

УДК 612.858.745

О. Шпенков, асп., С. Тукаєв, канд. біол. наук,
І. Зима, д-р біол. наук

ННЦ "Інститут біології та медицини",

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ЗМІНИ АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ГАММА-ДІАПАЗОНІ ПІД ЧАС ПРОСЛУХОВУВАННЯ РОК-МУЗИКИ ЗІ ЗНИЖЕНИМ РІВНЕМ НИЗЬКИХ ЧАСТОТ

Під час запису музичної композиції музиканти враховують той факт, що рівень сигналу певних частот може впливати на емоційне сприйняття музики. Метою даної роботи було дослідити вплив низькочастотної компоненти в рок-музиці на емоційне сприйняття музики. Методи: у дослідженні брали участь 30 волонтерів. Обстежувані прослуховували чотири аудіофрагменти: білий шум, спів птахів, інструментальна рок-композиція й рок-композиція зі зниженим рівнем сигналу низьких частот. Під час прослуховування аудіофрагментів відбувалась реєстрація ЕЕГ. Результати: при прослуховуванні звуків та музики найбільш значні зміни в ЕЕГ спостерігались переважно в β - та γ -діапазонах, які пов'язані з емоційними та когнітивними процесами. При прослуховуванні оригінальної рок-композиції, так само як і при прослуховуванні білого шуму, спостерігалось генералізоване збільшення спектральної потужності (СП) в γ -діапазоні, тоді як при прослуховуванні рок-композиції зі зниженим рівнем низьких частот збільшення СП у γ -діапазоні спостерігалась лише у задніх відведеннях лівої півкулі та правофронтальних відведеннях. Менш генералізована активація в γ -діапазоні пов'язана з меншим рівнем емоційної активації.

Ключові слова: ЕЕГ, сприйняття музики, сприйняття ритму, гама-діапазон.

Вступ. Музика, як і звуки навколишнього середовища, може мати декілька джерел акустичних сигналів, які перекриваються у часовому та частотному діапазонах. Ієрархічна обробка входних сигналів забезпечує роздільне сприйняття, обробляючи спектральні та часові (темпоральні) характеристики аудіосигналів.

Акустичні сигнали обробляються тонотопічно, починаючи від завитки до аудіокортекса, але різні частотні діапазони обробляються неоднаково на одному ієрархічному рівні. Верхні оливкові ядра отримують бінауральні входи від кохлеарних ядер. Таким чином на цьому рівні відбувається обробка інформації про локалізацію джерела звуку. Локалізація звуків до 800 Гц оцінюється на основі інформації про різницю часу надходження коливань до лівого і правого вуха, тоді як локалізація звуків від 1600 Гц оцінюється на основі інформації про різницю в інтенсивності сигналу [1]. Зазначимо, що музичні інструменти, які формують темпоральні компоненти (ритм, пульс) музичної композиції, переважно мають діапазон від 10 до 800 Гц.

Таким чином, можна припустити, що саме оливкові ядра є першим етапом обробки ритму в музиці, а особливості обробки інформації щодо локалізації джерела звуку в різних діапазонах частот пояснюють, чому переважна кількість ритмічних партій мають діапазон низьких частот. Було показано більшу амплітуду потенціалу негативності неузгодженості (MMN) для часових девіантів низьких частот, ніж для високих частот, а також більшу аудіомоторну синхронізацію при теплінг-тесті у відповідь на девіанту низьких частот, ніж у відповідь на девіанту високих частот. Більше того, є дані, що під час прослуховування музики люди підлаштовують свої рухи під низькочастотні звуки, а при збільшенні гучності низьких частот збільшуються інтенсивність рухів [24]. Також відомо, що музика із "високим рівнем груву (high-groove music)" значно активує моторну систему [22].

Залучення моторних ділянок разом із аудіокортексом під час сприйняття музичних ритмів вдало демонструють ф-MPT дослідження. Так, під час сприйняття ритму було показано залучення базальних гангліїв, мозочка, додаткової моторної ділянки (SMA), дорсальної премоторної кори та правої фронтальної долі [6]. Також деякі автори вважають, що базальні ганглії відіграють важливу роль при сприйнятті пульсу та прогнозуванні музичного пульсу [5].

Багато робіт указує на те, що сприйняття музичних ритмів відбувається за механізмом засвоєння ритмічної складової сенсорної стимуляції, притаманному мозковим неймережам [21, 25]. Частота музичного пульсу

відповідає дельта- і тета-ритмам ЕЕГ. Так, було показано синхронізацію дельта ритму, фазові відповіді у тета-діапазоні та фазову синхронізацію у бета- та гама-діапазонах, модульовані періодичністю аудіостимула [25]. Припускають, що синхронізація у бета-діапазоні при сприйнятті ритму пов'язана із активацією моторної кори й відображає реципрокні взаємодії між сенсорними та моторними ділянками [9]. Schroeder (2010) вважає, що взаємозв'язок між сенсорними й моторними ділянками забезпечує механізм прогнозування послідовності музичного пульсу в часі [20].

Ураховуючи вищеописані дані щодо впливу музичних характеристик на емоційне сприйняття й переживання, можна зробити висновок, що маніпулюючи інтенсивністю сигналу тих чи інших частот ми можемо впливати на валентність та інтенсивність емоцій, пов'язаних із сприйняттям музичного твору. Тому ми вирішили дослідити вплив низькочастотної (темпоральної) компоненти рок-музики на її сприйняття та зміни в ЕЕГ. Припускаємо, що зниження рівня низьких частот у рок-композиції відобразатиметься на ЕЕГ-активності в діапазонах, пов'язаних із інтенсивністю емоційного переживання й активацією моторної кори.

