

УДК 612.35:616.36

DOI: https://doi.org/10.17721/1728_2748.2020.80.35-40

В. Кравченко, канд. біол. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
К. Демидова, канд. біол. наук
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Київ, Україна

ВАРІАТИВНІСТЬ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ПРИ ПЕРЕГЛЯДІ ЕМОЦІЙНО ЗАБАРВЛЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ЖІНОК У РІЗНІ ФАЗИ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛУ

Досліджено особливості динаміки спектральних показників варіативності серцевого ритму та частоти дихання у 32 жінок 17–23 років при перегляді емоційних зображень IAPS (International affective picture system) у різні фази менструального циклу. Показано, що відмінності в регуляції серцевого ритму, пов'язані з переглядом емоційних зображень різного типу, виявляються переважно у фолікулярну фазу циклу. У цей період значущі відмінності при перегляді емоційних зображень різного типу виявлялися в абсолютній і відносній потужності дуже низько- (VLF) та високочастотного (HF) компонентів спектра. У фазу овуляції чутливим до типу емоцій маркером була потужність низькочастотного компонента спектра (LF), що відображає вплив симпатичного відділу нервової системи на серцевий ритм. Найбільше значення цей показник мав при перегляді неприємних зображень порівняно з приємними й еротичними візуальними стимулами. Внесок симпатичного відділу в регуляцію серцевого ритму виявлявся при перегляді негативних і нейтральних зображень, і лише перегляд зображень еротичного характеру характеризувався зростанням парасимпатичної активності, що виявлялась у збільшенні потужності високочастотного компонента спектра HF, зниженні частки LF/HF і частоти дихання. Показано, що впродовж менструального циклу вегетативний баланс зсувається в бік переважання симпатичного регулювання серцевого ритму, яке досягає максимуму в лютеїнову фазу. У зв'язку з цим ступінь активності симпатичної ланки, яку реєстрували за потужністю низькочастотного компонента LF під час перегляду неприємних зображень, була найменшою у фолікулярну фазу, а найбільшою – у лютеїнову. Не виявлено значущих відмінностей між спектральними показниками варіативності кардіоінтервалів під час перегляду емоційних зображень у лютеїнову фазу, що свідчить про малу інформативність цього періоду циклу для оцінювання особливостей емоційного реагування жінок на основі аналізу серцевого ритму.

Ключові слова: фази менструального циклу, зображення IAPS, емоції, варіативність серцевого ритму, вегетативний баланс.

Вступ. Аналіз варіабельності серцевого ритму (BCR) є відносно нескладним інструментом оцінювання функціонального стану людини, який сьогодні застосовують у різних сферах, від моніторингу розвитку стресорного стану на виробництві [1] до використання показників BCR як індикаторів розвитку емоцій різного знаку [2]. Популярності цей метод набув завдяки тому, що, отримавши запис послідовності кардіоінтервалів з одного відведення ЕКГ та застосувавши комп'ютеризовані алгоритми математичного аналізу тривалості R-R-інтервалів, можна дослідити взаємодію нервових і гуморальних впливів на серцевий ритм, що за грамотної інтерпретації дає можливість зазирнути в поточний функціональний стан та оцінити ступінь психоемоційної напруги обстежуваного. Ускладнює використання показників BCR те, що в сучасній літературі зустрічаються до 30 різних показників, розрахованих на основі тривалостей кардіоінтервалів, багато з яких дублюють одне одного. Тому актуальним є порівняти, які з показників BCR є більш чутливими до станів, що виникають при перегляді емоційно забарвленого матеріалу для того, щоб надалі використовувати їх першочергово. Відомо, що BCR синхронізована з ритмом дихання, що виявляється в явищі респіраторної синусної аритмії – вкороченні R-R-інтервалу на виходу та подовженні на виходу. Зростання дихальної синусної аритмії розглядається як один з показників тону брукуючого нерва, хоча механізми цього явища не однорідні [3]. Зміни частоти дихання модулюють вираженість BCR і також залежать від рівня уваги та емоційного збудження, тому оцінювання цього простого показника може дати додаткову інформацію щодо психоемоційного стану людини, особливо в інтерпретації разом із показниками BCR.

Ще одне питання, якому не приділяється увага при проведенні досліджень за участю жінок, полягає в неврахуванні можливих відмінностей показників, зумовлених гормональними коливаннями впродовж менструального циклу. Зазвичай фаза циклу не контролюється дослідниками, хоча дані літератури переконливо свідчать про існування фазових відмінностей як у когнітивній, так і емоційній сферах. Відомо, що зміни рівня

статевих гормонів у жінок впродовж менструального циклу впливають на характер їхнього реагування як на біологічно, так і соціально важливі подразники [4, 5] і здатні суттєво змінювати рівень тривожності, больову чутливість та практично всі когнітивні функції, включаючи здатність до навчання, пам'ять, рівень уваги тощо [6, 8]. Це пояснюється тим, що статеві гормони, діючи на специфічні до них рецептори у мигдалині, гіпоталамусі, гіпокампі, передній поясній звивині, здатні через геномні й негеномні механізми змінювати функціональний стан цих підкоркових структур, які, у свою чергу, здатні змінювати функціональну активність різних ділянок кори [4, 7, 8]. Важливим є також те, що підкоркові структури, які є мішенями для статевих гормонів, утворюють у мозкові систему формування емоційних відповідей на будь-які подразники [9]. На тлі флуктуації статевих гормонів впродовж менструального циклу змінюється функціональний стан цих структур, у результаті чого ті самі подразники в різні фази менструального циклу сприймаються по-різному. Завданням роботи було дослідити особливості варіативності серцевого ритму та частоти дихання жінок при сприйнятті емоційних стимулів у різні фази менструального циклу за показниками спектрального аналізу BCR і виявити найбільш чутливі до емоційних сигналів маркери серцевого ритму.

