

УДК: 612.82

## ЛОКАЛЬНА СИНХРОНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЗАЛЕЖНО ВІД ОСОБИСТІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК І СТАТІ ДОСЛІДЖУВАНИХ

Козачук Н. О., Кутрій Л. В.

*Локальна синхронізація електричної активності кори головного мозку залежно від особистісних характеристик і статі досліджуваних.* – Н. О. Козачук, Л. В. Кутрій. – Встановлено, що у екстравертів обох статей фонові біоелектрична активність кори характеризувалась генералізованим зниженням потужності альфа-ритму. У чоловіків-інтровертів десинхронізація альфа-ритму при відкриванні очей спостерігалась переважно в лівій півкулі. У жінок екстравертного типу при виконанні інтелектуальних завдань проявлялась реактивність тета-ритму, а у чоловіків-екстравертів – бета-ритму, яка зумовлена участю різних мозкових структур. При розумовій діяльності для жінок інтровертного типу були характерні зміни потужності в усіх частотних діапазонах, а для чоловіків того ж типу, статистично достовірних відмінностей не виявлено.

**Ключові слова:** потужність, ЕЕГ, екстраверсія, інтроверсія, статеві відмінності.

**Адреса:** Волинський національний університет імені Лесі Українки, 43025, м. Луцьк, пр. Волі, 13, Україна.  
e-mail: kut-rij@mail.ru

*Brain cortex electrical activity local synchronization depending on subject individual characteristics and sex.* – N. Kozachuk, Kutriy L. – It is shown, that both males and females extroverts brain cortex bioelectrical activity is characterised by generalized alpha-rhythm power decrease. Introvert males have alpha-rhythm desynchronization mainly in left hemisphere during eyes opening. Extrovert females during intellectual tasks solving have theta-rhythm reactivity, and extrovert males - have beta-rhythm reactivity, that is conditional on different brain structures activity. During intellectual activity introvert females have power changes in all frequency bands, introvert males have no similar statistically significant differences.

**Key words:** power, EEG, extraversion, introversion, sex differences.

**Address:** Volyn National University of Lesya Ukrainka, 43025, Luck, pr. Voli, 13, Ukraine, e-mail: kut-rij@mail.ru

### Вступ

Аналіз публікацій, які висвітлюють результати досліджень електрофізіологічних корелятивних когнітивних процесів [7, 8, 9, 12], вказують на необхідність врахування особистісних характеристик досліджуваних. Однак, однозначних даних про зв'язок ЕЕГ з особистісними характеристиками сьогодні немає. Це пов'язано з використанням різноманітних методичних підходів при психодіагностиці досліджуваних, реєстрації ЕЕГ, аналізі показників та виборі самих експериментальних ситуацій. Досить часто в таких дослідженнях автори не враховують стать досліджуваних, що також зменшує інформативність отриманих результатів. Метою нашої роботи було вивчення електроенцефалографічних відмінностей досліджуваних в стані спокою та при інтелектуальній діяльності з врахуванням статі та рівня інтро/екстраверсії.

### Методика та контингент дослідження

Вибірка досліджуваних складала 50 осіб жіночої та чоловічої статі, віком 18-22 роки, здорових за даними соматичного і психоневрологічного обстеження, праворуких за самоцінкою та мануальними тестами. Досліджувані відбирались за результатами тестування EPQ [1] і склали чотири групи: екстраверти-жінки (20 осіб), інтроверти-жінки (10 осіб); екстраверти-чоловіки (10 осіб), інтроверти-чоловіки (10 осіб).

Під час реєстрації електричної активності головного мозку (ЕЕГ), досліджувані знаходились у спеціально обладнаній камері (екранованій, світло- та звукоізольованій) в положенні сидячи.

Реєструвалась електрична активність кори головного мозку в стані спокою з закритими та відкритими очима, а також при виконанні

інтелектуальних завдань. В якості завдань, досліджуваним пропонувався тест розроблений на основі методики визначення інтелектуальної лабільності [2], який вимагав швидкого виконання серії простих завдань. Інструкція і "бланк" завдання подавались досліджуваним на монітор комп'ютера. Час експозиції інструкції становив 5 секунд, "бланку" завдання – 3-4 секунди. Загальний час виконання завдання становив 2,5 хвилини. Текст завдань подавався на стандартному 17-дюймовому моніторі, шрифтом Times New Roman 60, чорним кольором на білому

фоні в центрі поля зору досліджуваних. Відстань до монітора становила 1,5 м.

Біоелектрична активність кори головного мозку реєструвалась 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). При записі ЕЕГ активні електроди розміщувались за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках на скальпі голови (рис. 1).