Матеріали і методи досліджень. Процедура дослідження полягала у реєстрації ЕЕГ у відповідь на аудіостимули. У дослідженні брали участь 30 студентів віком від 17 до 22 років, із яких 17 – жіночої статі та 13 – чоловічої. Обстежувані не мали музичної освіти. Як стимули було обрано чотири аудіофрагменти: білий шум, спів птахів (солов'ї), інструментальна рок-композиція й та сама рок-композиція зі зниженим рівнем сигналу в діапазоні низьких частот (60 Гц, 150 Гц, 400 Гц) (надалі рок-композиція із видозміненим частотним спектром). Зміна частотного спектра рок-композиції була проведена за допомогою аудіоредактора "GoldWave". Білий шум та спів птахів було обрано як контроль позитивних та негативних емоцій.

Для запису ЕЕГ використовувався електроенцефалограф "Нейроком" виробництва "ХАІ-Медіка". 19 активних електродів накладені за міжнародною системою "10-20 %". Електроенцефалограма реєструвалась монополярно у таких стандартних відведеннях: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2, Fz, Cz, Pz. Як референтний використовували об'єднаний вушний електрод (A1, A2). Частота дискретизації аналогового сигналу – 500 Гц. Для аналізу спектрального складу електроенцефалограми застосовували швидке перетворення Фур'є. Артефакти знаходили й усували за допомогою візуального аналізу та аналізу

незалежних компонент (ICA). Оцінювалась спектральна потужність (СП) окремих піддіапазонів та діапазонів ЕЕГ від 4 до 35 Гц: $\theta 1$ - (4-6 Гц), $\theta 2$ - (6,1-7,5 Гц), $\alpha 1$ - (7,51-9,5 Гц), $\alpha 2$ - (9,51-11 Гц), $\alpha 3$ - (11,1-13 Гц), $\beta 1$ - (13,1-20 Гц), $\beta 2$ - (20,1-35 Гц), γ - (> 35 Гц). Обстежувані перебували у затемненій, звукоізолюваній камері у зручному кріслі. Запис ЕЕГ досліджуваних записувався із закритими очима за такою схемою: фоновий запис (2 хв), пред'явлення першого аудіостимулу – білий шум (40 с), післядія (2 хв), стан спокою 1 (2 хв), пред'явлення другого аудіостимулу – спів птахів (60 с), післядія (2 хв), стан спокою 2 (2 хв), пред'явлення третього аудіостимулу – рок-композиція (1 хв 15 с), післядія (2 хв), стан спокою 3 (2 хв), пред'явлення четвертого аудіостимулу – рок-композиція із видозміненим частотним спектром (1 хв 15 с), післядія (2 хв), післядія (2 хв). Після завершення запису ЕЕГ учасники отримували завдання оці-

нити стимули за двома шкалами: емоційної валентності та емоційної активації (від "-5" до "5").

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакета STATISTICA 8 (StatSoft, USA). Для порівняння двох залежних вибірок було застосовано непараметричний критерій Вілкоксона.

Результати та обговорення. Проаналізувавши суб'єктивну гедонічну оцінку аудіофрагментів за шкалою емоційної валентності установили наявність значущих відмінностей в оцінці обстежуваними білого шуму (-4, [-5, -3], $p < 0,05$) порівняно з усіма іншими аудіофрагментами (спів птахів (3, [4, 5], $p < 0,05$), оригінальна рок-композиція (4, [3, 4]), видозмінена рок-композиція (4, [2, 4], $p < 0,05$)). Значущі відмінності також були виявлені при порівнянні оцінювання співу птахів (3, [4, 5], $p < 0,05$) та рок-композиції із видозміненим частотним спектром (4, [2, 4], $p < 0,05$).