Матеріали та методи. В експериментах обстежували брали участь 32 студентки Київського національного університету імені Тараса Шевченка віком від 17 до 23 років. Усі обстежувані були здорові, тобто на момент дослідження не вживали ліків, не хворіли на неврологічні чи психічні захворювання. Жінки, що брали участь у експериментах, мали регулярний впродовж року менструальний цикл тривалістю 27–35 днів та не вживали гормональні протизаплідні препарати. Кожна обстежувана жінка брала участь у дослідженні тричі: у фолікулярну фазу (2–4 день циклу); фазу овуляції (12–16 день циклу) та у лютеїнову фазу менструального циклу (21–25 день циклу). Наявність і час овуляції у кожної з обстежуваних оцінювали за характером кристалізації слини при використанні тест-мікроскопа "Арбор" (реєстраційне свідоцтво МЗ України № 817/2002).

Метод заснований на тому, що під час овуляції, коли концентрація естрогенів у крові жінки стає максимальною, у слині під мікроскопом виявляється кристалізація у вигляді характерних "листіків папороті". У представленому дослідженні жінки перший раз брали участь у тестуванні у різні фази циклу. Так, у фолікулярну фазу вперше брали участь у дослідженні 12 жінок, вдруге – 8, втретє – 12 жінок; у фазу овуляції вперше – 11 жінок, вдруге – 13, втретє – 8 жінок; у лютеїнову фазу вперше – 9 жінок, вдруге – 11, втретє – 12 жінок. Випадковий вибір першого разу тестування був спрямований на зменшення впливу на результати дослідження особливостей реагування при повторних тестуваннях.

У всіх учасників експериментів упродовж кожного обстеження реєстрували ЕКГ і пневмограму за схемою: у стані спокою (закриті очі) – 3,5 хв; при пред'явленні на екрані монітора комп'ютера серії зображень, що здатні викликати позитивні емоції – 1,5 хв; при пред'явленні нейтральних стимулів – 1,5 хв; при пред'явленні зображень еротичного характеру – 1,5 хв; при пред'явленні зображень, що здатні викликати негативні емоції – 1,5 хв; у стані спокою (закриті очі) – 3,5 хв. Перед першою та між кожною наступною серією пред'явлень зображень із позитивним, негативним, еротичним чи нейтральним змістом реєстрували ЕКГ і пневмограму (1,5 хв) при пред'явленні серії беззмістовних зображень сірого кольору двох типів, які по чергово змінювали одне одного.

Як стимульний матеріал використовувалися фотографії Міжнародної системи афективних зображень (IAPS) [10]. Із цього ряду зображень були відібрані чотири групи стимулів: нейтральні, позитивні, негативні та еротичні. Перші три групи були відібрані за нормативними значеннями оцінки емоцій у жінок за 9-бальною шкалою рівня приємності, що для нейтральних зображень становили 4,5 – 5,5 балів, для позитивних – більше 7,6 балів, для негативних – менше 2,0 балів. З кожної групи було сформовано по 3 різні набори стимулів (по 15 зображень) для послідовних етапів дослідження, які містили однакову кількість зображень з певної тематики. Час пред'явлення окремого зображення (фотографії) в серії становив 6 с.

Для дослідження варіативності серцевого ритму (BCP) реєстрували кардіограму в передньому відведенні по Небу за допомогою діагностичного комплексу "Полі-Спектр". Обробка ЕКГ проводилася з використанням програми "Полі-Спектр" та модуля аналізу варіативності ритму серця "Полі-Спектр-Ритм". Математична обробка масиву кардіоінтервалів у вказаній програмі відповідає рекомендаціям стандарту "Варіабельність ритму серця. Стандарт вимірювання, фізіологічної інтерпретації і клінічного використання", що прийнятий у 1996 році групою експертів Європейського кардіологічного товариства і Північноамериканського товариства електростимуляції і електрофізіології [11].

Аналізу підлягали показники статистичного (часового) аналізу кардіоінтервалів: середня тривалість так званих "нормальних" (normal-normal чи NN) інтервалів R-R (RRNN, мс), тобто всіх кардіоінтервалів, крім екстрасистол і компенсаторних пауз, що слідують за ними. Вивчалися показники спектрального (частотного) аналізу: TP (мс2) – повна потужність спектра коливань серцевого ритму, HF (мс2) – потужність спектра серцевого ритму в області високих частот (0,15–0,4 Гц), LF (мс2) – потужність спектра серцевого ритму в області низьких частот (0,04–0,15 Гц), VLF (мс2) – потужність спектра серцевого ритму в області "дуже" низьких частот (0,003–0,04 Гц), LF/HF – співвідношення потужностей спектра серцевого ритму в області низьких і високих частот. Крім абсолютних потужностей, визначалися також відносні значення зазначених спектральних компонентів (HF %; LF %; VLF %).

