

І.Я. Коцан, Н.О. Козачук, Т.І. Мамчич

## **$\alpha$ -Активність мозку чоловіків і жінок за умов дивергентного мислення**

*Метою дослідження було виявлення електроенцефалографічних патернів, які забезпечують високу оригінальність рішення дивергентного завдання, в  $\alpha$ -піддіапазонах, визначених за індивідуальною частотою  $\alpha$ -ритму. Аналізували динаміку показників потужності та когерентності в  $\alpha$ -1,  $\alpha$ -2 та  $\alpha$ -3-піддіапазонах в процесі вирішення завдань конвергентного та дивергентного типу. Встановлено, що обстежуваним з високою оригінальністю мислення властива більша готовність до сприйняття інформації, яка проявляється в більш вираженій депресії  $\alpha$ -2 та  $\alpha$ -3-ритмів у період переходу в стан спокою із розплющеними очима. Виявлено посилення лобних і лобно-центральных зв'язків в  $\alpha$ -2-діапазоні під час виконання завдання дивергентного типу для груп, протилежних за статтю та рівнем оригінальності: «стереотипних» жінок та «оригінальних» чоловіків. В  $\alpha$ -3-діапазоні відмічено формування специфічного для кожної групи патерна змін рівня та характеру внутрішньокоркової взаємодії, пов'язаного зі статтю та оригінальністю.*

*Ключові слова: креативність,  $\alpha$ -піддіапазон, потужність ЕЕГ, когерентність ЕЕГ, внутрішньокіркові взаємодії.*

### **ВСТУП**

Дивергентне мислення – це мислення в «ширину», яке передбачає можливість знаходження багатьох шляхів вирішення завдання чи виявлення нових властивостей об'єкта [1]. Ефективність дивергентного мислення оцінюється за двома показниками – продуктивністю (кількістю запропонованих розв'язків) та оригінальністю (унікальністю, нестандартністю відповіді). Нині електрофізіологи здійснюють численні спроби дослідити мозкові механізми, які забезпечують оригінальність мислення, однак систематизувати отримані результати поки що дуже важко. Це пов'язано з тим, що мозкова організація оригінального (творчого) мислення залежить від багатьох факторів мотивації [2] суб'єктивної складності завдання [3], стратегії обробки інформації [4], статі обстежуваних [5] тощо.

Згідно з гіпотезою Мартиндейла [6], у осіб з високими креативними здібностями більш «гнучкі» процеси активації мозку

відповідно до характеру й умов вирішення творчого завдання. Виходячи з цього, ми припустили, що нестандартні рішення здатні генерувати ті люди, які можуть змінювати рівень активації відповідно до типу завдання – конвергентного (за заданим алгоритмом) чи дивергентного (багатовекторним).

Мета нашого дослідження – виявити особливості активації кори головного мозку в різних піддіапазонах  $\alpha$ -ритму у чоловіків і жінок з високими показниками оригінальності дивергентного мислення.

### **МЕТОДИКА**

Обстежено 206 практично здорових студентів університету (100 чоловіків і 106 жінок) віком від 18 до 21 року. Всі вони попередньо були ознайомлені з умовами експерименту та виявили добровільну згоду на участь у ньому. Електроенцефалограми (ЕЕГ) реєстрували в стані спокою з розплющеними (фон) і заплющеними (фон') очима та під час виконання

завдань конвергентного (тест 1) і дивергентного (тест 2) типу.

Як конвергентне завдання нами було використано тест Козлової [7], який вимагав виконання серії простих операцій (підкреслити літеру або цифру, провести лінію, написати коротке слово тощо) в умовах їх швидкої зміни. Інструкцію і «бланк» завдання подавали обстежуваним на монітор комп'ютера.

Завдання дивергентного типу вибиралися з книги Альтшуллера [8] групою незалежних експертів (студентів різних факультетів університету) і подавалися на монітор комп'ютера. Тривалість виконання конвергентного тесту – 2,5 хв, дивергентного – 2 хв. Результати виконання фіксувалися експериментатором після закінчення реєстрації ЕЕГ. Установка на створення оригінального продукту не давалася.

Аналіз ЕЕГ-результатів проводили з урахуванням оригінальності запропонованих відповідей, яку визначали за формулою  $1/(N+1)$ , де  $N$  – кількість аналогічних відповідей в базі даних. Для подальшого аналізу відбирали ЕЕГ тих обстежуваних, у яких коефіцієнти відповідали значенням від 75-ї до 100-ї перцентилі (групи з оригінальними відповідями). Оскільки нестандартні відповіді в переважній більшості випадків з'являлися тоді, коли продуктивність становила 3 і більше варіантів вирішення завдання, в групі із стереотипними відповідями були відібрані студенти з такою самою продуктивністю.

