

ОСОБЕННОСТИ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ ЭЭГ ПРИ ВОСПРИЯТИИ КОНСОНАНСНЫХ И ДИССОНАНСНЫХ АККОРДОВ.

Варламов А.А., Масленникова А.В., Стрелец В.Б.

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия

antonvarlamov@gmail.com

Исследование психофизиологических механизмов эмоционального восприятия является одной из ключевых задач современной психофизиологии [2,5]. Возникновение активационных межполушарных асимметрий, связанных с эмоциональным восприятием и переживанием положительных и отрицательных эмоций, впервые было описано достаточно давно, несколько десятилетий назад [для обзора см. 5, 6], однако до сих пор не получено однозначного ответа на многие вопросы, связанные с динамикой развития эмоциональной реакции; также продолжаются и дискуссии, связанные с особенностями проявления эмоциональных активационных асимметрий для стимулов различных модальностей в различных частотных диапазонах ЭЭГ [1].

В настоящей работе изучались вызванные изменения спектральной мощности и вызванные потенциалы ЭЭГ при предъявлении консонансных и диссонансных аккордов, а также субъективное восприятие этих аккордов.

Методика. В эксперименте приняли участие 15 испытуемых (1 мужчина, 14 женщин) – правшей, не музыкантов в возрасте от 19 до 34 лет (средний возраст – 24 года). Испытуемые располагались с открытыми глазами в удобном кресле в затемненной комнате. Во время записи ЭЭГ испытуемым в случайном порядке с равной вероятностью предъявлялись консонансные аккорды (КА) и диссонансные аккорды (ДА) длительностью 1,5 с, причем консонансные аккорды были с равной вероятностью мажорными или минорными. Стимулы предъявлялись через наушники на комфортной громкости в 70 дБ. После прослушивания каждого аккорда через 500 мс испытуемые должны были оценить свои эмоциональные ощущения с использованием девятибалльной шкалы «приятный – неприятный», а также оценить гармоничность аккордов по девятибалльной шкале «гармоничный – дисгармоничный». После оценки стимулов по истечении случайно определяемого интервала в 1 – 1,5 с предъявлялся следующий стимул. Инструкции и фиксационный символ «+» предъявлялись на стимулирующем мониторе размером 19” (Acer 1719), установленном на расстоянии 90 см от испытуемого. Запись ЭЭГ осуществлялась при предъявлении двух блоков по 40 стимулов.

ЭЭГ регистрировалась с использованием 32-канального усилителя Neuroscan Synamps и 32-канальной шапочки (модифицированная схема постановки электродов 10-20) с встроенными Ag/AgCl электродами. В качестве референтного отведения использовался усредненный ушной референт, заземляющий электрод располагался в центре лба. После удаления окулографических артефактов и исключения эпох с миографическими, двигательными и иными артефактами производилась полосовая фильтрация в следующих частотных диапазонах: тета-1 (4-6 Гц), тета-2 (6-8 Гц), альфа-1 (8-10 Гц), альфа-2 (10-13 Гц) и гамма (30-45 Гц). Согласно классическому методу вычисления вызванной синхронизации/десинхронизации [10], вызванные изменения спектральной мощности в тестовом интервале (0-1200 мс от начала предъявления стимула) определялись как процент увеличения или уменьшения мощности в данном частотном диапазоне по сравнению с референтным интервалом (от -500 до 0 мс относительно момента предъявления стимула). Для статистического анализа экспортировались пиковые значения увеличения или уменьшения спектральной мощности во временном интервале 100-500 мс, определенном по результатам предварительного анализа усредненных кривых ВИСМ. Субъективные оценки испытуемых анализировались с использованием t-критерия Стьюдента для зависимых выборок. Для анализа вызванной синхронизации по каждому частотному использовались следующие схемы дисперсионного анализа с повторными измерениями: а) ANOVA для отведений центральной линии, Отведение 4 (Fz, Cz, Pz и Oz) * Экспериментальное Условие (ЭУ) 2 (консонансные, диссонансные аккорды) для выявления общих топографических закономерностей ВИСМ; и б) отдельные двухфакторные ANOVA для пар отведений F3 - F4 и P3 - P4, Полушарие 2 (левое, правое) * Экспериментальное условие 2 (КА, ДА), для проверки специфической экспериментальной гипотезы. При необходимости для коррекции значений p использовалась поправка Гринхауза-Гейссера. Для уточнения характера эффектов при наличии достоверных взаимодействий проводились локальные ANOVA по отдельным отведениям.