Статистичний аналіз проводився за допомогою пакету STATISTICA 10.0 (Statsoft, USA, 2011). Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид (Me [25 %; 75 %]). При порівнянні залежних вибірок застосовували критерій Фрідмана для дисперсійного аналізу повторних вимірів, після чого використовували непараметричний Т-критерій знакових рангів Вілкоксона. Для порівняння незалежних вибірок використовували критерій Манна – Уїтні. Критичний рівень значущості міжгрупових відмінностей при перевірці статистичної гіпотези приймався рівним $p = 0,05$ у випадку парних порівнянь і $p = 0,0085$ з урахуванням поправки Бонфероні для множинних порівнянь.

Результати та їх обговорення. У науковій літературі з використанням аналізу BCP зустрічаються до 30 різних показників, розрахованих на основі тривалостей кардіоінтервалів. Ми намагалися з'ясувати, які з них найбільш інформативні для оцінювання емоційних станів, щоб звужити коло потенційних параметрів для подальшого аналізу. У цій роботі ми представляємо фрагмент аналізу спектральних показників серцевого ритму, які дозволяють на основі швидкого перетворення Фур'є виділити кілька частотних складових із сумарної ритмограми. Так, загальна потужність спектра (total power, TP) складається із трьох частотних діапазонів, а саме: дуже низькочастотного (VLF) із межами від 0 до 0,04 Гц, низькочастотного (LF) із межами від 0,04 до 0,15 Гц та високочастотного (HF) із межами від 0,15 до 0,4 Гц. Згідно із сучасними уявленнями про регуляцію серцевого ритму кожен із цих компонентів спектрограми відображає внесок різних відділів АНС у його регуляцію [12]. Посилення потужності VLF інтерпретують як активність надсегментарних відділів, зокрема гіпоталамо-гіфозарно-надниркової осі, і розглядають як маркер психоемоційного напруження різного ґенезу. Збільшення потужності низькочастотної складової LF інтерпретують як внесок симпатичного відділу АНС у регуляцію серцевого ритму [13], а збільшення частки високочастотних коливань HF відображає збільшення тону парасимпатичної системи, притаманного розслабленому стану. Крім того, на варіативність серцевого ритму великий вплив має патерн дихання, тому ми включили до аналізу показники, що характеризують стан цієї системи як потенційно чутливого індикатора зміни емоційного стану.

Для виявлення чутливих до емоційного збудження маркерів серцевого ритму ми перевірили, чи відрізняються спектральні показники BCP під час візуального сприйняття емоційно забарвлених зображень різного ступеня приємності та активації. Для відповіді на це питання було проведено дисперсійний аналіз повторних вимірів за непараметричним критерієм Фрідмана спектральних показників, отриманих при перегляді чотирьох типів афективних зображень із картотеки IAPS (приємні, нейтральні, еротичні, аверсивні), що дозволяє виявити наявність статистично значущої різниці у значеннях показника BCP на чотирьох згаданих етапах. Було проаналізовано наявність чи відсутність різниці показників при перегляді зображень у різні фази менструального циклу обстежуваних. Результати аналізу представлено в табл. 1 у третій колонці. Перше, що привертає увагу, це те, що більшість відмінностей спектральних показників виявлялася при перегляді зображень IAPS обстежуваними у фолікулярній фазі менструального циклу. Як видно з представлених даних, у фолікулярну фазу значущі відмінності між етапами виявлялись у всіх показниках BCP, окрім загальної потужності спектра TP. Найбільш чутливим до типу презентованих зображень виявився діапазон "дуже" низьких частот VLF, як абсолютна, так і відносна його потужність. Відносна потужність "дуже" низьких частот була значуще нижча при перегляді жінками еротичних зображень порівняно з позитивними,

негативними та з меншим рівнем значущості ($p = 0,04$) нейтральних стимулів. Цей показник зазвичай інтерпретується як відображення центральних надсегментарних

впливів на серцевий ритм, і при сприйнятті еротичних стимулів центральна регуляція серцевого ритму в обстежуваних послаблювалася.

Таблиця 1. Показники спектрального аналізу варіативності серцевого ритму та частоти дихання в жінок під час пред'явлення зображень IAPS у різні фази менструального циклу, медіана (25 %; 75 %), $n = 32$

Показник	Фаза циклу	Критерій Фрідмана χ^2	Позитивні стимули	Нейтральні стимули	Еротичні стимули	Негативні стимули
TP, мс ²	Фолікулярна	4,200000 $p = 0,24066$	3647 (2205; 4753)	3693 (2582; 5012)	2909 (2466; 4986)	3868 (2683; 5834)
	Овуляція	4,312500 $p = 0,22964$	2979 (2113; 5442)	4004 (1961; 6606)	3548 (2614; 4506)	3713 (2530; 7229)
	Лютеїнова	4,480000 $p = 0,21408$	3153 * (2063; 4491)	3455 (2234; 4504)	2983 (2006; 4964)	4314 (3082; 6025)
VLF, мс ²	Фолікулярна	10,23871 $p = 0,01664$	788* (441; 1183) [Er $p=0,007$]	768* (447; 1439) [Er $p=0,017$]	535* (195; 993) [П, Н, А]	895* (492; 1862) [Er $p=0,002$]
	Овуляція	1,425000 $p = 0,69969$	965 (557; 1552)	631 (286; 1636)	598 (318; 1368)	723 (529; 1253)
	Лютеїнова	1,012500 $p = 0,79823$	463 (310; 1167)	857 (345; 1295)	556 (338; 1347)	908 (349; 2081)
VLF, %	Фолікулярна	10,76699 $p = 0,01306$	29* (17; 36) [Er $p=0,001$]	25* (17; 37) [Er $p=0,04$]	20* (9; 31) [П, Н, А]	31* (18; 43) [Er $p=0,004$]
	Овуляція	1,387500 $p = 0,70847$	33 (11; 49)	20 (11; 44)	21 (11; 38)	24 (12; 39)
	Лютеїнова	1,081505 $p = 0,78154$	23 (13; 29)	28 (16; 38)	20 (12; 37)	26 (14; 38)
LF, мс ²	Фолікулярна	4,238710 $p = 0,23682$	964 (460; 1246)	1098 (701; 1660)	776 (443; 1222)	866 (506; 1455)
	Овуляція	9,000000 $p = 0,02929$	749* (437; 1271) [A $p=0,0016$]	977 (641; 2027)	900* (533; 1217) [A $p=0,0009$]	1289* (728; 2185) [Е, П]
	Лютеїнова	4,462500 $p = 0,21566$	775 (535; 1204)	989 (555; 1483)	795 (675; 1583)	1473 (596; 1894)
LF, %	Фолікулярна	3,116129 $p = 0,37407$	27 (17; 32)	31 (25; 35)	26 (17; 32)	25 \$ # (16; 32)
	Овуляція	8,437500 $p = 0,03779$	26* (17; 31) [H $p=0,018$] [A $p=0,01$]	34* (20; 43) [П]	25* (19; 34) [A $p=0,025$]	29* (24; 41) [Er]
	Лютеїнова	2,212500 $p = 0,52949$	29 (21; 37)	31 (24; 39)	32 (24; 38)	32 (24; 42)
HF, мс ²	Фолікулярна	10,27742 $p = 0,01635$	1228 (883; 2259)	1730* (722; 2239) [Er $p=0,011$] [A $p=0,03$]	1487* (837; 2584) [Н]	1329* (889; 2570) [Н]
	Овуляція	3,865204 $p = 0,27639$	1134 (661; 1949)	1287 (583; 2207)	1276 (808; 2482)	1124 (789; 2160)
	Лютеїнова	1,950000 $p = 0,58285$	1547 (752; 2039)	1152 (752; 1685)	1342 (776; 1936)	1379 (927; 2529)
HF, %	Фолікулярна	9,077419 $p = 0,02828$	48* (39; 54) [Er $p=0,04$]	43* (27; 55) [Er $p=0,003$]	49* (37; 63) [Av $p=0,007$]	42* (31; 50) [Er $p=0,007$]
	Овуляція	2,040752 $p = 0,56399$	39 (23; 64)	34 (20; 53)	47 (28; 65)	39 (22; 52)
	Лютеїнова	3,282132 $p = 0,35014$	46 (36; 61)	38 (25; 53)	44 (29; 59)	39 (27; 51)
LF/HF	Фолікулярна	7,683871 $p = 0,05302$	0,56 (0,41; 0,79)	0,64* (0,51; 1,32) [Er $p=0,004$]	0,48* (0,31; 0,81) [А, Н]	0,60 * \$ (0,38; 0,97) [Er $p=0,036$]
	Овуляція	6,225000 $p = 0,10116$	0,64 (0,35; 1,05)	1,05 (0,37; 1,54)	0,56 (0,33; 1,19)	0,80 (0,52; 1,73)
	Лютеїнова	5,962500 $p = 0,11345$	0,67 (0,40; 1,05)	0,78 (0,51; 1,55)	0,63 (0,48; 1,37)	0,86 (0,55; 1,51)
Частота дихальних рухів, /хв	Фолікулярна	11,75486 $p = 0,00827$	18* (17; 19) [Er $p=0,02$]	18* (16; 19) [Er $p=0,01$]	17* (16; 18) [П, Н, А]	18* (16; 20) [Er $p=0,02$]
	Овуляція	10,10000 $p = 0,01774$	18* (17; 19) [Er $p=0,009$]	17 (16; 20) [Er $p=0,011$]	17* (15; 19) [П, Н]	18 (16; 19)
	Лютеїнова	3,472340 $p = 0,32437$	18 (16; 19)	17 (16; 18)	17 (16; 19)	18 (16; 19)

Примітки: * – значущі відмінності щодо іншого типу зображень у ту ж фазу циклу (рівень значущості та тип указані у квадратних дужках і виділені жирним шрифтом);

\$ – значущі відмінності при перегляді однотипних зображень між фолікулярною фазою і овуляцією ($p < 0,05$);

– значущі відмінності при перегляді однотипних зображень між фолікулярною та лютеїновою фазами ($p < 0,05$);

А – аверсивні (негативні), Er – еротичні, П – позитивні, Н – нейтральні

Поряд із цим у низько- та високочастотному діапазоні спектра також фіксувались значущі відмінності між різними типами зображень. При попарному порівнянні між різними зображеннями з'ясувалось, що спектральні показники BCP відрізняються від усіх інших типів зображень при перегляді еротичних стимулів: за цих умов реєстрували найменшу абсолютну та відносну потужність VLF діапазону, найвищу відносну потужність високочастотної складової (HF %) та найменшу частку LF/HF порівняно з нейтральними та негативними зображеннями. Це означає, що під час перегляду еротичних зображень у обстежуваних переважали парасимпатичні впливи на серцевий ритм і напруження було мінімальним.