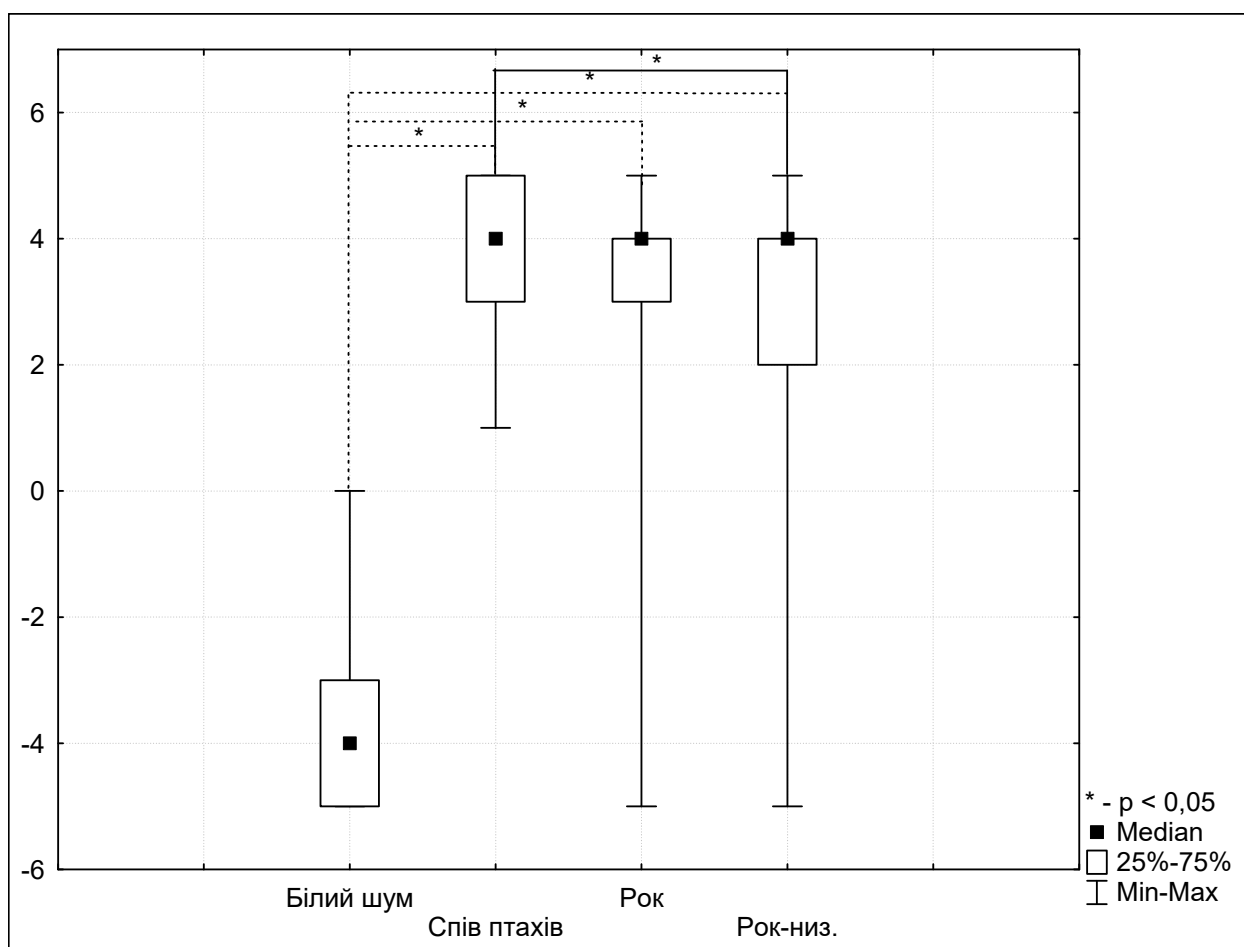


Рис. 1. Суб'єктивна оцінка аудіофрагментів за шкалою емоційної валентності ($p < 0,05$)

Примітка: "Рок" – оригінальна рок-композиція, "Рок-низ." – рок-композиція із видозміненим частотним діапазоном.

Аналіз суб'єктивної оцінки за шкалою емоційної активації також виявив наявність значущих відмінностей (рис. 2). Оцінка співу птахів значущо відрізнялась (-3, [-4, -2], $p < 0,05$) від оцінки інших аудіофрагментів (білий шум

(4, [3, 5]), оригінальна рок-композиція (3, [1, 4]), видозмінена рок-композиція (3, [0, 4])). Значущі відмінності ($p < 0,05$) також було виявлено при порівнянні оцінювання білого шуму з усіма іншими аудіокомпозиціями.

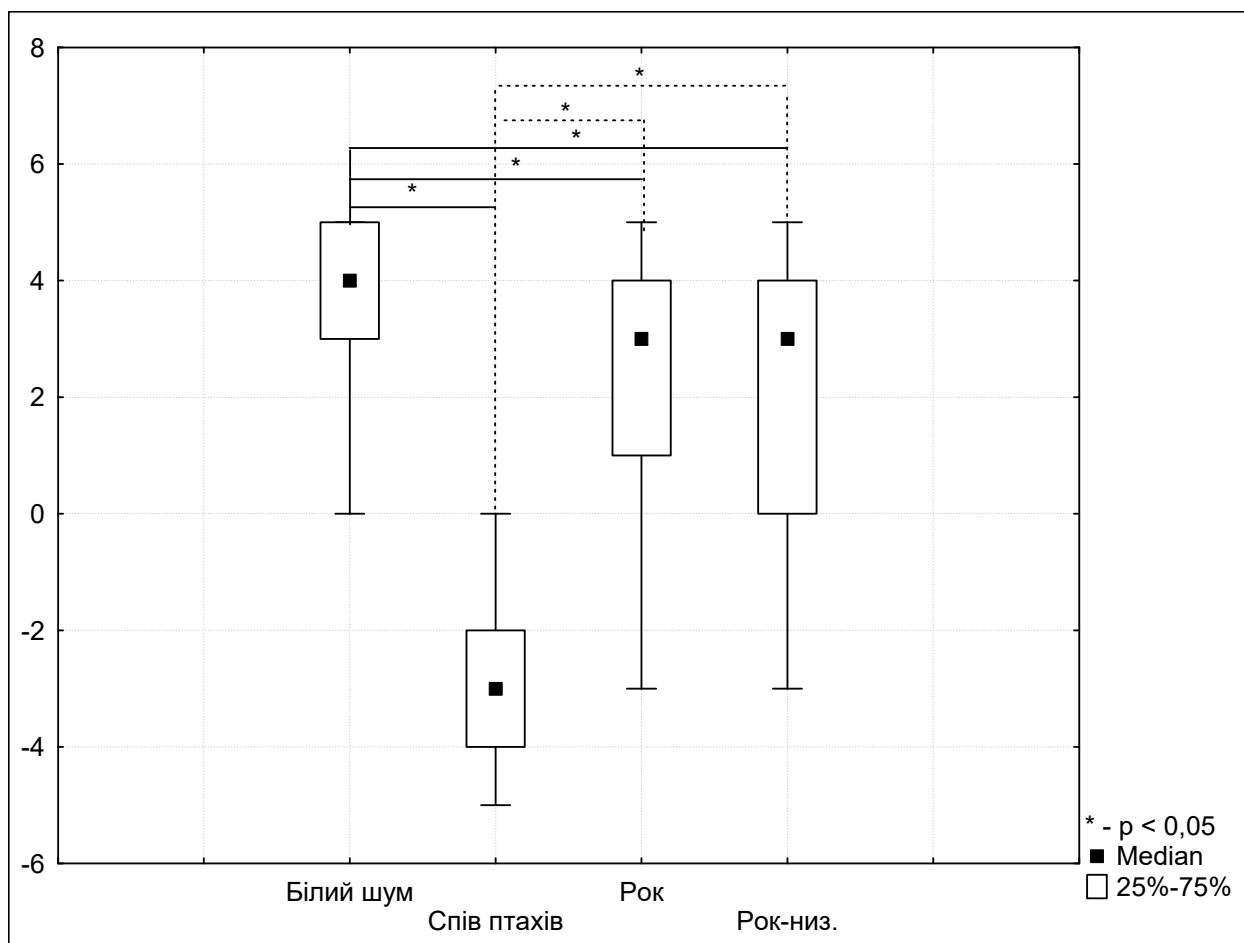


Рис. 2. Суб'єктивна оцінка аудіофрагментів за шкалою емоційної активації ($p < 0,05$)

Примітка. "Рок" – оригінальна рок-композиція, "Рок-низ." – рок-композиція із видозміненим частотним діапазоном

Для оцінки змін спектральної потужності ЕЕГ унаслідок прослуховування аудіофрагментів було проведено порівняння проб кожного аудіофрагмента із передуючими станами спокою. Порівняно із передуючим станом спокою під час прослуховування білого шуму відбувалось збільшення активності у фронтальних відведеннях обох півкуль $\theta 1$ -піддіапазону (Fp1, F7, Fp2) (рис. 3, А), у фронтальному відведенні правої півкулі в $\theta 2$ -піддіапазоні (Fp2), у фронтальних відведеннях правої півкулі $\alpha 3$ - (Fp2) та $\beta 1$ -піддіапазонах (Fp2), а також у $\beta 2$ -піддіапазоні у фронтальних, темпоральних та центральних відведеннях переважно правої півкулі (Fp2, Fp1, F4, T4, C3). Зазначимо, що майже у всіх вищезгаданих піддіапазонах спостерігалась доволі чітка правопівкульна активація фронтальних зон. Виявлену нами правопівкульну активацію можна пов'язати із негативною емоційною відповіддю на пред'явлений аудіостимул (білий шум) (рис. 1), зважаючи на результати досліджень Altenmuller [2], в яких описується активація фронто-темпоральної кори переважно правої півкулі при прослуховуванні негативно забарвлених аудіальних стимулів, і активація лівої темпоральної кори головного мозку при прослуховуванні позитивно забарвлених стимулів.

У ряді робіт показано збільшення тета-діапазону при пред'явленні емоційних стимулів або переживанні негативних та позитивних емоцій [19, 23] і змінами тета-діапазону залежно від рівня емоційного напруження [4]. Ми вважаємо, що збільшення фронтальної активності в $\theta 1$ - (Fp1, F7, Fp2) та $\theta 2$ - (Fp2) піддіапазонах відображає збільшення емоційного тону. Також Trochidis (2012)

було показано відносно більшу активність правої півкулі у фронтальних та центральних відведеннях тета-діапазону під час прослуховування музики з негативною емоційною валентністю [23]. У нашому випадку при прослуховуванні білого шуму спостерігається збільшення активності у правому фронтальному відведенні в $\theta 2$ -піддіапазоні (Fp2). Підкреслимо, що корейськими дослідниками [26] було показано при прослуховуванні білого шуму в правому фронтальному відведенні (Fp2) збільшення активності в $\alpha 2$ -піддіапазоні, тоді як у нашому дослідженні спостерігалось збільшення активності в даному відведенні, але в $\alpha 3$ -піддіапазоні. Крім цього, посилення високочастотних складових також пов'язують із механізмами формування негативних емоційних станів і тривожності, особливо при збільшенні їх СП у правій півкулі [27]. Також є данні, що вказують на зв'язок бета-коливань із силою емоційного переживання [29]. Тому, виходячи із цього, можливо припустити, що виявлене нами збільшення СП у $\beta 1$ - та $\beta 2$ -піддіапазонах у відведеннях правої півкулі може вказувати на певну негативну емоційну активацію.

На кортикальну активацію та посилення інтенсивності емоційних процесів також може вказувати генералізоване збільшення СП у γ -діапазоні [12].

Крім описаних змін ЕЕГ також спостерігалась депресія $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ -, $\beta 1$ -піддіапазону (сенсорна увага), що підтверджує описану когнітивно-емоційну активацію [16].

Аналіз змін СП ЕЕГ при прослуховуванні співу птахів порівняно із передуючим станом спокою (рис. 3, Б) на відміну від такого із прослуховуванням білого шуму пока-

зав, що активація відбувалась лише у фронтальному відведенні, але лівої півкулі (Fp1) і тільки в θ 1-піддіапазоні. Цілком можливо припустити, що такі локальні зміни в θ 1-піддіапазоні пов'язані із меншим рівнем емоційного тону порівняно із пробою білого шуму або навіть зі зменшенням емоційного тону [28], розслабленням і релаксацією із позитивним емоційним забарвленням [23] (рис. 1). Висунуте припущення знаходить своє підтвердження в результатах суб'єктивного оцінювання цього аудіостимулу за шкалою емоційної активації – загалом обстежувані оцінювали сприйняття співу птахів як релаксуючий, позитивний фактор (рис. 2). На це також указує і зменшення активності у фронтальних та темпоральних відведеннях α 3-піддіапазону (Fz, F4, C4) [19, 20] та генералізоване зменшення СП у β 1-піддіапазоні переважно у

фронтальних, темпоральних і центральних відведеннях (F3, Fz, F4, F8, C3, Cz, C4, T4, P3, T6).

На зниження емоційної та когнітивної активації, пов'язаної із кортико-гіпокампально-лімбічними взаємодіями [3], указує також зменшення активності в окципітальних відведеннях θ 1- (O1, O2, Pz) та θ 2-піддіапазонах (O1, O2) (рис. 3, Б) та менш генералізована лівопівкульна екзальтація в γ -діапазоні порівняно із таким під час прослуховування білого шуму.

Як і очікувалось, прослуховування співу птахів супроводжувалось більш вираженою, порівняно із білим шумом, реакцією активації механізмів зовнішньої уваги [28] – значуща депресія активності в α 1-піддіапазоні в цей раз спостерігалась майже в усіх відведеннях (рис. 3, Б).

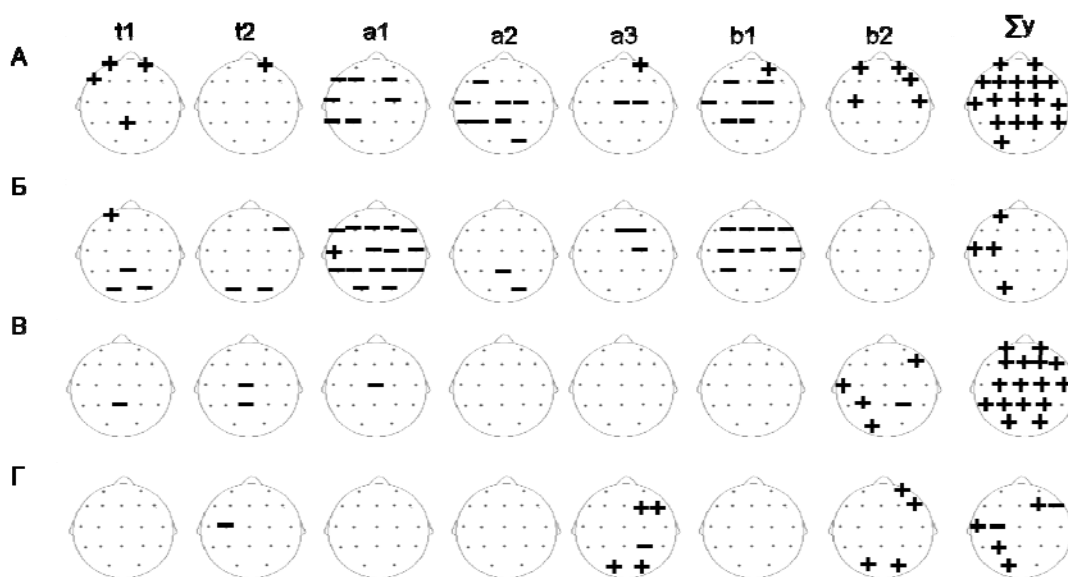


Рис. 3. Топокарти змін спектральної потужності діапазонів ЕЕГ на різних етапах дослідження порівняно із попереднім станом спокою (n = 30)

Примітка: А – білий шум; Б – спів птахів; В – рок-композиція; Г – рок-композиція із видозміненим частотним спектром. "+" – зростання спектральної потужності діапазону, "-" – зниження ($p < 0,05$)

При прослуховуванні рок-композиції з оригінальною частотною структурою низькочастотної частини спектру ЕЕГ спостерігались локальні зміни θ 1-, θ 2-, α 1-піддіапазонах (рис. 3, В).

В області високочастотних складових ЕЕГ (β -діапазон), які на сьогодні пов'язуються із перебігом емоційно-мотиваційних і когнітивних процесів [21, 16], спостерігається збільшення СП β 2-піддіапазону в парієтальних, скроневих та потиличних відведеннях лівої півкулі (P3, T3, O1), збільшення у правому фронтальному відведенні (Fp2) та локальне зменшення СП у парієтальному відведенні правої півкулі (P4).

Зважаючи на думку деяких авторів про функціональне значення активації темпорально-парієтально-окципітальних областей лівої півкулі (мультимодальна генерація образів, процеси уяви) [10, 11] виявлена латералізована реакція може вказувати на активацію внутрішньої психічної активності слухачів і підвищення рівня активаційної емоційної складової, пов'язаної зі сприйняттям музичного фрагмента. До того ж, на сьогодні вважається, що задні області більш притаманна участь у регуляції активаційної складової емоційного

стану, у той час гедонічні складові більше пов'язують із передніми зонами головного мозку [17, 7].

Отримані дані узгоджуються з даними досліджень із використанням емоційних аудіостимулів, в яких було виявлено збільшення амплітуди викликаних потенціалів у потиличних відведеннях у β -діапазоні обох півкуль при наданні як приємних, так і неприємних стимулів [8].

Можна також припустити, що така ліволатеральна реакція вказує на позитивну емоційну відповідь, що узгоджується із позитивною емоційною оцінкою (приємний, активуючий) сприйняття даного музичного фрагмента (рис. 1, 2).

На посилення емоційних процесів також може вказувати генералізована активація кори великих півкуль у γ -діапазоні [12]. Схожа активність у γ -діапазоні спостерігалась і при прослуховуванні білого шуму. Зазначимо, що обидва аудіофрагменти суб'єктивно були оцінені як найбільш активуючі стимули. Тому, у даному випадку, отримане генералізоване збільшення СП у γ -діапазоні відображає активаційну емоційну складову.

Large [18] було показано фазову синхронізацію гамма-ритму із музичним ритмом, що прослуховувався обстежуваними. Таким чином, не виключено, що збіль-

шення СП у γ -діапазоні індуковано сприйняттям ритму даної рок-композиції.

На відміну від оригінальної рок-композиції, при прослуховуванні рок-композиції із видозміненою частотною структурою спостерігалось збільшення СП у $\alpha 3$ -піддіапазоні в окципітальних (O1, O2) та правих фронтальних відведеннях (F4, F8). Топографічна локалізація збільшення СП у $\beta 2$ -піддіапазоні також стосувалась окципітальних (O1, O2) та правих фронтальних (F8, Fp2) відведень.

Відомо, що фронтальні зони неокортексу зв'язуються здебільшого із формуванням валентної компоненти емоцій, у той час як задні, особливо правої півкулі – із процесами емоційної активації незалежно від валентності [9, 13].

Крім цього, необхідно зазначити, що збільшення активності β -діапазону в правій півкулі можна пояснити і посиленням, активацією аудіокортексу, яка пов'язана з обробкою складових музичних компонент та порівнянням із попереднім сприйняттям нативної рок-композиції. Адже відомо, що у людей без музичного досвіду обробка музичних компонент (таких, як висота, тембр і ритм) відбувається в первинній та вторинній слуховій корі правої півкулі [15]. Так, використовуючи метод викликаних потенціалів, негативної неузгодженості (mismatch negativity, MMN) було показано [15], що девіантні звукові стимули (висота, акорди, ритм та тембр) збільшують амплітуду потенціалу MMN у правій півкулі. Девіанти ритму й тембру викликали більший потенціал MMN, ніж девіанти висоти та акордів. У нашому випадку зменшення сигналу низьких частот у рок-композиції призвели до зміни спектральної складової ритмічних компонентів композиції, таких, як бас-гітара та бас-бочка. Таким чином, можливо, "зсув" β -активності у фронтальні зони правої півкулі пов'язаний із реакцією на зміну у сприйнятті ритмічної компоненти композиції як девіантної, і з активацією системи мимовільної уваги.

При прослуховуванні видозміненої рок-композиції спостерігалась значно менша активація в γ -діапазоні на відміну від генералізованого збільшення СП при прослуховуванні оригінальної рок-музики. Як уже було зазначено, екзальтація СП у γ -діапазоні відображає емоційні процеси [12]. У нашому випадку при прослуховуванні активуючих аудіофрагментів (білий шум, оригінальна рок-композиція) спостерігалось більш генералізоване збільшення СП у γ -діапазоні, ніж при прослуховуванні співу птахів та рок-композиції зі зниженою інтенсивністю низьких частот. Таким чином, ураховуючи функціональне значення γ -діапазону, наші дані вказують на те, що зниження інтенсивності низьких частот, у діапазоні яких переважають темпоральні характеристики музики, впливає на рівень емоційної активації, що відображається в менш генералізованій активації в гамма-діапазоні.

Висновки:

1. При прослуховуванні звуків та музики найбільш значні зміни в ЕЕГ спостерігались переважно в низько-частотних і високо-частотних діапазонах, пов'язаних із емоційними та когнітивними процесами.

2. При прослуховуванні рок-композиції зі зниженим рівнем низьких частот спостерігалось посилення активності в $\beta 2$ -піддіапазоні у фронтальних ділянках правої півкулі, на відміну від активації переважно задніх ділянок лівої півкулі при прослуховуванні нативної рок-композиції. Таке збільшення правохронтальної високо-частотної активності може вказувати на посилення когнітивних процесів, пов'язаних з аналізом музичних компонент і порівнянням із попереднім музичним образом.

3. Прослуховування оригінальної рок-композиції на відміну від прослуховування рок-композиції зі зниженим

рівнем сигналу низьких частот викликає більшу кортикальну активацію в γ -діапазоні, що вказує на більший рівень когнітивно-емоційної активації.

Список використаної літератури:

1. Alagramam K. Auditory System, Central // Encyclopedia of the Neurological Sciences. – 2014. – Vol. 1. – P. 323–328.
2. Altenmüller E. Hits to the left, flops to the right: different emotion during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns // Neuropsychologia. – 2002. – Vol. 40. – P. 2242–2256.
3. Basar E. The selectively distributed theta system: functions // Int. J. Psycho-physiol. – 2001. – Vol. 39. – P. 197–212.
4. Bekisz M. Coupling of beta and gamma activity in corticothalamic system of cats attending to visual stimuli // Neuroreport. – 1999. – Vol. 10. – P. 3589–3594.
5. Chapin H. Neural responses to complex auditory rhythms: the role of attending // Front. Psychol. – 2009.
6. Chen J. Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training // J. Cogn. Neurosci. – 2008. – Vol. 20. – P. 226–239.
7. Cuthbert B. Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report // Biological Psychology. – 2000. – Vol. 52. – P. 95–111.
8. Davidson R. Affective style and affective disorders: perspectives from affective neuroscience // Cognit. Emot. – 1998. – Vol. 12. – P. 307–330.
9. Evers S. The cerebral haemodynamics of music perception. A transcranial Doppler sonography study // Brain. – 1999. – Vol. 122. – P. 75–85.
10. Farah M. Current issues in the neuropsychology of image generation // Neuropsychologia. – 1995. – Vol. 33. – № 11. – P. 1455–1471.
11. Goldenberg G. Contributions of occipital and temporal brain regions to visual and acoustic imagery – a SPECT study // Neuropsychologia. – 1991. – Vol. 29. – P. 695–702.
12. Headley D. In sync: gamma oscillation and emotional memory // Frontiers in Behavioral Neuroscience. – 2013. – Vol. 7.
13. Heller W. Neuropsychological correlates of arousal in self-reported emotion // Cognit. Emot. – 1997. – Vol. 11. – P. 383–402.
14. Hove M. Superior time perception for lower musical pitch explains why bass-ranged instruments lay down musical rhythms // PNAS. – 2014. – Vol. 111. – P. 10383–10388.
15. Kentaro O. The effect of musical experience on hemispheric lateralization in musical feature processing // Neuroscience Letters. – 2011. – Vol. 496. – P. 141–145.
16. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // Brain Research Reviews. – 1999. – Vol. 29. – P. 169–195.
17. LaBar K. Spatiotemporal dynamics of a neural network for emotional picture encoding revealed by parallel evoked potential and fMRI measurements // Society for Neuroscience Abstracts. – 1999. – Vol. 25. – P. 2146.
18. Large E. Neural networks for beat perception in musical rhythm // Frontiers in Systems Neuroscience. – 2015. – Vol. 9.
19. Schmidt L. Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions // Cognition and Emotion. – 2001. – Vol. 15. – P. 487–500.
20. Schroeder C. Dynamics of active sensing and perceptual selection // Curr. Opin. Neurobiol. – 2010. – Vol. 20. – P. 172–176.
21. Snyder J. Gamma-band activity reflects the metric structure of rhythmic tone sequences // Cognitive brain research. – 2005. – Vol. 24. – P. 117–126.
22. Stupacher J. Musical groove modulates motor cortex excitability: A TMS investigation // Brain Cognition. – 2013. – Vol. 82. – P. 127–136.
23. Trochidis K. EEG-based emotion perception during music listening // Proceedings of the 12th International Conference on Music Perception and Cognition and the 8th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music, July 23–28, 2012, Thessaloniki, Greece, 1018–1021.
24. Van Dyck E. The impact of the bass drum on human dance movement // Music Perception. – 2013. – Vol. 30. – P. 349–359.
25. Will U. Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli // Neurosci. Lett. – 2007. – Vol. 424. – P. 55–60.
26. Wuon-Shik Kim. Asymmetric activation in prefrontal cortex by sound-induced affect // Perceptual and motor skills. – 2003. – Vol. 97. – P. 847–854.
27. Деглин В. О роли доминантного полушария в регуляции эмоционального состояния человека // Физиология человека. – 1975. – № 1. – С. 418–426.
28. Русалова М. Частотно-амплитудные характеристики левого и правого полушарий при мысленном воспроизведении эмоционально окрашенных образов // Физиология человека. – 1999. – Т. 47. – № 5. – С. 792–811.
29. Русанов М. Отражение в межполушарном распределении частотно-амплитудных параметров ЭЭГ силы эмоционального переживания, величины потребности и вероятности ее удовлетворения // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 1. – С. 32–39.

References (Scopus)

1. Alagramam K. Auditory System, Central // Encyclopedia of the Neurological Sciences. – 2014. – Vol. 1. – P. 323–328.

2. Altenmüller E. Hits to the left, flops to the right: different emotion during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns // *Neuropsychologia*. – 2002. – Vol. 40. – P. 2242–2256.
3. Basar E. The selectively distributed theta system: functions // *Int. J. Psycho-physiol.* – 2001. – Vol. 39. – P. 197–212.
4. Bekisz M. Coupling of beta and gamma activity in corticothalamic system of cats attending to visual stimuli // *Neuroreport*. – 1999. – Vol. 10. – P. 3589–3594.
5. Chapin H. Neural responses to complex auditory rhythms: the role of attending // *Front.Psychol.* – 2009.
6. Chen J. Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training // *J. Cogn.Neurosci.* – 2008. – Vol. 20. – P. 226–239.
7. Cuthbert B. Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report // *Biological Psychology*. – 2000. – Vol. 52. – P. 95–111.
8. Davidson R. Affective style and affective disorders: perspectives from affective neuroscience // *Cognit. Emot.* – 1998. – Vol. 12. – P. 307–330.
9. Evers S. The cerebral haemodynamics of music perception. A transcranial Doppler sonography study // *Brain*. – 1999. – Vol. 122. – P. 75–85.
10. Farah M. Current issues in the neuropsychology of image generation // *Neuropsychologia*. – 1995. – Vol. 33. № 11. – P. 1455–1471.
11. Goldenberg G. Contributions of occipital and temporal brain regions to visual and acoustic imagery – a SPECT study // *Neuropsychologia*. – 1991. – Vol. 29. – P. 695–702.
12. Headley D. In sync: gamma oscillation and emotional memory // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. – 2013. – Vol. 7.
13. Heller W. Neuropsychological correlates of arousal in self-reported emotion // *Cognit. Emot.* – 1997. – Vol. 11. – P. 383–402.
14. Hove M. Superior time perception for lower musical pitch explains why bass-ranged instruments lay down musical rhythms // *PNAS*. – 2014. – Vol. 111. – P. 10383–10388.
15. Kentaro O. The effect of musical experience on hemispheric lateralization in musical feature processing // *Neuroscience Letters*. – 2011. – Vol. 496. – P. 141–145.
16. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // *Brain Research Reviews*. – 1999. – Vol. 29. – P. 169–195.
17. LaBar K. Spatiotemporal dynamics of a neural network for emotional picture encoding revealed by parallel evoked potential and fMRI measurements // *Society for Neuroscience Abstracts*. – 1999. – Vol. 25. – P. 2146.
18. Large E. Neural networks for beat perception in musical rhythm // *Frontiers in Systems Neuroscience*. – 2015. – Vol. 9.
19. Schmidt L. Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions // *Cognition and Emotion*. – 2001. – Vol. 15. – P. 487–500.
20. Schroeder C. Dynamics of active sensing and perceptual selection // *Curr.Opin.Neurobiol.* – 2010. – Vol. 20. – P. 172–176.
21. Snyder J. Gamma-band activity reflects the metric structure of rhythmic tone sequences // *Cognitive brain research*. – 2005. – Vol. 24. – P. 117–126.
22. Stupacher J. Musical groove modulates motor cortex excitability: A TMS investigation // *Brain Cognition*. – 2013. – Vol. 82. – P. 127–136.
23. Trochidis K. EEG-based emotion perception during music listening // *Proceedings of the 12th International Conference on Music Perception and Cognition and the 8th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music*, July 23–28, 2012, Thessaloniki, Greece, 1018–1021.
24. Van Dyck E. The impact of the bass drum on human dance movement // *Music Perception*. – 2013. – Vol. 30. – P. 349–359.
25. Will U. Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli // *Neurosci.Lett.* – 2007. – Vol. 424. – P. 55–60.
26. Wuon-Shik Kim. Asymmetric activation in prefrontal cortex by sound-induced affect // *Perceptual and motor skills*. – 2003. – Vol. 97. – P. 847–854.
27. Deglin V. O roli dominantnogo polushariya v regulatsii emocionalnogo sostoyaniya cheloveka // *Fiziologiya cheloveka*. – 1975. – № 1. – S. 418–426.
28. Rusalova M. Chastotno-amplitudnye karakteristiki levogo i pravogo polushariya pri muslenom vosproizvedenii emocionalno okrasenih obrazov // *Fiziologiya cheloveka*. – 1999. – T. 47. – № 5. – S. 792–811.
29. Rusanov M. Otrazhenie v mezhpolutsharnom raspredelenii chastotno-amplitudnyh parametrov EEG silu emocionalnogo perezhivaniya, velichinu potrebnosti i veroaynosti udovletvoreniya // *Fizhiologiya cheloveka*. – 2000. – T. 26. – № 1. – S. 32–39.

Надійшла до редколегії 15.01.2018

Отримано виправлений варіант 19.02.2018

Підписано до друку 20.02.2018

Received in the editorial 15.01.2018

Received a revised version on 19.02.2018

Signed in the press on 20.02.2018

А. Шпенков, асп., С. Тукаев, канд. биол. наук, И. Зима, д-р биол. наук
УНЦ "Институт биологии и медицины",
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ГАММА-ДИАПАЗОНЕ ПРИ ПРОСЛУШИВАНИИ РОК-МУЗЫКИ С ПОНИЖЕННЫМ УРОВНЕМ НИЗКИХ ЧАСТОТ

При записи музыкальной композиции музыканты учитывают тот факт, что уровень сигнала определенных частот может влиять на эмоциональное восприятие музыки. Целью данной работы было исследовать влияние низкочастотной компоненты в рок-музыке на эмоциональное восприятие музыки.

Методы: В исследовании приняли участие 30 волонтеров. Обследуемые прослушивали четыре аудиофрагмента: белый шум, пение птиц, инструментальная рок-композиция и рок-композиция с пониженным уровнем сигнала низких частот. Во время прослушивания аудиофрагментов осуществлялась регистрация ЭЭГ. Результаты: При прослушивании звуков и музыки наиболее значительные изменения в ЭЭГ происходили в основном в β - и γ -диапазонах, которые отображают эмоциональные и когнитивные процессы. При прослушивании оригинальной рок-композиции, так же как и при прослушивании белого шума, наблюдалось генерализованное увеличение спектральной мощности (СМ) в γ -диапазоне. В то время как при прослушивании рок-музыки с пониженным уровнем низких частот увеличение СМ в γ -диапазоне наблюдалось только в задних отделах левого полушария и правых фронтальных отделах. Менее генерализованная активация в γ -диапазоне связана с меньшим уровнем эмоциональной активации.

Ключевые слова: ЭЭГ, восприятие музыки, восприятие ритма, гамма-диапазон.

O. Shpenkov, PhD stud., S. Tukaev, PhD., I. Zyma, Dr. Sc.
ESC "Institute of Biology and Medicine",
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

EEG GAMMA-BAND SPECTRAL POWER CHANGES DURING LISTENING TO THE ROCK-MUSIC WITH REDUCED LOW-FREQUENCY LEVEL

Among musicians it is well known that depending on signals level of certain frequencies music can elicit different emotions and affect on its strength. Aim: In this study we investigate influence of low-frequency component in rock-music on emotional experience.

Methods: 30 volunteers participated in this study. Four stimuli were presented: white noise, song of birds, instrumental rock-composition and rock-composition with reduced low-frequency level. EEGs were recorded during listening to the sounds and music. Results: During listening to the sounds and music the most significant EEG changes were observed mainly in beta and gamma-bands, which related to emotional and cognitive processes. There was general activation in gamma-band during listening to the rock-composition with normal frequency range, as well as during white noise session. Whereas there was increase of SP in gamma-band only in left posterior areas and in right frontal area during listening to the rock-composition with reduced low-frequency signal level. Conclusions: Lesser activation in gamma-band during listening to the second rock-composition related to the lower level of emotional activation.

Key words: EEG, music perception, rhythm perception, gamma-band.