Результаты. Субъективные оценки по шкале «гармоничный - дисгармоничный» для консонансных аккордов были значимо выше, чем для диссонансных ($p < 0,001$, средние значения составили 5,68 баллов для консонансных и 3,47 для диссонансных аккордов). Аналогичные результаты получены и для шкалы «приятный - неприятный» ($p < 0,01$, средние значения: 6,30 баллов для консонансных и 4,41 для диссонансных аккордов). Значимых различий в субъективной оценке мажорных и минорных

консонансных аккордов не выявлено ($p>0,5$). Анализ вызванных изменений спектральной мощности показал, что зависимость вызванных изменений спектральной мощности от типа стимула наблюдалась в тета-1 и тета-2 диапазонах и была наиболее выражена во фронтальных областях коры. Для других частотных диапазонов достоверной зависимости ВИСМ от экспериментального условия выявлено не было.

Тета-1. Визуальный анализ усредненной кривой ответа выявил резкое увеличение мощности в нижнем тета-диапазоне в интервале 50-400 мс, достигающее максимума приблизительно к 200 мс с момента предъявления стимула, наиболее выраженное во фронтальных отделах коры для консонансных аккордов (см. Рис. 1).

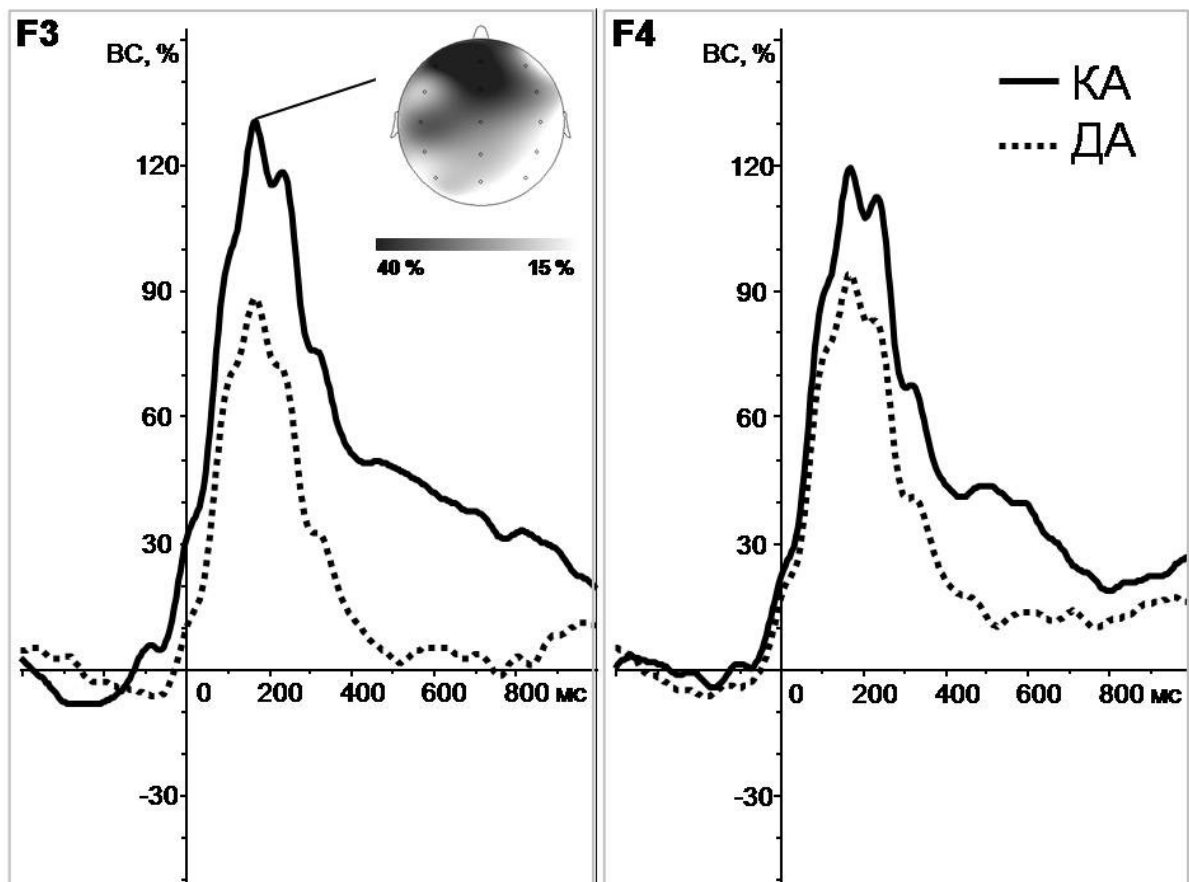


Рис. 1. Усредненные кривые вызванных изменений спектральной мощности в тета-1 диапазоне в лобных отведениях (F3, F4) для консонансных и диссонансных аккордов, а также карта разности ВИСМ (черный цвет соответствует большему увеличению мощности для консонансных аккордов по сравнению с диссонансными).

Дисперсионный анализ для отведений центральной линии выявил достоверное взаимодействие Отведение*ЭУ ($F(3,42)=5,15$; $p=0,018$), подтверждающее большее увеличение ВИСМ при восприятии консонансных аккордов по сравнению с

диссонансными во фронтальных отведениях. Дальнейшие локальные сравнения показали, что эффект экспериментального условия был достоверен лишь для Fz ($p < 0,001$), и наблюдался на уровне тенденции в отведении Cz ($p = 0,09$). Межполушарные ANOVA выявили наличие различий, связанных с экспериментальным условием для лобных (Полушарие*ЭУ, $F(1,14) = 5,24$; $p = 0,038$), но не для теменных (все $p > 0,5$) отведений. Выявлено, что различия между консонансными и диссонансными аккордами сильнее выражены в левых лобных областях, кроме того, для консонансных аккордов наблюдается тенденция к большему увеличению мощности тета-1 ритма в левом, а для диссонансных – в правом полушарии (Рис. 1, 2).

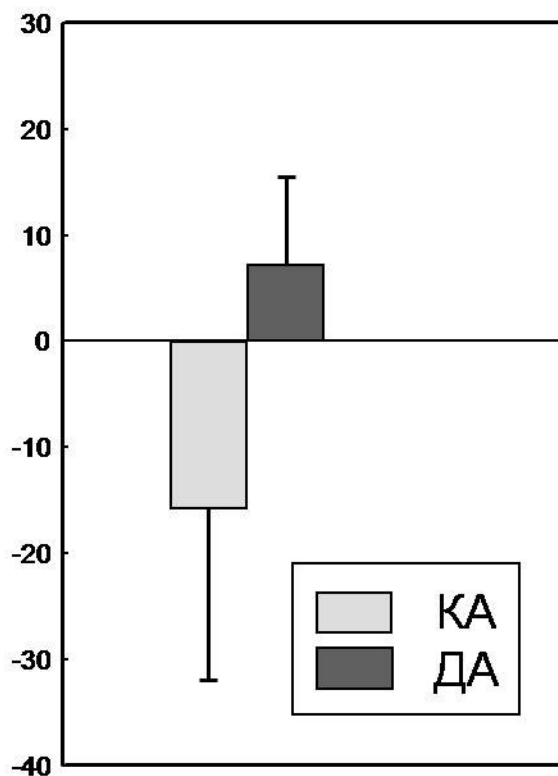


Рис. 2. Средние значения и стандартные ошибки индекса межполушарной асимметрии ИАСМ в тета-1 диапазоне для пары отведений F3 – F4 для консонансных и диссонансных аккордов (положительные значения соответствуют большему росту мощности для правого полушария, отрицательные - для левого полушария).

Тета-2. Визуальный анализ усредненной кривой ответа, так же, как и для нижнего тета-диапазона, выявил увеличение мощности в интервале 50-320 мс, достигающее максимума приблизительно к 180 мс с момента предъявления стимула, наиболее выраженное во фронтальных и фронтоцентральных отделах коры для консонансных аккордов. Дисперсионный анализ для отведений центральной линии сходным образом выявил достоверное взаимодействие Отведение*ЭУ ($F(3,42) = 4,89$; $p = 0,011$),

подтверждающее большее увеличение ВИСМ при восприятии консонансных аккордов по сравнению с диссонансными во фронтальных отведениях. Анализ на уровне отдельных отведений также указывает на наличие достоверных различий для Fz ($p=0,012$), но не для других отведений. Межполушарных различий, связанных с экспериментальным условием, выявлено не было.