Під час овуляції також було виявлено статистично значущі відмінності, але лише для низькочастотної складової спектра LF. Абсолютна потужність LF була максимальною при перегляді аверсивних зображень, значущі відмінності зареєстровано порівняно з переглядом позитивних та еротичних стимулів. Відносна потужність низькочастотного компонента LF % мала тенденцію до значущих відмінностей (зважаючи на множинні порівняння чотирьох різних стимулів, рівень p приймався за 0,008, а не 0,05) – була менше при перегляді позитивних зображень порівняно з нейтральними та негативними, а при перегляді еротичних була нижче, ніж при аверсивних. Зважаючи, що LF відображає внесок симпатичного відділу в регуляцію серцевого ритму, можемо зробити висновок, що у фазу овуляції жінки сильніше реагують на неприємні зображення активацією симпатоадреналової системи порівняно з іншими фазами.

Привертають увагу зміни спектральних показників BCP при перегляді зображень еротичного характеру, чітко виражені у фолікулярну та меншою мірою – у овуляторну фазу. Зважаючи на специфіку таких стимулів та їх здатність викликати сексуальне збудження, ми очікували найбільш виражені автономні реакції на ці подразники саме у фолікулярну фазу, коли зростає ймовірність запліднення. У літературі показано, що у фолікулярну фазу виявляють збільшену активність у мозкових структурах, а саме орбітофронтальній корі, при перегляді фото привабливих чоловіків [19]. Також досліджено, що амплітуда компонента викликаних потенціалів, що пов'язана з реакцією на стимули сексуального змісту, пропорційна до рівня естрогену в слині [21]. В іншому дослідженні було продемонстровано, що під час перегляду аудіовізуального сексуального контенту в жінок зростає рівень естрогену і тестостерону, причому зростання естрогену був найбільший у фолікулярну фазу [20]. Зважаючи, що естрогени впливають на активність структур гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи, здійснюючи анксиолітичний вплив [17], це також пояснює зниження симпатичної активності при перегляді еротичних зображень у фолікулярну фазу циклу.

Щодо лютеїнової фази, то вона виявилась найменш інформативною для оцінювання впливу емоційного контенту – згідно із критерієм Фрідмана, жоден показник статистично значуще не відрізнявся при перегляді зображень різного типу в цю фазу. Якби всі обстежувані проходили процедуру експерименту за схемою: перший етап – фолікулярна фаза, другий етап – овуляція, третій етап – лютеїнова фаза, то можна було б припустити, що відсутність відмінностей спектральних показників BCP пояснюється мінімальною новизною обстановки обстеження, що веде до

зниження напруги регуляторних систем. Але дизайн експерименту був інакший, обстежувані проходили експеримент уперше незалежно від того, яка саме фаза менструального циклу в них фіксувалась, тобто третина жінок мала перше тестування саме під час лютеїнової фази. Тому пояснення відсутності значущих відмінностей при перегляді емоційно забарвлених зображень у лютеїнову фазу слід шукати у специфіці мозкових реакцій на тлі високого рівня в цей період прогестерону. Як показано в дослідженні [16], характер реагування на емоційні сигнали та рівень активності ключових мозкових структур на них відрізняється в різні фази циклу. Авторами була продемонстрована більша активація головного мозку при перегляді негативних зображень у фолікулярну фазу порівняно з лютеїною, зокрема сильнішу активацію мигдалини і краще розпізнавання емоцій у фолікулярну фазу, а також негативні кореляції рівня прогестерону і відповідей мигдалини на загрози, сумні й нейтральні обличчя. Розглянутий у еволюційному контексті, такий вплив рівня гормонів на емоційну обробку, на думку вчених, може створювати можливість для більшої чутливості жінок до соціальних стимулів під час фолікулярної фази, що полегшує соціальні взаємодії, які зазвичай передують реалізації статевої поведінки. Проте в даному дослідженні не вивчалися емоційні процеси під час овуляції.

Порівняння показників BCP при перегляді однотипних зображень IAPS у різні фази циклу виявило значущі відмінності лише при перегляді зображень з негативним змістом (комірки в таблиці відмічені сірим кольором). Зокрема, співвідношення потужностей низько- та високочастотних компонентів спектра LF/HF при перегляді неприємних зображень було значуще меншим під час фолікулярної фази порівняно з овуляцією, що також підтверджує наше припущення щодо зсуву симпато-вагального балансу в бік переважання впливів симпатичної системи під час овуляції. Крім того, відносна потужність низькочастотного компонента спектра LF %, а отже, і активність симпатичного відділу, була більшою під час овуляції та лютеїнової фази циклу порівняно з фолікулярною під час перегляду зображень з негативною валентністю, у той час як при перегляді інших зображень відмінностей BCP між фазами не було виявлено. Це означає, що саме негативні емоційні стимули сприймалися жінками відмінно в різні фази циклу, і мінімальний рівень напруження на них був під час фолікулярної фази. На сьогодні накопичено чимало експериментальних підтверджень тому, що циркулюючі естрогени здійснюють регуляторний вплив на виділення гормонів гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової осі через естрогенові бета-рецептори, які експресуються в гіпоталамічних гормонпродукуючих нейронах [7], і на вивільнення норадреналіну в лобній корі. Вважається, що в такий спосіб здійснюється анксиолітичний вплив естрогенів, що полягає у зменшенні виділення норадреналіну і поведінкових реакцій, характерних для стрес-відповіді. Так, у роботі [17] саме в лютеїнову фазу спостерігалася найбільша стрес-індукована активність гіпоталамо-гіпофізарної осі. У наших дослідженнях [18] також було виявлено збільшений рівень симпатичної активності за показниками BCP у стані спокою саме в лютеїнову фазу менструального циклу. Тому можемо зробити висновок, що у фолікулярну фазу емоційні сигнали різного знаку краще розрізняються за вегетативними проявами, проте сприй-

няття негативних емоційних сигналів перебігає з меншою симпатичною активацією порівняно із другою половиною менструального циклу.

