. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny*, 2008, no. 17-1, pp. 209–212.
11. Hughes S.W., Lörincz M., Cope D.W., Blethyn K.L., et al. Synchronized Oscillations at Alpha and Theta Frequencies in the Lateral Geniculate Nucleus. *Neuron*, 2004, vol. 42, no. 2, pp. 253–268.
12. Krupskaya E.V. Funktsional'naya zrelost' regulatorynykh sistem mozga i organizatsiya vnimaniya u detey s sindromom defitsita vnimaniya s giperaktivnost'yu [Functional Maturity of the Brain Regulatory Systems and Organization of Attention in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder]. *Novosti nauki i tekhniki. Ser.: Meditsina. Psikhatriya*, 2007, no. 2, p. 127.
13. Kurganskiy A.V., Machinskaya R.I. Frontal'nye bilateral'no-sinkhronnye teta-volny na EEG detey 7–8 let s trudnostyami obucheniya: kachestvennyy i kolichestvennyy analiz [Bilateral Frontal Theta-Waves in EEG of 7–8-Year-Old Children with Learning Difficulties: Qualitative and Quantitative Analysis]. *Fiziologiya cheloveka*, 2012, vol. 38, no. 3, pp. 37–47.
14. Drevs Yu.G., Sviderskaya N.E., Butneva L.S. Prostranstvennaya uporyadochennost' elektricheskikh protsessov mozga kak pokazatel' ego organizatsii [Spatial Order of Electrical Processes in the Brain as an Indicator of Its Organization]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti*, 1994, vol. 44, no. 6, pp. 925–931.
15. Pavlygina R.A., Davydov V.I., Sulimov A.V., Lyubimova Yu.V. Analiz kogerentnosti EEG pri proslushivaniy muzyki [Analysis of EEG Coherence During Listening to Music]. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*, 2003, vol. 53, no. 4, pp. 402–409.
16. Rauscher F.H., Shaw G.L., Ky K.N. Listening to Mozart Enhances Spatial-Temporal Reasoning: Towards a Neurophysiological Basis. *Neuroscience Letters*, 1995, vol. 185 (1), pp. 44–47.
17. Nakamura S., Sadato N., Oohashi T., Nishina E., et al. Analysis of Music-Brain Interaction with Simultaneous Measurement of Regional Cerebral Blood Flow and Electroencephalogram Beta Rhythm in Human Subjects. *Neuroscience Letters*, 1999, vol. 275 (3), pp. 222–226.

Kunavin Mikhail Alekseevich

Institute of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

Sokolova Lyudmila Vladimirovna

Institute of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russia)

SPATIAL SYNCHRONIZATION OF BRAIN BIOPOTENTIAL DURING PERCEPTION OF THE MELODIC COMPONENT OF AUDIO-STIMULI

Contemporary researchers studying music perception often use complete pieces of music of different styles as a stimulus. Such an approach does not contribute to understanding how different components of musical audio-stimuli interact with each other and gives rise to various conflicting theories of music perception. A piece of music should be regarded as complex auditory stimuli including such characteristics as rhythm, key and melody. This study aims to identify peculiarities of functional brain organization when perceiving the melodic component of audio-stimuli. Our study involved students of Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov without music education (70 subjects, mean age 20.4 ± 1.2 years). Electroencephalogram was recorded at rest and when listening to musical audio-stimuli, computer-generated using TuxGuitar software. We studied spatio-temporal organization of brain bioelectrical activity of the subjects perceiving the tempo, rhythm and melody of audio-stimuli. Using the repeated measures multivariate analysis of variance (RM MANOVA), we found patterns of cortical interaction that are uniquely associated with the melody analysis. Inclusion of melodic patterns in the composition of audio-stimuli proved to have a significant impact on the structure of spatio-temporal relationships of brain biopotentials in theta- and beta-rhythm ranges. We found increased coherence levels within the fronto-thalamic modulating system in subjects listening to the melodies. In the beta-rhythm range we saw a formation of cortical neural network of ineterhemispheric interaction with the focus of activity in posterior associative areas of the right hemisphere.

Keywords: brain bioelectrical activity, coherence, music perception, audio-stimuli, melodic component.

Контактная информация:

Кунавин Михаил Алексеевич

адрес: 163002, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 4;

e-mail: yabadya@mail.ru;

Соколова Людмила Владимировна

адрес: 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17

e-mail: l.sokolova@narfu.ru

Рецензент – *Поскотинова Л.В.*, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск)