

М. Ю. МАКАРЧУК¹, К. Ю. МАКСИМОВИЧ¹, В. І. КРАВЧЕНКО¹,
С. А. КРИЖАНОВСЬКИЙ¹

ЕЕГ-АКТИВНІСТЬ У ЖІНОК ПРИ СПРИЙНЯТТІ ЕМОЦІЙНО ЗАБАРВЛЕНИХ, ЕРОТИЧНИХ ТА НЕЙТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В РІЗНИХ ФАЗАХ ОВУЛЯЦІЙНОГО (МЕНСТРУАЛЬНОГО) ЦИКЛУ

Надійшла 15.07.10

Досліджували ЕЕГ-активність у жінок при сприйнятті зорових стимулів Міжнародної системи афективних зображень (IAPS) у різних фазах овуляційного (менструального) циклу. Виявлено, що головний мозок жінок найбільш активується при пред'явленні як емоційно негативних, так і позитивних візуальних подразників у перебігу фолікулярної фази овуляційного циклу, а найменше – у період власне овуляції. Під дією нейтральних стимулів церебральна активація була найбільш інтенсивною в перебігу лютеїнової фази (порівняно з такою в інших фазах), причому прояви активації зосереджувались у правій півкулі. Когнітивний та емоційний компоненти сприйняття афективних зображень були найбільш вираженими при перегляді позитивних стимулів у період фолікулярної фази. Сприйняття емоційно приємних стимулів в інших фазах супроводжувалося латералізацією активаційного забезпечення сенсорних та аналітичних процесів у лівій півкулі під час овуляції та в правій у перебігу лютеїнової фази. Перегляд негативних зображень під час фолікулярної фази викликав зростання потужності коливань тета-діапазону в лівій лобній ділянці та депресію альфа-активності в центральній ділянці лівій півкулі, що може бути наслідком посилення тривоги та вербально опосередкованих тривожних роздумів під дією таких стимулів. Пред'явлення еротичних візуальних стимулів викликало найінтенсивніші залежні від фаз овуляційного циклу зміни ЕЕГ не під час власне перегляду зображень, а в післястимуляційний період.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: компоненти ЕЕГ, спектральна потужність, овуляційний (менструальний) цикл, афективні зображення.

ВСТУП

Відомо, що зміни рівня статевих гормонів у жінок впродовж овуляційного (менструального) циклу помітно впливають на характер реагування їх організму як на біологічно, так і на соціально значущі подразники [1, 2]. Зміни рівнів естрогену і прогестерону впродовж овуляційного циклу здатні істотно модулювати рівень тривожності, больову чутливість та практично всі когнітивні функції, включаючи здатність до навчання, пам'ять, рівень уваги тощо [3–5]. Це пояснюється тим, що статеві

гормони, діючи на специфічні щодо них рецептори в таких структурах, як амігдаларний комплекс, гіпоталамус, гіпокамп, передня поясна звивина, здатні через геномні й негеномні шляхи змінювати функціональний стан і навіть структурні характеристики даних підкоркових структур. Останні, в свою чергу, модулюють функціональну активність різних кортикальних ділянок, включно з орбітофронтальною корою [1, 6]. Важливим є і те, що підкоркові структури, являючи собою мішені для дії статевих гормонів, утворюють у мозку систему формування емоційних відповідей практично на будь-які подразники [7]. Флуктуації ж рівнів статевих гормонів впродовж овуляційного циклу здатні міняти емоціореактивні характеристики даних структур. Тому цілком логічно очікувати, що одні й ті ж самі подразники в різних фазах овуляційного

¹ Київський національний університет ім. Тараса Шевченка (Україна).
Ел. пошта: nikmak@biocss.univ.kiev.ua (М. Ю. Макарчук);
maxykate@ukr.net (К. Ю. Максимович);
kvitkaz@ukr.net (В. І. Кравченко);
krisa@univ.kiev.ua (С. А. Крижановський).

циклу будуть сприйматися по-різному. Результати застосування сучасних методів нейровізуалізації стану мозку людини загалом підтвердили таку думку. Так, було показано, що реагування на еротично забарвлені стимули у жінок помітно змінюється залежно від фаз овуляційного циклу [8]. Разом з тим, як слід визнати, фізіологічні механізми, котрі лежать в основі цих відмінностей, остаточно не з'ясовані. Натепер немає точної відповіді і на запитання, якою є динаміка процесів у різних ділянках мозку при сприйнятті позитивних, негативних, нейтральних чи еротично забарвлених візуальних подразників у жінок у різних фазах овуляційного циклу. Застосування нейровізуалізації, на жаль, такої відповіді дати не може, оскільки відповідні методи мають відносно малу просторово-часову розрізняльну здатність. Цей недолік відсутній при реєстрації ЕЕГ, яка дозволяє оцінювати нейрофізіологічні процеси в різних ділянках мозку в межах мілісекундних діапазонів.

Можна очікувати, що аналіз змін електричної активності головного мозку під час перегляду позитивних, негативних, еротично забарвлених та нейтральних зображень у різних фазах овуляційного циклу дозволить підійти ближче до інтерпретації нейрофізіологічних механізмів специфіки реагування жінок на пред'явлення візуальних подразників-зображень різних типів у послідовних фазах циклічних змін гормонального фону.

МЕТОДИКА

У дослідженні взяли участь 18 жінок віком 18–21 рік, студенток Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Згідно з результатами анамнестичного опитування та медичних карт, у них спостерігалися регулярні впродовж року менструальні цикли тривалістю 27–35 днів. Усі обстежувані на момент дослідження були здоровими, не хворіли в минулому на неврологічні або психічні захворювання і не вживали гормональних протизаплідних засобів. Кожна обстежувана брала участь у дослідженні тричі: у фолікулярній фазі (другий–четвертий день менструального циклу), фазі овуляції (12–16-й день) та в лютеїновій фазі овуляційного циклу (21–25-й день менструального періоду). Наявність і час овуляції в кожній із обстежуваних оцінювали за характером кристалізації вмісту слини згідно з даними тест-мікроскопії (реєстраційне свідоцтво МОЗ України № 817/2002).

Метод заснований на тому, що під час овуляції (при максимальній концентрації естрогенів у крові жінки) у висушених зразках слини під мікроскопом виявляється кристалізація у вигляді характерних «листіків папороті». Відповідні офіційні випробування довели досить високу надійність даного тесту.

У всіх жінок впродовж кожного обстеження реєстрували ЕЕГ за схемою: стан спокою (при заплющених очах) – 3 хв, пред'явлення на екрані монітора комп'ютера серії зображень, що здатні викликати позитивні емоції, – 1.5 хв, пред'явлення нейтральних стимулів – 1.5 хв, пред'явлення зображень еротичного характеру – 1.5 хв, пред'явлення зображень, що здатні викликати негативні емоції, – 1.5 хв, стан спокою (заплющені очі) – 3 хв. Між кожною серією пред'явлень зображень з позитивним, негативним, еротичним чи нейтральним змістом реєстрували ЕЕГ (1.5 хв) у перебігу пред'явлення серії повторень беззмістовних зображень сірого кольору, які почергово змінювали одне одного. Як зображення з відповідним змістом використовували фотографії з каталогу Міжнародної системи афективних зображень (IAPS) [9]. Час пред'явлення окремого зображення (фотографії) в серії становив 6 с.

ЕЕГ відводили монополярно за допомогою діагностичного комплексу «Нейрон-Спектр» (ООО «Нейрософт», РФ); як референтний електрод використовували контакт на іпсилатеральній мочці вуха. Електроди розміщували згідно з міжнародною системою „10–20” у 14 симетричних точках поверхні голови: середньофронтальних (F3/F4), латеральнофронтальних (F7/F8), центральних (C3/C4), передніх скроневих (T3/T4), задніх скроневих (T5/T6), тім'яних (P3/P4) та потиличних (O1/O2).

Для аналізу ЕЕГ-показників використовували тільки попередньо відібрані в перебігу візуального аналізу безартефактні фрагменти запису. За допомогою швидкого перетворення Фур'є визначали спектральну потужність (мкВ^2) для ряду частотних діапазонів: тета (4.0–7.9 Гц), альфа (8.0–12.9 Гц), низькочастотного (13.0–19.9 Гц) та високочастотного (20.0–35.0 Гц) субкомпонентів бета-активності. Епоха аналізу становила 2.56 с, сегменти перекриття – 1.28 с, смуга пропускання – від 1.0 до 35 Гц. Крім того, розраховували коефіцієнт активації (КА) як відношення потужності коливань сумарного бета-діапазону до потужності альфа-діапазону.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакета STATISTICA 7.0 („Statsoft”,

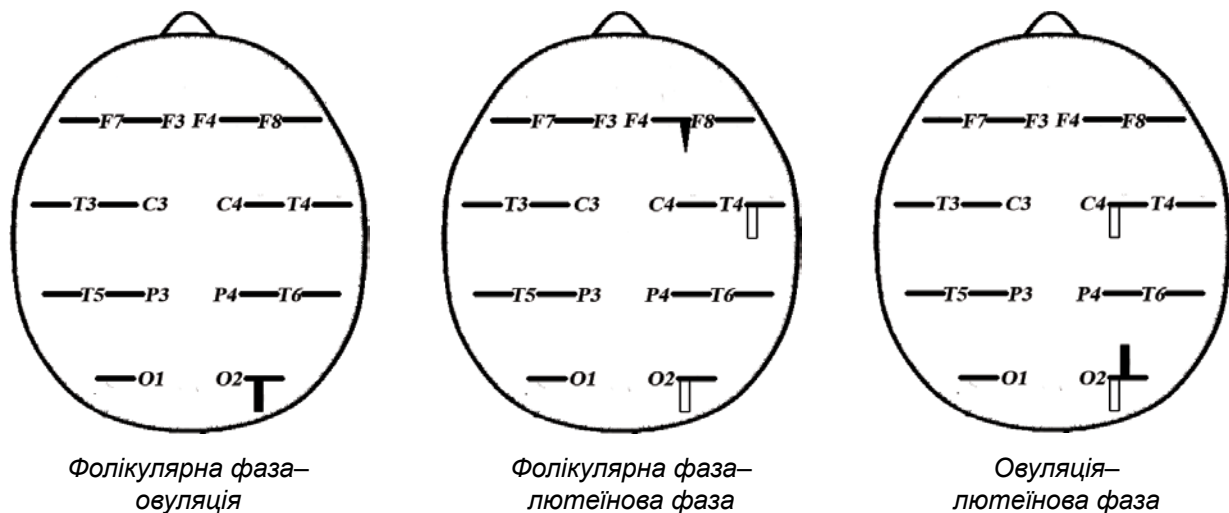
США, 2004). Оскільки розподіли експериментальних даних, отриманих у цьому дослідженні, не відповідали критерію нормальності (за Лілієфором), у порівнянні залежних вибірок застосовували непараметричний критерій знакових рангів Вілкоксона. Критичний рівень значущості міжгрупових відмінностей P при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним 0.05.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Згідно з результатами аналізу електричної активності мозку жінок у стані спокою (при заплющених очах) у різних фазах менструального періоду, міжфазові відмінності ЕЕГ-активності в межах обстеженої групи демонстрували явну асиметрію і рееструвалися лише в правій півкулі (рис. 1). Так, у фазі овуляції потужність коливань альфа-діапазону в потиличній зоні цієї півкулі (O2) була нижчою, ніж у фолікулярній та лютеїновій фазах. Потужність осциляцій тета-діапазону знижувалась у перебігу лютеїнової фази в потиличній (O2) і центральній (C4) зонах порівняно з такою в період овуляції та в потиличній (O2) і скроневої (T4) ділянках порівняно з відповідними значен-

нями у фолікулярній фазі. У лютеїновій фазі потужність високочастотного субкомпонента бета-діапазону знижувалась у правій лобній ділянці (F4). Отримані нами дані загалом узгоджуються з результатами дослідження, згідно з якими у жінок у передменструальний період інтенсивність ЕЕГ-активації саме в лобних ділянках є найменшою [10].

Перш ніж перейти до аналізу наших експериментальних даних щодо впливу перегляду зображень з різним емоційним навантаженням на характеристики ЕЕГ жінок у різних фазах овуляційного циклу, відмітимо, що, згідно з нейрологічною моделлю, описаною Хейлманом [7], сприйняття емоціогенних стимулів у цілому складається з трьох компонентів. Ці компоненти забезпечуються різними мозковими структурами. По-перше, під час дії таких стимулів відбувається оцінка знаку емоційного стимулу (приємний/неприємний). Провідну роль у такій оцінці відіграють лобні частки кори, причому збудження лівої фронтальної кори переважає при обробці позитивних стимулів, а правої – негативних. По-друге, здійснюється активаційне забезпечення сприйняття емоційного сигналу (arousal). Вважається, що воно опосередковане в основному задіянням тім'яних часток у регуляцію впливів



Р и с. 1. Топокарти відмінностей між значеннями медіан спектральних потужностей (СП) частотних компонентів (ритмів) ЕЕГ, котрі спостерігалися в обстеженій групі жінок ($n = 18$) у різних фазах овуляційного циклу.

Горизонтальною лінією вказана відсутність вірогідної різниці між значеннями СП у відповідних відведеннях у межах двох фаз овуляційного циклу, позначених під топокартами; прямокутниками або трикутниками, скерованими вгору або вниз, – випадки вірогідно більших або менших ($P < 0.05$) значень медіан СП різних частотних компонентів ЕЕГ у межах другої із зазначених фаз порівняно з такими у першій фазі. Білими та чорними прямокутниками позначені різниці між середніми СП коливань тета- та альфа-діапазонів відповідно, чорним трикутником – різниця між СП високочастотного бета-субдіапазону ЕЕГ.

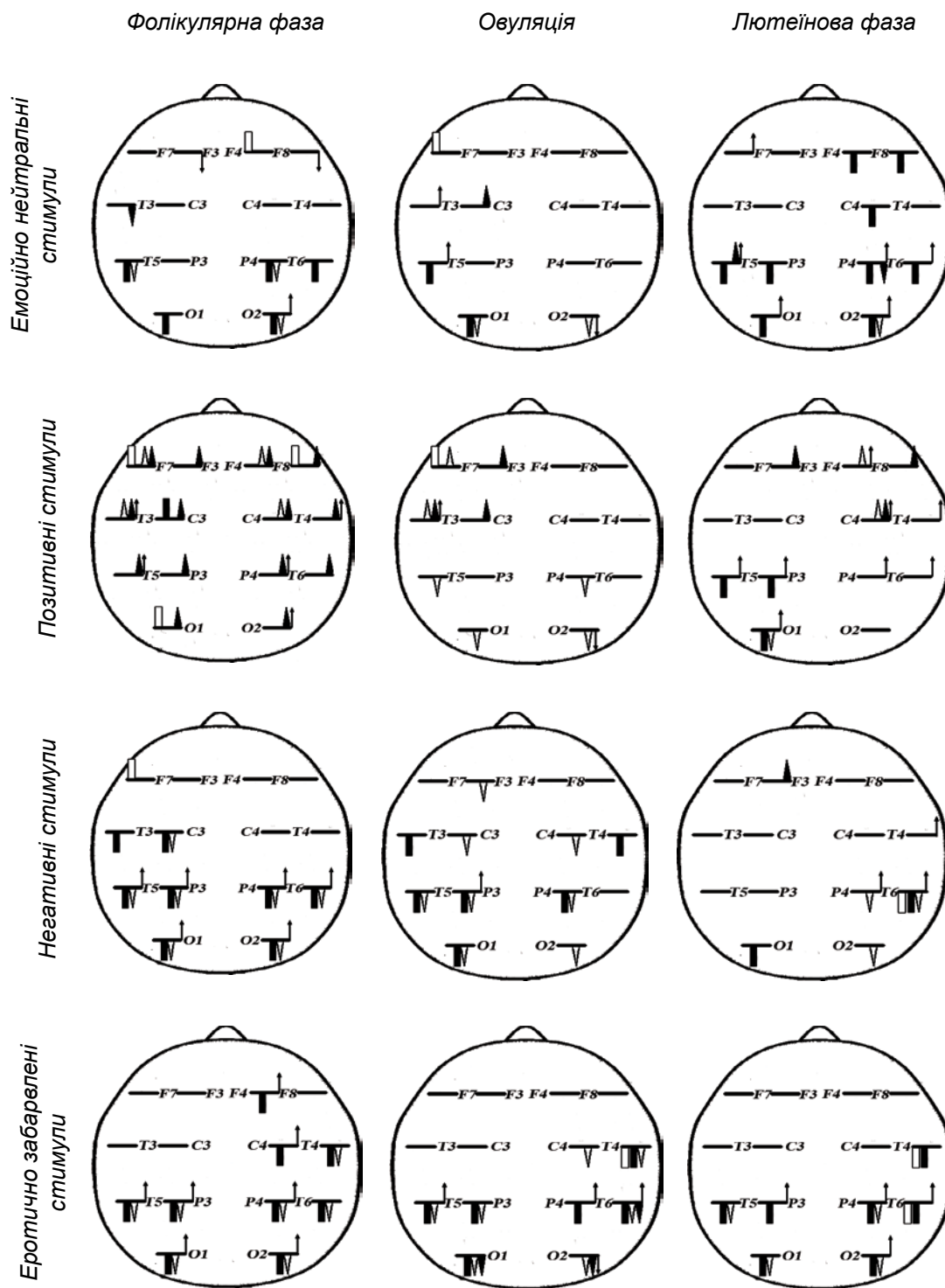


Рис. 2. Топокарти відмінностей між значеннями медіан спектральних потужностей (СП) частотних компонентів ЕЕГ, а також між величинами коефіцієнта активації (КА), що спостерігалися в обстеженій групі жінок у різних фазах овуляційного циклу (вказані вгорі).

Середньогрупові значення медіан СП та КА в умовах пред'явлення нейтральних та емоційно забарвлених зображень набору IAPS (вказано зліва) порівнювалися з такими в разі пред'явлення беззмисловних візуальних стимулів-зображень. Принцип позначень аналогічний такому на рис. 1. Стрілками та білими трикутниками вказані випадки вірогідної різниці між значеннями КА та СП низькочастотного бета-субдіапазону ЕЕГ відповідно. Решта позначень ті ж самі, що й на рис. 1.

активуючих систем мозку. І нарешті, по-третє, за певних обставин емоційне переживання продукує моторний компонент, що може проявлятися у відстороненні від певного стимулу чи наближенні до нього. Регуляція таких реакцій відбувається переважно через впливи орбітофронтальної кори та правої тім'яної частки на лімбічні структури та базальні ганглії.

Оскільки в нашій роботі обстежувані пасивно переглядали зображення і в їхню задачу не входило здійснення будь-яких рухових реакцій на дію цих стимулів, то ми апріорі вважаємо, що за таких умов зареєстровані нами зміни пов'язані переважно з ділянками неокортексу. Дані ділянки забезпечують оцінювання знаку стимулів та активаційний компонент його сприйняття.

Як видно з результатів дослідження, представлених на рис. 2, перегляд емоційно забарвлених зображень різного змісту супроводжується характерними перебудовами мозкової електричної активності, котрі виявляють чітку залежність від фаз овуляційного циклу у жінок.

Так, при перегляді нейтральних за емоційним змістом зображень потужність коливань альфа-діапазону в лівих потилично-скроневих ділянках (O1, T5) знижувалась у перебігу всіх фаз овуляційного циклу. Цей феномен є цілком очікуваним, оскільки зв'язок між депресією альфа-ритму та розвитком активаційних процесів у кортикальних зонах, пов'язаних з аналізом зорових стимулів, є добре відомим [11]. У фолікулярній фазі при перегляді згаданих зображень додатково активувалися праві тім'яно-потилично-скроневі ділянки. Це може свідчити про те, що в аналіз подібних зображень залучаються симетричні задньопотиличні ділянки неокортексу на тлі одночасного зниження активації в лобних локусах (F3 та F8). Дана обставина видається цілком закономірною, оскільки вказані зображення не мали емоційного навантаження; тому в їх аналіз у найменшій мірі залучаються лобні частки, необхідні для оцінки значущості стимулів. У фазі овуляції спостерігалася переважно лівопівкульна активація скронево-центральної зон. У лютеїновій фазі при перегляді нейтральних зображень відмічались найбільш топографічно широка депресія альфа-ритму та зростання КА. Такі зміни виявлялися в правій лобній, центральній, тім'яній та потиличній ділянках.

При перегляді емоційно позитивних зображень, по-перше, спостерігалася характерне для дії тільки зображень даного виду зростання потужності висо-

кочастотного бета-субдіапазону. Функціонально це, вірогідно, відображає когнітивний компонент сприйняття. По-друге, динаміка змін потужності різних діапазонів ЕЕГ-активності при перегляді стимулів зазначеного типу в різних фазах овуляційного циклу відрізнялася найбільш істотно. У даному випадку найбільш масштабні (за кількістю залучених ділянок мозку) зміни відбувались у фолікулярній фазі. У перебігу цієї фази потужність високочастотного бета-субдіапазону зростала в усіх ділянках, а потужність низькочастотних бета-коливань – у лобних, лівій скроневій та правій центральній зонах. Крім того, у фолікулярній фазі зростала потужність осциляцій тета-діапазону в лівій потиличній та симетричних задніх лобних ділянках (F7, F8). Вірогідно, такі зрушення пов'язані з емоційною складовою сприйняття подібних зображень.

Слід згадати, що під час овуляції перегляд емоційно позитивних зображень викликав різноспрямовані зміни високо- та низькочастотних складових бета-діапазону. Збільшення потужності високочастотного субкомпонента бета-діапазону в лівій лобно-скроневій зоні кори супроводжувалось у цей період зменшенням інтенсивності низькочастотної складової бета-діапазону в потиличних зонах.

У цілому найбільша перебудова ЕЕГ-ритміки, викликана переглядом зображень з позитивним емоційним змістом, виявлялася в лівій півкулі, що узгоджується з уявленнями про домінуючу роль останньої в обробці „приємних стимулів”. Характерно, що під час овуляції перегляд таких зображень супроводжувався найменшими змінами КА порівняно з такими в інших фазах овуляційного циклу (даний коефіцієнт зростав тільки в лівому скроневому відведенні).

У лютеїновій фазі при перегляді зображень з позитивним змістом фокус активації був локалізований у правих лобно-центральної ділянках (де зростала потужність високочастотних спектральних компонентів ЕЕГ); у лівій скронево-потиличній зоні відмічалася пригнічення альфа-ритму. Такі зміни, згідно з результатами дослідження ЕЕГ-корелятивів фМРТ-патернів [12], свідчать про інтенсифікацію процесів уваги. Зважаючи на те, що загалом посилення бета-активності корелює з когнітивним компонентом сприйняття зорових зображень, можна зробити висновок, що найбільші напруження та зосередження при перегляді зображень з позитивним змістом характерні для перебігу фолікулярної фази. Водночас сприйняття приемних стимулів

в інших фазах менструального циклу супроводжувалося латералізацією активаційного забезпечення сенсорних та аналітичних процесів у лівій (у період овуляції) та правій (у межах лютеїнової фази) півкулях відповідно.

Перегляд зображень негативного емоційного забарвлення в цілому викликав зниження потужності альфа-активності та низькочастотних бета-коливаль у симетричних потилично-скроневих ділянках неокортексу, що, очевидно, відображає активацію зорових асоціативних ділянок. Якщо порівнювати динаміку ЕЕГ-змін при перегляді нейтральних і неприємних зображень, то сприйняття останніх істотноше знижувало потужність осциляцій низькочастотного бета-субдіапазону в перебігу всіх фаз овуляційного циклу. Оскільки альфа- та бета-діапазони ЕЕГ-активності традиційно розглядають як значною мірою протилежні за функціональним змістом [11], не виключено, що в даному випадку віддзеркалювалися зміни активності тонічних контролюючих систем неокортексу; внаслідок цього може модулюватися потужність широких частотних смуг ЕЕГ-спектра. Звертає на себе увагу і той факт, що в усіх фазах овуляційного циклу перегляд зображень із негативним емоційним змістом викликав зростання КА в тім'яних ділянках кори. Це, на нашу думку, може відображати інтенсивніше залучення активуючих мозкових систем [7], яке є цілком закономірним в умовах дії негативних стимулів.

Під час фолікулярної фази перегляд зображень з негативним змістом викликав інтенсифікацію тета-активності в лівій лобній частці (F7) та депресію коливаль альфа-діапазону в центрально-скроневих ділянках лівої півкулі. Наведені результати загалом узгоджуються з даними, отриманими з використанням позитронно-емісійної томографії. Так, у дослідженнях з використанням останньої методики було показано, що очікування експериментально змодельованої загрози найчастіше пов'язане з активацією структур саме передніх відділів лівої півкулі (орбітофронтальна кора, острівкова кора, передня частина поясної звивини) [13]. Депресія коливаль альфа-діапазону в центрально-тім'яних ділянках, яку ми спостерігали переважно в лівій півкулі, може, ймовірно, пояснюватися впливом вербально опосередкованих тривожних роздумів, що є проявом тривоги та спробою зниження її рівня. Такий характер реагування на пред'явлення емоційних стимулів є характерним переважно для осіб з високим рівнем тривожності [14]. Цікаво, що така картина спостерігалась у

нашому дослідженні саме під час фолікулярної фази овуляційного циклу, тобто при найнижчій концентрації естрогенів у крові. Враховуючи вплив естрогенів на рівень експресії серотонінових рецепторів, синтез серотоніну, його зворотне захоплення нервовими закінченнями і руйнування серотоніну моноамінооксидазою [15] та відомий анксиолітичний вплив даного нейротрансмітера, а також участь серотонінергічних нейронів ядер шва в модуляції гіпокампаального тета-ритму [16], таке реагування на негативні зображення в період фолікулярної фази цілком може пояснюватися зниженням активності серотонінергічної системи, оскільки рівень естрогенів у цій фазі є найнижчим. Під час фолікулярної фази також зростав КА в усіх тім'яно-потилочно-скроневих ділянках.

У фазі овуляції зміни потужностей коливаль альфа- та низькочастотного бета-діапазонів були симетричними, з незначним переважанням у лівій півкулі. Як і при перегляді приємних зображень, у цій фазі відмічалася найменша активація неокортексу, про що свідчить зростання КА тільки в лівому тім'яному відведенні (P3).

Щодо лютеїнової фази, то перегляд неприємних зображень у даний період викликав зональні зміни електричної активності, які відрізнялися від таких в інших фазах. Так, при перегляді зображень з емоційно неприємним змістом пригнічувалися низькочастотна бета-активність у правих тім'яно-потилочних зонах на тлі зниження потужностей коливаль альфа- й тета-діапазонів у задньоскроневої ділянці (T6). Перегляд неприємних зображень у межах цієї фази викликав зростання КА лише в правих скронево-тім'яних ділянках.

У лютеїнової фазі під час перегляду неприємних зображень також спостерігалось зростання потужності високочастотного бета-субдіапазону в лівій лобній ділянці (F3), що може свідчити про спроби тестованих свідомо саморегулювати їх емоційний стан. У перебігу обстежень з використанням нейровізуалізації подібна активація лівої префронтальної кори відмічалася при свідомій регуляції емоційних реакцій на пред'явлення негативних візуальних стимулів [17]. Як наслідок, така свідомо регуляція здатна призводити до загального зниження реактивності кори щодо негативних подразників. З цим може бути пов'язаний і той факт, що в лютеїнової фазі під час активації лівої лобної ділянки істотно зниження потужності альфа-діапазону спостерігалось тільки в лівій потилочній (O1) і правій задньоскроневої (T6) ділянках,

тоді як у межах фолікулярної та овуляційної фаз депресія альфа-ритму охоплювала скронево-тім'яно-потиличні зони.

Перегляд зображень еротичного змісту супроводжувався зменшенням потужностей альфа- та низькочастотного бета-діапазонів утім'яно-потиличних та правій скроневої зонах. Така картина нагадувала зміни електричної активності при демонстрації емоційно негативних зображень (рис. 2). Іншими словами, емоціогенна стимуляція двох різних (за емоційно-інформаційною складовою) типів викликає досить подібні ЕЕГ-реакції. Виходячи з факту такої однорідності змін ЕЕГ при застосуванні неідентичних за знаком стимулів, можна припустити, що відповідні модифікації ЕЕГ-патерну в даному випадку переважно відображують “енергетичне” забезпечення специфічних мозкових реакцій на емоційно забарвлену інформацію як таку, без урахування її знаку. При цьому слід відмітити, що під час овуляції пред'явлення еротичних подразників додатково пригнічувало низькочастотну бета-активність у потиличних ділянках та знижувало потужність тета-активності в локусі Т4. У лютеїновій фазі подібне зниження тета-активності внаслідок дії еротичних стимулів виявлялось у правій скроневої ділянці (Т4, Т6).

Хоча загалом динаміка змін потужностей коливань різних частотних діапазонів ЕЕГ під час перегляду зображень еротичного змісту була подібною до змін, викликаних переглядом емоційно неприємних зображень, при дії еротичних стимулів такі зміни були більш вираженими в правій скроневої ділянці, а при дії негативних – у лівій. Цікаво, що наші дані стосовно дії еротично забарвлених візуальних стимулів у жінок у різних фазах овуляційного циклу в цілому збігаються з результатами МРТ-дослідження впливу перегляду еротичних стимулів у чоловіків [18]. Згідно з результатами згаданої роботи, перегляд еротичних зображень у чоловіків активує задньоскроневої ділянки кори, що відповідають зоровій асоціативній корі та паралімбічним ділянкам (правий острівець та задня лобна ділянка); як вважають, ці ділянки пов'язані з обробкою інформації з високим рівнем мотивації. Активація також охоплювала ліву передню частину поясної звивини. Як видно з рис. 2, на відміну від ефектів стимулів інших типів, еротичні візуальні подразники викликали генералізовані реакції в перебігу всіх фаз овуляційного циклу, причому в таких умовах фактично не залучалися фронтальні зони кори. Тому цілком логічно зробити наступ-

ний висновок: у даному випадку провідним є саме активаційний компонент сприйняття, який запускає включення емоціогенних мозкових структур незалежно від знаку емоцій.

Починаючи це дослідження, ми очікували, що найбільші модифікації ЕЕГ-патерну, пов'язані з фазами овуляційного циклу, будуть спостерігатись у жінок при сприйнятті саме еротичних подразників. Відомо, що коливання рівнів похідних тестостерону впродовж згаданого циклу істотно впливають на сприйняття сексуальних стимулів у жінок [19, 20]. Отримані нами дані, проте, показали, що мозкова нейродинаміка при перегляді зображень саме цього виду в межах різних фаз овуляційного циклу характеризувалася найменшою специфікою. Однак таке протиріччя було знято, коли ми проаналізували зміни ЕЕГ у післястимульній період. Виявилось, що зазначені зміни чітко корелюють з фазами овуляційного циклу. Найбільш істотними були такі зміни у фазі саме овуляції. Після перегляду еротичних зображень зростання потужності альфа- та бета1-ритмів спостерігалось у задніх ділянках кори. Інтенсифікація тета-активності відмічалась у правих центральній і скроневої ділянках (С4, Т4) (що було нехарактерним для жодних інших післястимульних періодів), і це загалом може відображати більш тривалий і стійкий емоціогенний вплив таких стимулів саме у фазі овуляції. У лютеїновій фазі в інтервалі після перегляду еротичних зображень (під час пред'явлення беззмистовних картинок) ми відмічали зростання потужності високочастотних компонентів ЕЕГ (коливань обох бета-піддіапазонів) у потиличних зонах, більш виражене справа. Існують дані про те, що посилення бета-активності в цих зонах кори корелює з пригадуванням певних неприємних емоційно забарвлених подій, а у жінок посилення бета-активності в таких умовах особливо виражене в зоні Т6 [21].

Отже, ми констатували, що перегляд емоційно забарвлених зображень різного змісту супроводжується досить характерними перебудовами церебральної електричної активності, причому такі перебудови мають певні особливості, залежні від фаз овуляційного циклу у жінок. Найменша генералізована активація головного мозку (згідно зі змінами КА) при перегляді як приємних, так і неприємних зображень відмічалась у фазі овуляції, коли спостерігається максимальна концентрація естрогенів у крові. Перегляд неприємних і еротично забарвлених зображень IAPS, що пов'язано

з найвищим рівнем збудження (arousal), викликав найбільш інтенсивні активаційні процеси (згідно з кількістю залучених кортикальних зон) у межах фолікулярної фази (коли спостерігаються низькі рівні як естрогену, так і прогестерону). У томографічних дослідженнях було показано [1], що афективна реакція на перегляд неприємних зображень у жінок в період овуляції послаблена порівняно з такою в ранній період фолікулярної фази. Це виявляється в меншій активації кортикальних та підкіркових структур головного мозку, залучених в регуляцію рівня „arousal” та ініціацію нейроендокринних та афективних реакцій, – центральної мигдалини, біляшлуночкових та вентромедіальних ядер гіпоталамуса, гіпокампа, орбітофронтальної кори та передньої поясної звивини. Щоправда, у цій роботі не досліджували реакції на афективні зображення в межах лютеїнової фази. За даними інших робіт [22], саме в лютеїнової фазі спостерігається найбільша стресіндукована активація гіпоталамо-гіпофізарної осі.

На сьогодні накопичено чимало експериментальних підтверджень того, що циркулюючі естрогени здійснюють регуляторні впливи на виділення гормонів гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі. Ці впливи опосередковані естрогеновими бета-рецепторами, експресованими в гіпоталамічних гормонпродукуючих нейронах [6]. Естрогени також впливають на вивільнення норадреналіну в лобній корі. Як вважається, у такий спосіб здійснюється анксиолітичний вплив естрогенів, що базується на зменшенні виділення норадреналіну і супресії поведінкових реакцій, характерних для стрес-відповіді. Даною обставиною можна пояснити той факт, що саме під час фази овуляції, тобто при найбільшому рівні естрогенів в крові, перегляд емоційно збуджуючих картинок супроводжувався найменшою активацією кори (згідно зі змінами КА). На нашу думку, така знижена стрес-активація у відповідь на емоціогенну стимуляцію в період овуляції є поведінково доцільною в аспекті можливості реалізації більш рішучих і ефективних поведінкових стратегій у цей найбільш сприятливий для запліднення період.

Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про те, що перегляд афективних зображень різного типу найбільш інтенсивно активує головний мозок жінок у межах фолікулярної фази овуляційного циклу, а найменше – у фазі овуляції при максимальній концентрації естрогену в крові. У лютеїнової фазі найбільшу активацію (порівняно

з такою в інших фазах) головного мозку викликає пред’явлення емоційно нейтральних стимулів; чітка локалізація такої активації спостерігається в правій півкулі. Когнітивний та емоційний компоненти сприйняття афективних зображень переважають при перегляді позитивних стимулів під час фолікулярної фази, тоді як сприйняття даних стимулів в інших фазах супроводжується чіткою латералізацією активаційного забезпечення сенсорних та аналітичних процесів у лівій півкулі під час овуляції та в правій у перебігу лютеїнової фази. Пред’явлення емоційно негативних стимулів під час фолікулярної фази посилює тета-активність у лівій лобній ділянці та пригнічує альфа-активність у центрально-тім’яних ділянках цієї ж самої півкулі. Згадані ефекти можуть бути корелятом посилення під дією таких стимулів тривоги та вербально опосередкованих тривожних роздумів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. J. M. Goldstein, M. Jerram, R. Poldrack, et al., “Hormonal cycle modulates arousal circuitry in women using functional magnetic resonance imaging,” *J. Neurosci.*, **25**, No. 40, 9309-9316 (2005).
2. J. C. Dreher, P. J. Schmidt, P. Kohn, et al., “Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women,” *PNAS*, **104**, No. 7, 2465-2470 (2007).
3. B. B. Sherwin, “Estrogen and cognitive functioning in women,” *Endocrine Rev.*, **24**, No. 2, 133-151 (2003).
4. J. A. Schmitt, B. L. Jorissen, L. Dye, et al., “Memory function in women with premenstrual complaints and the effect of serotonergic stimulation by acute administration of an alpha-lactalbumin protein,” *J. Psychopharmacol.*, **19**, No. 4, 375-384 (2005).
5. G. van Wingen, F. van Broekhoven, R. J. Verkes, et al., “How progesterone impairs memory for biologically salient stimuli in healthy young women,” *J. Neurosci.*, **27**, No. 42, 11416-11423 (2007).
6. M. J. Weiser, C. D. Foradori, and R. J. Handa, “Estrogen receptor beta in the brain: from form to function,” *Brain Res. Rev.*, **57**, No. 2, 309-320 (2008).
7. K. M. Heilman, “The neurobiology of emotional experience,” *J. Neuropsychiat. Clin. Neurosci.*, **9**, No. 3, 439-448 (1997).
8. X. Zhu, X. Wang, C. Parkinson, et al., “Brain activation evoked by erotic films varies with different menstrual phases: An fMRI study,” *Behav. Brain Res.*, **206**, No. 2, 279-285 (2010).
9. P. J. Lang, M. M. Bradley, and B. N. Cuthbert, *International Affective Picture System (IAPS): Affective Ratings of Pictures and Instruction Manual*, NIMH center for the study of emotion & attention, Univ. Florida, Gainesville (2005).
10. S. Solís-Ortiz, J. Ramos, C. Arce, et al., “EEG oscillations during menstrual cycle,” *Int. J. Neurosci.*, **76**, Nos. 3/4, 279-292 (1994).
11. E. Niedermeyer and F. L. da Silva, *Electroencephalography*, Williams & Wilkins, Lippincott (2005).

12. H. Laufs, J. L. Holt, R. Elfont, et al., "Where the BOLD signal goes when alpha EEG leaves," *Neuroimage*, **31**, No. 4, 1408-1418 (2006).
13. P. Chua, M. Krams, I. Toni, et al., "A functional anatomy of anticipatory anxiety," *Neuroimage*, **9**, No. 6, 563-571 (1999).
14. Л. И. Афтанас, С. В. Павлов, Н. В. Рева, А. А. Варламов, "Анализ вызванной синхронизации и десинхронизации ЭЭГ при восприятии угрожающей и положительной эмоциональной информации: влияние фактора личностной тревожности", *Журн. высш. нерв. деятельности*, **54**, № 4, 473-481 (2004).
15. C. L. Bethea, M. Pecins-Thompson, W. E. Schutzer, et al., "Ovarian steroids and serotonin neural function," *Mol. Neurobiol.*, **18**, No. 2, 87-123 (1998).
16. P. J. Morgane, J. R. Galler, and D. J. Mokler, "A review of systems and networks of the limbic forebrain/limbic midbrain," *Prog. Neurobiol.*, **75**, No. 2, 143-160 (2005).
17. K. N. Ochsner, S. A. Bunge, J. J. Gross, and J. D. Gabrieli, "Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion," *J. Cogn. Neurosci.*, **14**, No. 8, 1215-1229 (2002).
18. S. Stoléru, M. C. Grégoire, D. Gérard, et al., "Neuroanatomical correlates of visually evoked sexual arousal in human males," *Arch. Sex. Behav.*, **28**, No. 1, 1-21 (1999).
19. J. J. Tarín and V. Gómez-Piquer, "Do women have a hidden heat period?" *Human Reprod.*, **17**, No. 9, 2243-2248 (2002).
20. R. Krug, W. Plihal, H. L. Fehm, and J. Born, "Selective influence of the menstrual cycle on perception of stimuli with reproductive significance: an event-related potential study," *Psychophysiology*, **37**, No. 1, 111-122 (2000).
21. P. S. Foster and D. W. Harrison, "The relationship between magnitude of cerebral activation and intensity of emotional arousal," *Int. J. Neurosci.*, **112**, No. 12, 1463-1477 (2002).
22. C. Kirschbaum, B. M. Kudielka, J. Gaab, et al., "Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis," *Psychosom. Med.*, **61**, 154-162 (1999).