Таким чином, у нашій роботі було показано, що в різні фази менструального циклу чутливими до знаку емоційних стимулів є різні показники ВСР. У фолікулярну фазу значущі відмінності при перегляді емоційних зображень різного типу виявлялися в абсолютній та відносній потужності дуже низько- (VLF) та високочастотного (HF) компонентів спектра. У фазу овуляції чутливим до типу емоцій маркером була потужність низькочастотного компонента спектра (LF), що відображає вплив симпатичного відділу нервової системи на серцевий ритм. Найбільше значення цей показник мав при перегляді неприємних зображень порівняно з приємними й еротичними візуальними стимулами. У лютеїнову фазу жоден зі спектральних показників ВСР не відрізнявся при перегляді емоційних і нейтральних зображень, що свідчить про малу інформативність цього періоду для оцінювання емоційного впливу стимулів за спектральними показниками ВСР.

Висновки

1. Виявлені відмінності спектральних показників варіативності серцевого ритму та частоти дихання при перегляді емоційно забарвлених зображень різного типу жінками під час фолікулярної фази менструального циклу.

2. Перегляд еротичних зображень у фолікулярну фазу супроводжувався переважанням парасимпатичних впливів на серцевий ритм, а також меншою частотою дихання порівняно з переглядом позитивних і негативних зображень.

3. Аналіз показників ВСР свідчить про зсув вегетативного балансу в бік переважання симпатичного відділу в регуляції серцевого ритму в жінок у другій половині менструального циклу.

4. Перегляд зображень із негативним емоційним змістом супроводжується меншою активністю симпатичної нервової системи у фолікулярну фазу порівняно з іншими фазами менструального циклу.

5. У лютеїнову фазу менструального циклу відмінностей між спектральними показниками варіативності серцевого ритму під час перегляду емоційних зображень різного типу не відзначалося, що свідчить про малу інформативність цього періоду для аналізу особливостей реагування на емоційні сигнали на основі варіативності кардіоінтервалів.

Список використаних джерел

- Low A. Heart rate variability: New perspectives on assessment of stress and health risk at the workplace / A. Low, R. McCraty // *Heart & Mind J.* – 2018. – Vol. 2(1). – P. 16-27.
- Shi H. Differences of Heart Rate Variability Between Happiness and Sadness Emotion States: A Pilot Study / H. Shi, L. Yang, L. Zhao // *J. Med. Biol. Eng.* – 2017. – Vol. 37. – P. 527.
- Yasuma F. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heart beat synchronize with respiratory rhythm? / F. Yasuma, J. Hayano // *Chest.* – 2004. – Vol. 125(2). – P. 683-690.
- Hormonal cycle modulates arousal circuitry in women using functional magnetic resonance imaging / J. M. Goldstein, M. Jerram, R. Poldrack et al. // *J. Neurosci.* – 2005. – Vol. 25. – P. 9309-9316.
- Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women / J. C. Dreher, P. J. Schmidt, P. Kohn et al. // *PNAS.* – 2007. – Vol. 104. – P. 2465-2470.
- Sherwin B. B. Estrogen and cognitive function in women / B. B. Sherwin // *Endocrine Reviews.* – 2003. – Vol. 24. – P. 133-151.
- Weiser M. J. Estrogen receptor beta in the brain: from form to function / M. J. Weiser, C. D. Foradori, R. J. Handa // *Brain research reviews.* – 2008. – Vol. 57. – P. 309-320.
- How progesterone impairs memory for biologically salient stimuli in healthy young women / G. van Wingen, F. van Broekhoven, R. J. Verkes et al. // *J. Neurosci.* – 2007. – Vol. 27. – P. 11416-11423.

9. Heilman K. M. The neurobiology of emotional experience / K. M. Heilman // *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* – 1997. – Vol. 9. – P. 439-448.

10. Lang P. J. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual / P. J. Lang, M. M. Bradley, B. N. Cuthbert. – NIMH Center for the Study of Emotion & Attention. University of Florida, 2005. – 9 p.

11. Heart rate variability. Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology // *Eur. Heart J.* – 1996. – Vol. 17. – P. 354-381.

12. McCraty R. Heart rate variability: New perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk / R. McCraty, F. Shaffer // *Glob Adv Health Med.* – Vol. 2015 (4). – P. 46-61.

13. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: A review with emphasis on a reanalysis of previous studies / G. A. Reyes del Paso, W. Langewitz, L. J. Mulder et al. // *Psychophysiology.* – Vol. 2013(50). – P. 477-87.

14. Influence of the menstrual cycle on nonlinear properties of heart rate variability in young women / X. Bai, J. Li, L. Zhou, X. Li // *Am. J. Physiol. Heart Circ Physiol.* – 2009. – Vol. 297(2). – P. 765-774.