На основі цих результатів і з урахуванням статі було виділено 4 групи обстежуваних: чоловіки, які запропонували оригінальні відповіді (13 осіб); жінки, які запропонували оригінальні відповіді (12 осіб); чоловіки, які запропонували стереотипні відповіді (13 осіб), жінки, які запропонували стереотипні відповіді (12 осіб).

Електричну активність кори головного мозку реєстрували монополярно від 19 відведень за міжнародною системою 10/20 (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1, O2) з референтними вуш-

ними електродами А1 і А2. Реєстрацію проводили за допомогою апаратно-програмного комплексу «Нейроком», розробленого науково-технічним центром радіоелектронних медичних приладів і технологій «ХАІ-Медика» Національного аерокосмічного університету «ХАІ» (свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26 січня 2007 року). Для покращення якості запису використовували додаткові референтні електроди N (nasion) і Ref та вмонтовану в комплекс систему реєстрації ЕКГ. Реєструвалися 60 с інтервали ЕЕГ. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу становила 500 мс. Частота дискретизації аналогового сигналу була 2 мс; вхідний опір для синфазного сигналу – понад 100 МОм. Фільтри високих частот встановлювали на 50 Гц, низьких – 0,1 Гц. Межі можливої відносної похибки при вимірюванні напруги та часових інтервалів ЕЕГ-сигналів –  $\pm 5\%$ . Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували ІСА-аналіз. Далі ІСА-компоненти фільтрували з артефактним сигналом і композицією неартефактних ІСА-компонент у результуючу ЕЕГ. У разі, коли окремі спалахи артефактної активності не вдавалося відфільтрувати артефактні відрізки ЕЕГ вирізали з нативної ЕЕГ в ручному режимі.

Для кожного відведення методом швидкого перетворення Фур'є були отримані значення потужності і когерентності ЕЕГ в діапазонах:  $\alpha$ -1,  $\alpha$ -2 і  $\alpha$ -3, частотні межі яких визначалися на основі індивідуальної частоти  $\alpha$ -ритму кожного обстежуваного. Індивідуальну частоту обраховували як середнє значення показників центру тяжіння діапазону по всіх відведеннях у стані спокою із заплющеними очима. Частотні межі  $\alpha$ -піддіапазонів розраховували (таблиця) за таким принципом: нижня межа  $\alpha$ -1 – це індивідуальна частота мінус 4 Гц, нижня межа  $\alpha$ -2 – індивідуальна частота мінус 2 Гц; верхня межа  $\alpha$ -3 – індивідуальна частота плюс 2 Гц [9].

Достовірність міжгрупових відмінностей отриманих результатів визначали за

Частотні межі піддіапазонів  $\alpha$ -ритму, розраховані на основі індивідуальної частоти

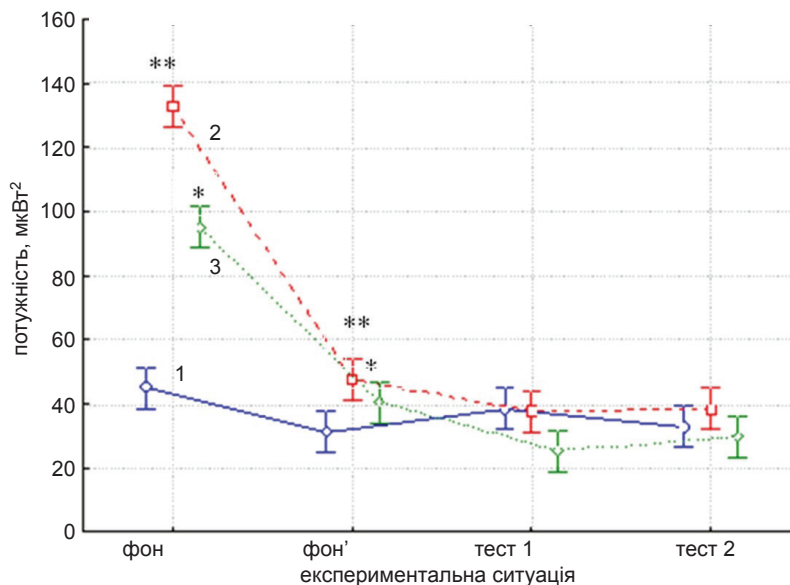
Індивідуальна частота $\alpha$ -ритму, Гц	Частотні межі ритмів, Гц		
	$\alpha$ -1	$\alpha$ -2	$\alpha$ -3
9	5,0-7,0	7,0-9,0	9,0-11,0
9,5	5,5-7,5	7,5-9,5	9,5-11,5
10	6,0-8,0	8,0-10,0	10,0-12,0
10,5	6,5-8,5	8,5-10,5	10,5-12,5
11	7,0-9,0	9,0-11,0	11,0-13,0
11,5	7,5-9,5	9,5-11,5	11,5-13,5

допомогою критерію  $t$  Стюдента (у разі нормального розподілу), критерію Вілкоксона (у разі ненормального розподілу); міжгрупових відмінностей – за допомогою парного критерію  $t$  Стюдента та критерію Манна–Уїтні. Багатофакторний дисперсійний аналіз MANOVA був проведений для показників потужності та когерентності з урахуванням таких факторів: стать, ритм ( $\alpha$ -1,  $\alpha$ -2,  $\alpha$ -3), експериментальна ситуація (стан спокою з заплющеними очима, стан спокою з розплющеними очима, виконання завдання конвергентного типу, виконання завдання дивергентного типу), оригінальність відповідей (оригінальна, стереотипна), відведення (19 відведень).

Статистична обробка та графічне оформлення отриманих результатів здійснювали з використанням програм «Microsoft Office Excel 2003», програмного пакета «Statistica-5,5», «CorelDRAW X3».

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На основі аналізу взаємодії факторів “ритм” та “експериментальна ситуація” було встановлено, що динаміка показників потужності  $\alpha$ -1,  $\alpha$ -2 і  $\alpha$ -3-ритму мала спільну тенденцію: зниження потужності при переході від стану спокою із заплющеними очима до спокійного споглядання. Однак глибина депресії (міра зниження потужності) відрізнялася в різних частотних діапазонах (рис. 1).



ис. 1. Динаміка потужності електричної активності кори головного мозку в різних піддіапазонах  $\alpha$ -ритму. \*,\*\* – статистично вірогідні ( $P \leq 0,05$ ) відмінності між показниками. 1 - ритм  $\alpha$ -1, 2 - ритм  $\alpha$ -2, 3 - ритм  $\alpha$ -3

Тільки в  $\alpha$ -2 і  $\alpha$ -3-піддіапазоні нами були виявлені відмінності, пов'язані з оригінальністю дивергентного мислення. В  $\alpha$ -3-піддіапазоні в «оригінальних» обстежених обох статей фонові значення потужності та глибина депресії, пов'язані з переходом до спокійного споглядання, були більшими, ніж у студентів, які пропонували стереотипні відповіді (рис. 2).

В  $\alpha$ -2-піддіапазоні глибина депресії також відрізнялася в обстежуваних з різними показниками оригінальності відповідей. Але в «оригінальних» жінок і чоловіків більша глибина депресії  $\alpha$ -2-ритму досягалася різними механізмами. У жінок – за рахунок вищих показників потужності у стані спокою із заплющеними очима, у чоловіків – за рахунок менших у стані спокійного споглядання (рис. 3).

Результати MANOVA також виявили, що відмінності коефіцієнтів когерентності, пов'язані з неординарністю дивергентного мислення, характерні тільки для  $\alpha$ -2 і  $\alpha$ -3-піддіапазонів.

Аналіз змін когерентності в  $\alpha$ -2-піддіапазоні виявив цікаву, на наш погляд, осо-

бливість – подібність груп чоловіків з оригінальними відповідями і жінок із стереотипними відповідями. Під час виконання дивергентного завдання в цих групах формувалася чітко виражений фокус взаємодії в латеральній лобній ділянці лівої півкулі (рис. 4) Ніколаєв і співавт. [10] вважають, що в фокусах взаємодії відбувається порівнювання і синтез різноманітної інформації та функціональне об'єднання «зацікавлених» ділянок кори.

Наші попередні дослідження [11, 12] показали, що особливості активаційного забезпечення дивергентного мислення пов'язані із стратегією досягнення результату. Чоловіки, вирішуючи завдання з множинними розв'язками, не враховують можливість і доцільність реалізації запропонованих варіантів вирішення проблемної ситуації, а орієнтуються на свої внутрішньо закріплені «ментальні схеми» і на їхній основі виконують нові завдання. Однак в одних обстежуваних чоловічої статі така стратегія породжує неординарний ментальний продукт, а в других – стереотипний. На нашу думку, це пов'язано з тим наскільки ефективно на-

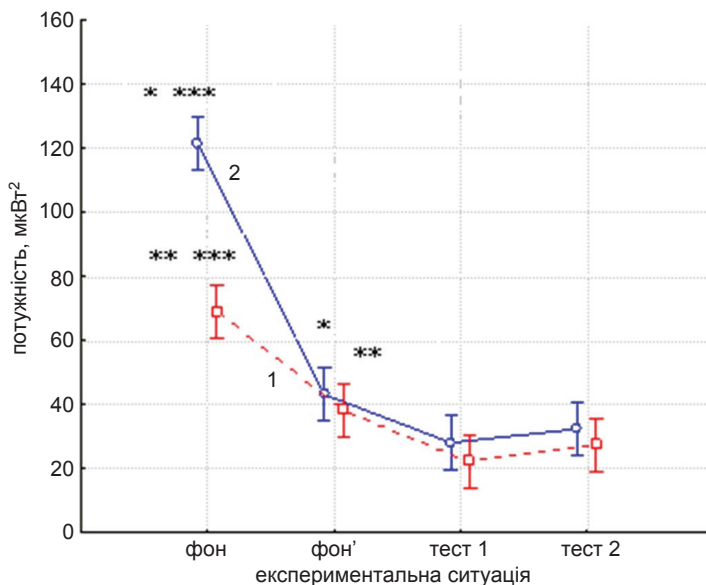


Рис. 2. Особливості взаємодії факторів «експериментальна ситуація» – «оригінальність відповідей» в  $\alpha$ -3-піддіапазоні. 1 – обстежувані з оригінальними, 2 – зі стереотипними відповідями.

\*, \*\*, \*\*\* – статистично вірогідні ( $P \leq 0,05$ ) відмінності між показниками

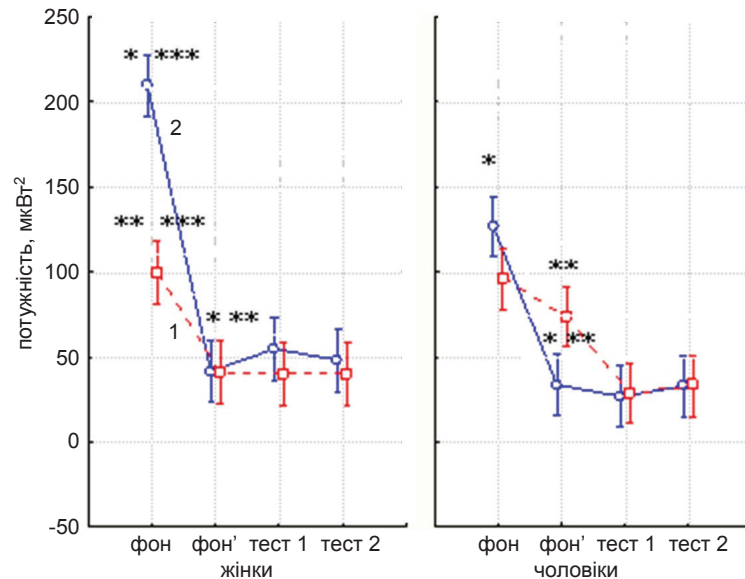


Рис. 3. Особливості взаємодії факторів «експериментальна ситуація» – «оригінальність відповідей» – «стать» в  $\alpha$ -2-піддіапазоні. 1 – обстежувані з оригінальними, 2 – зі стереотипними відповідями. \*, \*\*, \*\*\* – статистично вірогідні ( $P \leq 0,05$ ) відмінності між показниками

явні знання залучаються в створення нового мислительного продукту. Підтвердженням нашого припущення якраз і може бути картина просторової синхронізації, отримана в нашому дослідженні в  $\alpha$ -2,3-діапазоні під час виконання завдання дивергентного типу. В групі чоловіків з оригінальними відповідями спостерігалась інтеграція багатьох ділянок кори: всіх ділянок лобної кори, яка відіграє головну роль у селекції інформації та підтриманні уваги до релевантної інформації [13] та бере участь у контролі як утримання цілей діяльності, так і сприйняття інформації [14]; центральних, що відображують роботу акцептора результату дії [15, 16]; скроневих, пов'язаних з вилученням інформації із пам'яті [17]. Об'єднання цих ділянок саме в  $\alpha$ -2-діапазоні, який згідно з сучасними уявленнями має відношення до функції підтримання уваги [9], та формування фокусу взаємодії в лівій передньо-скроневій ділянці в  $\alpha$ -3-діапазоні, який пов'язаний із семантичною обробкою інформації [9], дає підстави говорити про те, що в групі чоловіків з оригінальними відповідями узгоджуються існуючі когнітивні схеми з новою інформацією (рис.

5). На жаль, ми не змогли спростувати чи підтвердити свої припущення, опираючись на самозвіти обстежуваних, оскільки ніхто із чоловіків не зміг описати, як він розв'язував завдання. Непрямим підтвердженням нашого положення про те, що самотність мислення у чоловіків зумовлена стратегією вбудовування своїх знань у нову когнітивну задачу, можуть бути відповіді обстежуваних. Наприклад, студент П-ць, який навчався на географічному факультеті запропонував використати морські течії; студент П-ей, який навчався на хімічному факультеті, – хімічну речовину; студент К-юк, який навчався на біологічному факультеті, – підкопувати дерева. Отже, цілком очевидно, що в чоловіків важливе значення має саме використання знань, які зберігаються в довготривалій пам'яті.

У групі жінок, які пропонували стереотипні варіанти вирішення завдання, інтеграційні процеси охоплювали значно меншу кількість зон кори і були зосереджені в основному на лобних і центральних ділянках. Опитування жінок цієї групи показало, що переважна більшість із них витратили основні зусилля



на аналіз змісту завдання та побудову логічного ланцюга між його «компонентами». Можливо, саме тому оригінальні рішення і не були запропоновані.

Відсутність змін показників потужності в групах жінок, які пропонували оригінальні відповіді, і чоловіків із стереотипними відповідями при переході від стереотипного до творчого завдання може свідчити, що обстежувані пропонували тільки очевидні

рішення, а така стратегія не потребувала зміни рівня активації. Однак вимагає пояснення, чому в жінок за таких умов оригінальні рішення з'являлися, а в чоловіків – ні. Частково це можна пояснити схожістю топографії змін когерентності в  $\alpha$ -3-піддіапазоні. Звертає на себе увагу активне залучення всіх центральних ділянок, що можна трактувати як ефективну роботу акцептора результату дії функціональної

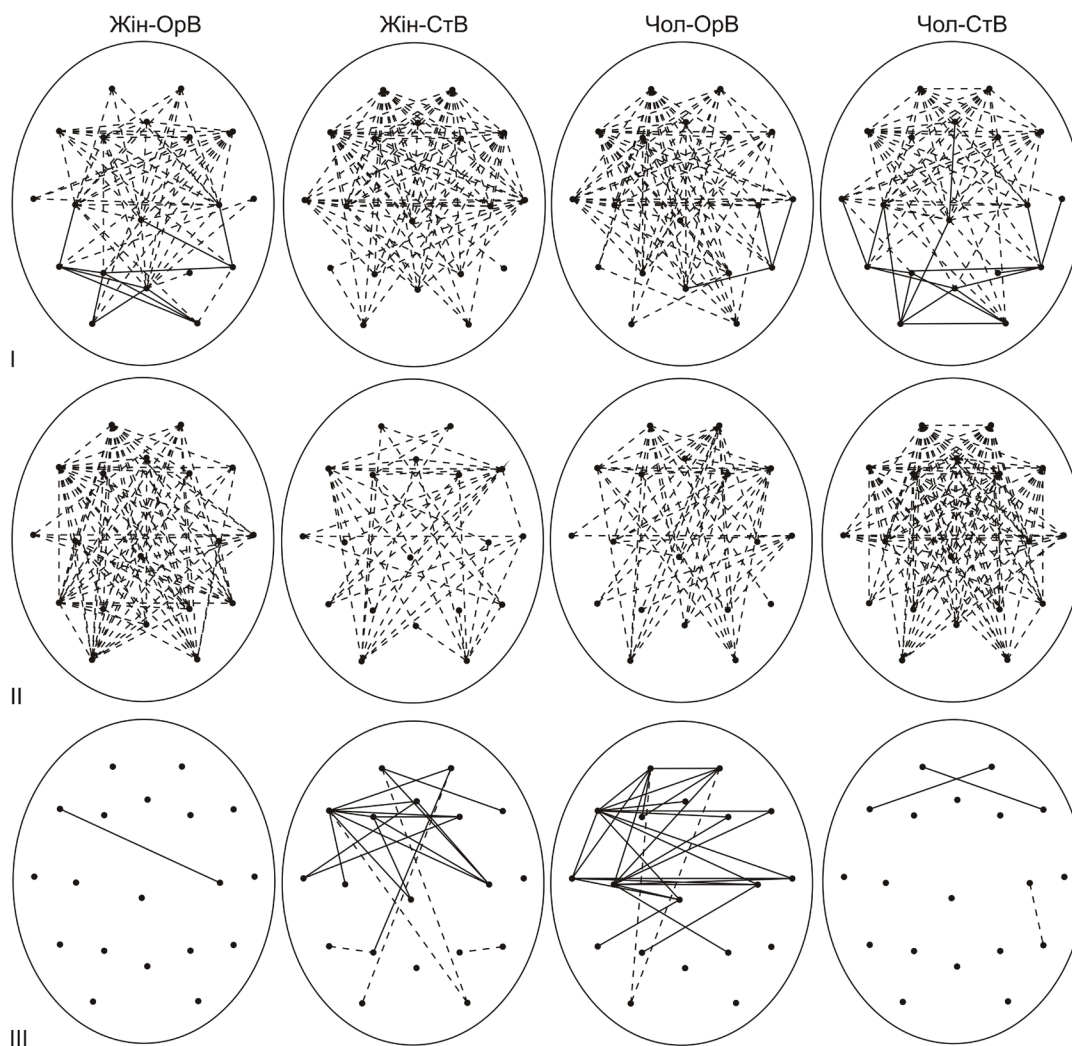


Рис. 4. Зміни просторової синхронізації в  $\alpha$ -2-піддіапазоні. Обстежувані з оригінальними відповідями: Жін-ОрВ, Чол-ОрВ; зі стереотипними відповідями: Жін-СтВ, Чол-СтВ. I – стан спокою з розплющеними очима порівняно зі станом спокою із заплющеними очима; II – виконання завдання конвергентного типу порівняно зі станом спокою з розплющеними очима; III – виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу. Суцільні лінії, які з'єднують відповідні відведення, вказують на статистично вірогідно ( $P \leq 0,05$ ) більше значення когерентності в першому із порівнюваних станів, пунктирні – на менше

системи, спрямованої на виконання завдання дивергентного типу [15, 16]. На нашу думку, у чоловіків очевидні рішення – це ті, які навіть не потребують «зв'язки» з існуючими енграми (зв'язуються тільки з акцептором результату дії). За таких умов стають не помітними ще якісь рішення. У жінок очевидні рішення не зазнають критичного відбору й, таким чином, не відкидаються певні, скажімо, важкі для

реалізації варіанти (а такі, як правило, і є оригінальними).

Отже, отримані результати лише частково підтвердили наше припущення. Процеси активації кори головного мозку за показниками потужності та когерентності  $\alpha$ -ритму, які забезпечують оригінальність дивергентного мислення, визначаються двома факторами – статтю та стратегією вирішення завдання.