Обсуждение результатов. Как показывают полученные данные, при восприятии аккордов наблюдается значительное увеличение спектральной мощности в нижнем и верхнем тета-диапазонах, с локальным максимумом в лобных областях коры; это увеличение более выражено при восприятии консонансных аккордов по сравнению с диссонансными. Учитывая функциональное значение вызванного роста спектральной мощности (вызванной синхронизации) в тета-диапазоне [1, 4, 8], наблюдаемый эффект свидетельствует о большей активации фронтальных (в особенности, фронтально-медиальных и левых лобных) областей коры при восприятии консонансных аккордов. Наблюдаемая активация фронтально-медиальных областей соответствует хорошо описанному феномену фронтально-медиального тета-ритма («FM-theta», см. [7], ассоциированного с активацией передней части поясной извилины и связанному, в том числе, с интернализацией внимания и субъективной выраженностью переживания гармонии, блаженства [3, 7]. Эти результаты подтверждаются тем, что на субъективном уровне консонансные аккорды были оценены и как более приятные, и как более гармоничные.

Выявленные межполушарные асимметрии подтверждают гипотезу В. Хелер и Р. Дэвидсона [6] об участии передних отделов коры в определении знака эмоции, согласно которой положительные переживания связываются с деятельностью передних отделов левого, а отрицательные – передних отделов правого полушария. Кроме того, получено дополнительное подтверждение важности для эмоционального восприятия не столько альфа-ритма, сколько именно нижнего тета-диапазона, что согласуется с данными ряда других исследований эмоционального восприятия (для обзора см. [1]).

Поскольку на настоящий момент опубликованы лишь единичные работы, рассматривающие психофизиологические корреляты восприятия гармоничности и дисгармоничности в музыке, следует также отметить важность полученных результатов для понимания особенностей восприятия музыки и формирования связанных с ней эмоциональных ощущений. В настоящей работе впервые рассмотрена динамика восприятия гармонии в музыкальном звуке; временной отрезок, на котором наблюдавшиеся различия были выражены максимально (100-300 мс), соответствует

относительно ранним, скорее интуитивным, нежели когнитивным этапам восприятия музыки. Кроме того, полученные нами данные согласуются с данными Н. Пасынковой с соавторами [9], также показавшими связь тета-ритма с восприятием гармоничности в музыке.

Литература:

1. Афтанас Л.И., Варламов А.А., Павлов С.В., Рева Н.В., Махнев В.П. Отражение знака эмоции в эффектах вызванной синхронизации и десинхронизации ЭЭГ. *Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова*. 2002. Т.88. № 6. С. 790-802.
2. Симонов П.В. *Эмоциональный мозг*. М.: Наука, 1981. 213С.
3. Aftanas L.I., Golocheikine S.A. Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neurosci Lett*. 2001. Vol.310 (1). P. 57-60.
4. Basar, E., Schurmann, M., Sakowitz, O. The selectively distributed theta system: functions. 2001. *Int. J. Psychophysiol.*, 39: 197-212.
5. Davidson, R.J., Jackson, D.C., Kalin N.H. Emotion, plasticity, context, and regulation: perspectives from affective neuroscience. 2000. *Psychol. Bull.*, 126: 890-909.
6. Heller, W. Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality, and arousal. 1993. *Neuropsychology*, 7, 476-489.
7. Inanaga K. Frontal midline theta rhythm and mental activity. 1998. *Psychiatry Clin. Neurosci*. Vol. 52. P. 555–566.
8. Klimesch, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. 1999. *Brain Res. Brain Res. Rev.*, 29: 169-195.
9. Passynkova N., Neubauer H., Scheich H. Spatial organization of EEG coherence during listening to consonant and dissonant chords. *Neurosci. Lett*. 2007. Vol. 412 (1). P. 6–11.
10. Pfurtscheller, G., Lopes da Silva, F.H. Event-related EEG/EMG synchronization and desynchronization. Basic principles. 1999. *Clin. Neurophysiol.* 110:1842-1857.