15. Brar T. Effect of Different Phases of Menstrual Cycle on Heart Rate Variability (HRV) / T. K. Brar, K. D. Singh, A. Kumar // *J. Clin Diagn Res.* – 2015. – Vol. 9(10). – CC01-CC4.

16. Facial emotion recognition and amygdala activation are associated with menstrual cycle phase / B. Derntl, C. Windischberger, S. Robinson et al. // *Psychoneuro endocrinology.* – 2008. – Vol. 33. – P. 1031-1040.

17. Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis / C. Kirschbaum, B. M. Kudielka, J. Gaab et al. // *Psychosomatic medicine.* – 1999. – Vol. 61. – P. 154-162.

18. Варіативність серцевого ритму у жінок в різні фази менструального циклу / В. І. Кравченко, Ю. С. Демченко, К. Ю. Максимович, М. Ю. Макаруч // *Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Серія "Біологія".* – 2008. – № 52-53. – С. 52-55.

19. Neural activation in the orbit of rostral cortex in response to male faces increases during the follicular phase / H. A. Rupp, T. W. James, E. D. Ketterson et al. // *Horm Behav.* – 2009. – Vol. 56(1). – P. 66-72.

20. Menstrual cycle phase predicts women's hormonal responses to sexual stimuli / T. N. Shirazi, J. A. Bossio, D. A. Puts, M. L. Chivers // *Horm Behav.* – 2018. – Vol. 103. – P. 45-53.

21. Munk A. Fluctuations of estradiol during women's menstrual cycle: Influences on reactivity towards erotic stimuli in the late positive potential / A. J. Munk, A. C. Zoeller, J. Hennig // *Psychoneuro endocrinology.* – 2018. – Vol. 91. – P. 11-19.

Reference (Scopus)

- Low A. Heart rate variability: New perspectives on assessment of stress and health risk at the workplace / A. Low, R. McCraty // *Heart & Mind J.* – 2018. – Vol. 2(1). – P. 16-27.
- Shi H. Differences of Heart Rate Variability Between Happiness and Sadness Emotion States: A Pilot Study / H. Shi, L. Yang, L. Zhao // *J. Med. Biol. Eng.* – 2017. – Vol. 37. – P. 527.
- Yasuma F. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? / F. Yasuma, J. Hayano // *Chest.* – 2004. Vol. 125(2) – P. 683-690.
- Goldstein J. M. Hormonal cycle modulates arousal circuitry in women using functional magnetic resonance imaging / J. M. Goldstein, M. Jerram, R. Poldrack et al. // *J. Neurosci.* – 2005. – Vol. 25. – P. 9309-9316.
- Dreher J. C. Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women / J. C. Dreher, P. J. Schmidt, P. Kohn et al. // *PNAS.* – 2007. – Vol. 104. – P. 2465-2470.
- Sherwin B. B. Estrogen and cognitive functioning in women / B. B. Sherwin // *Endocrine Reviews.* – 2003. – Vol. 24. – P. 133-151.
- Weiser M. J. Estrogen receptor beta in the brain: from form to function / M. J. Weiser, C. D. Foradori, R. J. Handa // *Brain research reviews.* – 2008. – Vol. 57. – P. 309-320.
- Van Wingen G. How progesterone impairs memory for biologically salient stimuli in healthy young women / G. van Wingen, F. van Broekhoven, R. J. Verkes et al. // *J. Neurosci.* – 2007. – Vol. 27. – P. 11416-11423.
- Heilman K. M. The neurobiology of emotional experience / K. M. Heilman // *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* – 1997. – Vol. 9. – P. 439-448.
- Lang P. J. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual / P. J. Lang, M. M. Bradley, B. N. Cuthbert. – NIMH Center for the Study of Emotion & Attention. University of Florida, 2005. – 9 p.
- Heart rate variability. Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology // *Eur. Heart J.* – 1996. – Vol. 17. – P. 354-381.
- McCraty R. Heart rate variability: New perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk / R. McCraty, F. Shaffer // *Glob Adv Health Med.* – Vol. 2015(4). – P. 46-61.

13. Reyes del Paso G. A. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: A review with emphasis on a reanalysis of previous studies / G.A. Reyes del Paso, W. Langewitz, L.J. Mulder, A. van Roon, S. Duschek // *Psychophysiology* – Vol. 2013(50) – P.477-87.
14. Bai X. Influence of the menstrual cycle on nonlinear properties of heart rate variability in young women / X. Bai, J. Li, L. Zhou, X. Li // *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. – 2009. – Vol. 297(2). – P.765-774.
15. Brar T. Effect of Different Phases of Menstrual Cycle on Heart Rate Variability (HRV) / T. K. Brar, K. D. Singh, A. Kumar // *J. Clin Diagn Res*. – 2015. – Vol. 9(10). – CC01–CC4.
16. Derntl B. Facial emotion recognition and amygdala activation are associated with menstrual cycle phase / B. Derntl, C. Windischberger, S. Robinson et al. // *Psychoneuro endocrinology*. – 2008. – Vol.33. – P. 1031-1040.
17. Kirschbaum C. Impact of gender, menstrual cycle phase, and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis / C. Kirschbaum, B. M. Kudielka, J. Gaab et al. // *Psychosomatic medicine*. – 1999. – Vol.61. – P. 154-162.
18. Kravchenko V. Heart rate variation in different phases of menstrual cycle / V. I. Kravchenko, J. S. Demchenko, K. Ju. Maksimovich, M. Ju. Makarchuk // *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Biology*. – 2008. – № 52-53. – P. 52-55.

19. Rupp H. Neural activation in the orbitofrontal cortex in response to male faces increases during the follicular phase / H. A. Rupp, T. W. James, E. D. Ketterson, D. R. Sengelaub, E. Janssen, J. R. Heiman // *Horm Behav*. – 2009 – Vol. 56(1). – P.66-72.
20. Shirazi T. N. Menstrual cycle phase predicts women's hormonal responses to sexual stimuli / T. N. Shirazi, J. A. Bossio, D. A. Puts, M. L. Chivers // *Horm Behav*. – 2018. – Vol. 103. – P. 45-53.
21. Munk A. Fluctuations of estradiol during women's menstrual cycle: Influences on reactivity towards erotic stimuli in the late positive potential / A. J. Munk, A. C. Zoeller, J. Hennig // *Psychoneuro endocrinology*. – 2018. – Vol. 91. – P. 11-19.

Надійшла до редакції 20.01.2019
Отримано виправлений варіант 21.02.2019
Підписано до друку 21.02.2019

Received in the editorial 20.01.2019
Received a revised version on 21.02.2019
Signed in the press on 21.02.2019

В. Кравченко, канд. биол. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
Е. Демидова, канд. биол. наук
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, Київ, Україна

ВАРИАТИВНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ПРОСМОТРЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО ОКРАШЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ У ЖЕНЩИН В РАЗЛИЧНЫЕ ФАЗЫ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА

Изучались особенности динамики спектральных показателей вариабельности сердечного ритма у 32 женщин 17–23 лет при просмотре эмоциональных изображений IAPS (International affective picture system) в разные фазы менструального цикла. Показано, что различия в регуляции сердечного ритма, связанные с просмотром эмоциональных изображений различного типа, проявляются преимущественно в фолликулярной фазе менструального цикла. В этот период значимые различия при просмотре эмоциональных изображений различного типа обнаруживались в абсолютной и относительной мощностях очень низко- (VLF) и высокочастотного (HF) компонентов спектра. В фазу овуляции чувствительным к типу эмоций маркером была мощность низкочастотного компонента спектра (LF), отображающая влияние симпатического отдела нервной системы на сердечный ритм. Наибольшее значение этот показатель имел при просмотре неприятных изображений по сравнению с приятными и эротическими визуальными стимулами. Вклад симпатического отдела в регуляцию сердечного ритма был выражен при просмотре негативных и нейтральных изображений, и только просмотр изображений эротического характера характеризовался ростом парасимпатической активности, что проявлялось в увеличении мощности высокочастотного компонента спектра HF и снижении частоты дыхания. В исследовании показано, что в течение менструального цикла вегетативный баланс сдвигается в сторону преобладания симпатического регулирования сердечного ритма, которое достигает максимума в лютеиновую фазу. В связи с этим степень активности симпатического звена, которую регистрировали по мощности низкочастотного компонента LF, при просмотре неприятных изображений была наименьшей в фолликулярной фазе, а наибольшей – в лютеиновой. Не выявлено значимых различий между спектральными показателями вариабельности кардиоинтервалов при просмотре эмоциональных изображений в лютеиновую фазу, что свидетельствует о малой информативности этого периода цикла для оценки особенностей эмоционального реагирования женщин на основе анализа сердечного ритма.

Ключевые слова: фазы менструального цикла, изображения IAPS, эмоции, вариабельность сердечного ритма, вегетативный баланс.

V. Kravchenko, Ph.D.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,
K. Demidova, Ph.D.
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

HEART RHYTHM VARIATION DURING AFFECTIVE PICTURES VIEWING IN WOMEN IN DIFFERENT PHASES OF THE MENSTRUAL CYCLE

The peculiarities of the dynamics of the spectral indices of cardiac rhythm variability in 32 women 17-23 years of age while viewing emotional IAPS (International affective picture system) images in different phases of the menstrual cycle were studied. It is shown that the differences in the regulation of the heart rhythm associated with viewing emotional images of different types are manifested mainly in the follicular phase of the menstrual cycle. During this period, significant differences in viewing emotional images of different types were found in the absolute and relative power of the very low-frequency (VLF) and high-frequency (HF) component of the spectrum. In the ovulation phase, emotion-sensitive marker was a low-frequency spectrum component (LF), reflecting the effect of the sympathetic nervous system on cardiac rhythm. This indicator was significantly higher when viewing unpleasant images compared to pleasant and erotic visual stimuli. The contribution of the sympathetic division to the regulation of cardiac rhythm was observed during viewing of negative and neutral images, and only the viewing of erotic images was characterized by an increase in parasympathetic activity, which was accompanied with the increased power of the high-frequency component of the spectrum (HF) reducing the proportion of LF/HF and respiratory rate. The study shows that during the menstrual cycle, the autonomic balance shifts toward the predominance of sympathetic regulation of the heart rhythm, which reaches a maximum in the luteal phase. In this regard, the activity level of the sympathetic link recorded by the power of the low-frequency (LF) component while viewing unpleasant images was the lowest in the follicular phase and the highest in the luteal one. No significant differences were found between the spectral indices of cardio-interval variability when viewing emotional images in the luteal phase, indicating that this period of the cycle was low informative to assess the characteristics of women's emotional response based on heart rate analysis.

Keywords: menstrual cycle phases, IAPS image, emotions, heart rate variability, autonomic balance.