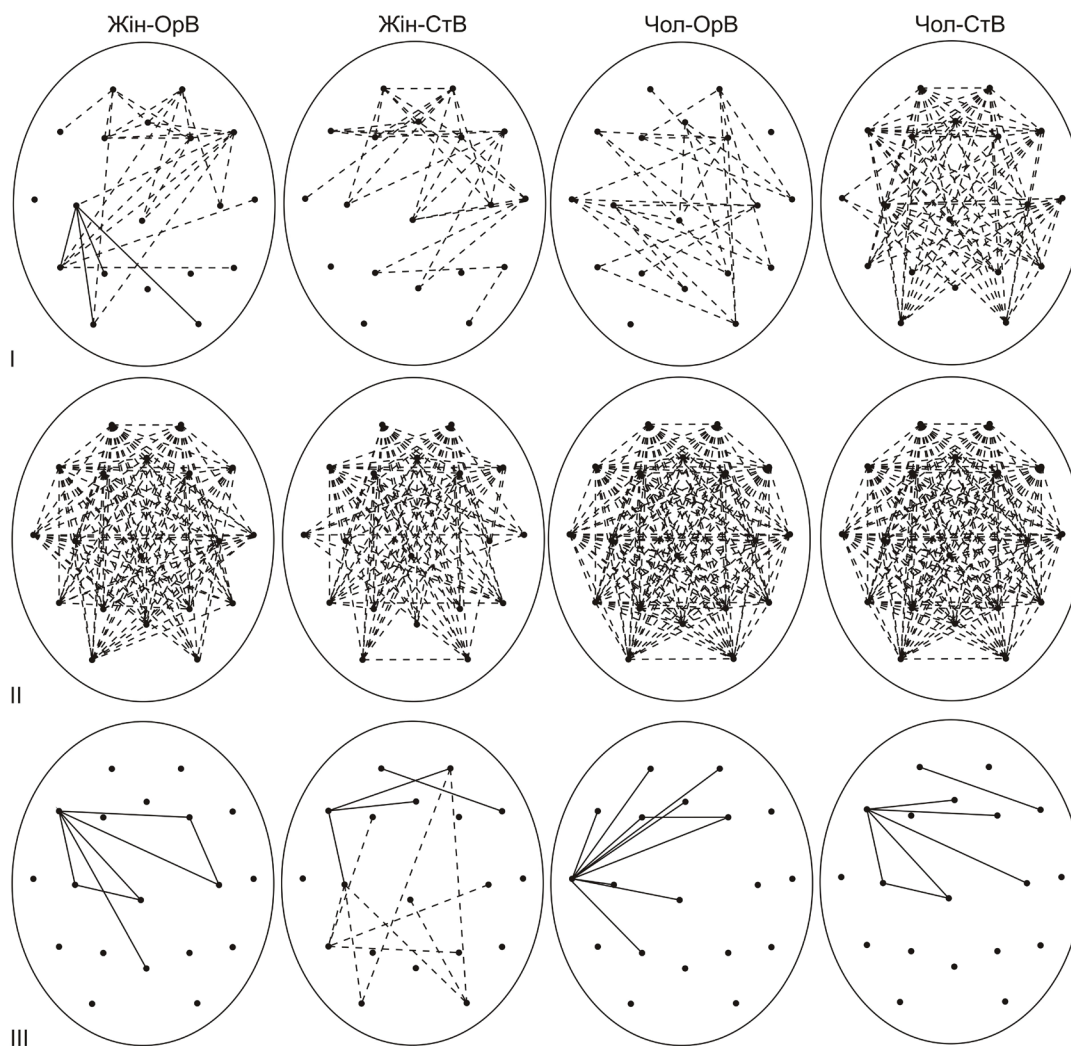


Рис. 5. Зміни просторової синхронізації в  $\alpha$ -3-піддіапазоні. Обстежувані з оригінальними відповідями: Жін-ОрВ, Чол-ОрВ; зі стереотипними відповідями: Жін-СтВ, Чол-СтВ. I – стан спокою з розплющеними очима порівняно зі станом спокою із заплющеними очима; II – виконання завдання конвергентного типу порівняно зі станом спокою з розплющеними очима; III – виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу. Суцільні лінії, які з'єднують відповідні відведення, вказують на статистично вірогідно ( $P \leq 0,05$ ) більше значення когерентності в першому із порівнюваних станів, пунктирні – на менше

## ВИСНОВКИ

1. Для обстежуваних обох статей, які пропонували оригінальні відповіді, характерна більш виражена депресія α-2 і α-3-ритмів під час переходу від стану спокою із заплученими очима до спокійного споглядання.

2. Посилення лобних і лобно-центральных зв'язків в α-2-діапазоні під час виконання творчого завдання характерне для протилежних за статтю та оригінальністю груп: «оригінальних» чоловіків і «стереотипних» жінок.

3. В α-3-діапазоні відмічене формування специфічного для кожної групи патерна змін рівня і характеру внутрішньокіркової взаємодії, пов'язаного зі статтю обстежуваних та оригінальністю дивергентного мислення.

**И.Я. Коцан, Н.А. Козачук, Т.И. Мамчик**

## α-ACTIVITY OF THE BRAIN OF MEN AND WOMEN IN DIVERGENT THINKING

Целью исследования было выявление электроэнцефалографических паттернов, обеспечивающих высокую оригинальность решения дивергентного задания, в α-поддиапазонах, определенных по индивидуальной частоте α-ритма. Анализировали динамику показателей мощности и когерентности в α-1, α-2 и α-3-поддиапазонах в процессе решения заданий конвергентного и дивергентного типа. Установлено, что обследованным с высокой оригинальностью мышления свойственна большая готовность к восприятию информации, проявляющаяся в более выраженной депрессии α-2 и α-3-ритмов при переходе в состояние покоя с открытыми глазами. Обнаружено увеличение лобных и лобно-центральных связей в α-2-диапазоне во время выполнения задания дивергентного типа для групп, противоположных по полу и уровню оригинальности: «оригинальных» мужчин и «стереотипных» женщин. В α-3-диапазоне отмечено формирование специфического для каждой группы паттерна изменений уровня и характера внутрикорового взаимодействия, связанного с полом испытуемых и оригинальностью ответов. Ключевые слова: креативность, α-поддиапазон, мощность EEG, когерентность EEG, внутрикоровые взаимодействия.

**I.Ya. Kotsan, N.A. Kozachuk, T.I. Mamchich**

## FEATURES OF THE ALPHA-ACTIVITY OF MALE AND FEMALE BRAIN CORTEX UNDER CONDITIONS OF DIVERGENT THINKING

The main goal of our study was to determine the EEG-patterns,

which provide high originality of divergent task solving, defined on the base of alpha-rhythm individual frequency. The dynamics of power and coherence indexes in alpha-1, alpha-2 and alpha-3 subbands during the divergent and convergent tasks solving were analyzed. It was shown that the individuals from high thinking originality group have higher readiness to information perception, which is revealed in a higher depression of alpha-2 and alpha-3 rhythms during transition to rest state with eyes open. During the divergent task processing, an increase in frontal and fronto-central connections in alpha-2 subband was typical for groups opposite in sex and the originality level: for «original» males and «stereotype» females. In alpha-3-band, we observed the formation of level and character changes of intracortical interaction pattern, which was specific for each group and related to the sex of tested individuals and the level of originality of answers.

Key words: creativity, alpha-subbands, EEG power, EEG coherence, intercortical interactions.

*Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk*

## REFERENCES

1. Guilford JP. Is Some Creative Thinking Irrational? The Journal of Creative Behavior. Березень 1982;16(3):151–4.
2. Razumnikova OM, Volf NV, Tarasova IV. Influence of motivation on the of cortex biopotentials power changes during implementation of graphical and verbal creative tasks. Zh Vyssh Nerv Deiat. 2007;57(5):553–61. (in rus)
3. Danko SG, Shemyakina NV, Nagornova ZhV, Starchenko MG. Comparison of the influence of subjective complexity and creative character of verbal activity on the spectral power indexes. Fiziol Cheloveka. 2009;35(3):132–4. (in rus)
4. Sviderskaya NE, Taratynova GV, Kozhedub RG. EEG-correlates of information processing strategy changes under conditions of visual imagination. Zh Vyssh Nerv Deiat. 2005;55(5):624–32 (in rus).
5. Tarasova IV, Volf NV, Razumnikova OM. Brain cortex biopotentials coherence changes during solving of verbal creative task in males and females. Zh Vyssh Nerv Deiat. 2009;59(2):155–61. (in rus)
6. Martindale C. Biological bases of creativity. Handbook of Creativity. Ed. Sternberg R. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press.; 1999. 137–152 p.
7. Kozlova WT Development of methods of labil nervous processes detection in intellectual-verbal activity [Thesis abstr]. MGU; 1973 (in rus).
8. Altshuller GS. To find an idea. Novosibirsk: Nauka; 1986. 200 p. (in rus)
9. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. Brain Research Reviews. Квітень 1999;29(2-3):169–95.



10. Nikolaev AP, Ivanitskiy GA, Ivanitskiy AM. The study of cortical interactions during short time intervals under conditions of verbal associations search. *Zh Vyssh Nerv Deiat*. 2000;50(1):44–61. (in rus)
11. Kotsan IYa, Kozachuk NO. Local synchronization of cortex biopotentials during divergent thinking in males and females. *Bulletin of Taras Shevchenko Lugansk National University*. 2009;(2):63–8. (in ukr)
12. Kotsan IYa, Kozachuk NO, Shevchuk TYa, Kuznecov IP, Goshko LI. EEG power features of males with high and low indexes of divergent thinking originality. *Tavricheskiy of mediko-biologicheskiiy vestnik*. 2009;12(4):91–5. (in ukr)
13. Schroeter ML, Zysset S, Wahl M, von Cramon DY. Pre-frontal activation due to Stroop interference increases during development—an event-related fNIRS study. *NeuroImage*. 2004;23(4):1317–25.
14. Roelofs A, Hagoort P. Control of language use: cognitive modeling of the hemodynamics of Stroop task performance. *Cognitive Brain Research*. 2002;15(1):85–97.
15. Shvyrkov VB. The basic stages of system-evolutional approach development in psychophysiology. *Psychol Zh*. 1993;14(3):15–27. (in rus)
16. Aalexandrov Y, Jarvilehto T. Activity Versus Reactivity in Psychology and Neurophysiology. *Ecological Psychology*. March 1993;5(1):85–103.
17. Heilman KM, Nadeau SE, Beversdorf DO. Creative Innovation: Possible Brain Mechanisms. *Neurocase*. 01, October 2003;9(5):369–79.

*Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна*  
*E-mail: natashakozachuk@gmail.com*

*Матеріал надійшов до редакції 14.06.2013*