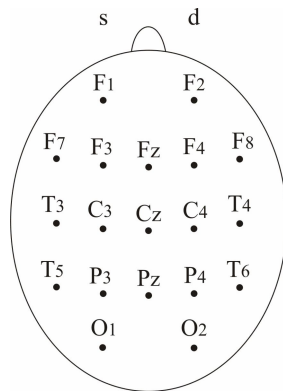


Рис. 1. Схема розміщення електродів.

s – ліва півкуля, d – права півкуля. F1, F2 – передньолобні; F3, F4, Fz – задньолобні; F7, F8 – бічні лобні; T3, T4 – передньоскроневі; C3, C4, Cz – центральні; T5, T6 – задньоскроневі; P3, P4, Pz – тім'яні; O1, O2 – потиличні відведення

Fig. 1. Electrode placement scheme.

s – left hemisphere, d – right hemisphere. F1, F2 – anterior frontal; F3, F4 – posterior frontal; F7, F8 – lateral frontal; T3, T4 – anterior temporal; C3, C4 – central; T5, T6 – posterior temporal; P3, P4 – parietal; O1, O2 – occipital; Fz, Cz, Pz – central leads

Реєстрація здійснювалась монополярно, в якості референтних використовувались вушні електроди A1 і A2. З метою покращення якості запису використовувались додаткові референтні електроди N (nasion) і Ref. Для покращеної режекції ЕКГ-сигналу з ЕЕГ використовувалась вмонтована в комплекс система реєстрації ЕКГ. Кардіасигнал реєструвався у другому ЕКГ відведенні. Реєструвались 60 с інтервали ЕЕГ. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу складала 500 мс з 50% перекриттям. Частота дискретизації аналогового сигналу складала 2 мс. Вхідний опір для синфазного сигналу становив більше 100 МОм. Фільтри високих частот встановлювались на 50 Гц, низьких – 0,1 Гц. Напруга внутрішніх шумів приведена до входу не перевищувала 0,8 мкВ. Стала часу перехідного процесу становила не менше 0,3 с. Коефіцієнт послаблення синфазних сигналів становив не менше 140 дБ. Опір електродів близько 100 кОм. Під'єднання реєструючої апаратури до ЕОМ здійснювалось через USB/2 порт. Межі можливої відносної похибки при вимірювання напруги та часових інтервалів електроенцефалографічних сигналів –  $\pm 5\%$ . Для режекції ЕЕГ-артефактів

використовувалась процедура ІСА-аналізу. В подальшому проводилась фільтрація ІСА-компонент з артефактним сигналом і композицією неартефактних ІСА-компонент у результуючу ЕЕГ. При фільтрації артефактів з ЕЕГ видалялось не більше п'яти (артефактних) ІСА-компонент. Якщо окремі спалахи артефактної активності не вдавалось відфільтрувати за допомогою ІСА-обробки артефактні відрізки ЕЕГ вирізали з нативної ЕЕГ в ручному режимі.

Функціональний стан кори мозку оцінювався на основі змін потужності електричної активності при різних експериментальних ситуаціях. Аналіз ЕЕГ проводився в трьох основних частотних діапазонах: альфа- (8-13 Гц), бета- (14-30 Гц) і тета-активності (4-7 Гц).

Для аналізу результатів досліджень були використані методи параметричної (критерій Стьюдента) та непараметричної (W-критерій Вілкоксона) статистики (залежно від характеру розподілу значень). Дані обчислювались у програмному пакеті MS Excel 2003.

Результати дослідження та їх обговорення

Аналіз отриманих результатів показав, що у екстравертів обох статей стан спокою з відкритими очима порівняно з фоновими показниками, характеризувався генералізованим зниженням потужності альфа-ритму ЕЕГ (рис. 2). Статистично достовірне зниження рівня потужності не спостерігалось лише в передньолобних ділянках.

Статеві відмінності при відкриванні очей у екстравертів проявлялись у зміні потужності бета- та тета-ритмів. Так, в групі екстравертів жіночої статі в стані спокою з відкритими очима, було зафіксовано зниження потужності тета-активності в правій центральній, симетричних задньоскроневих, тім'яних, та потиличних ділянках обох півкуль, тобто мала місце десинхронізація тета-активності у задньоасоціативних ділянках кори (рис. 2). У

чоловіків-екстравертів практично в цих же ділянках, але з більшим залученням центральних відведень, спостерігалась десинхронізація бета-ритму.

В інтровертів-жінок даний функціональний стан характеризувався зниженням потужності альфа-активності у всіх відведеннях крім лівого передньолобного та обох передньоскроневих ділянок. Тобто, десинхронізація мала симетричний розподіл щодо півкуль, на відміну від чоловіків, у яких зниження потужності альфа-ритму в основному було зафіксовано в лівій півкулі, за виключенням передньолобної та задньоскроневої ділянок (рис. 2).

У бета-діапазоні, зниження потужності спостерігалось лише у задньоскронево та тім'яному відведеннях правої півкулі та центральному тім'яному відведенні.

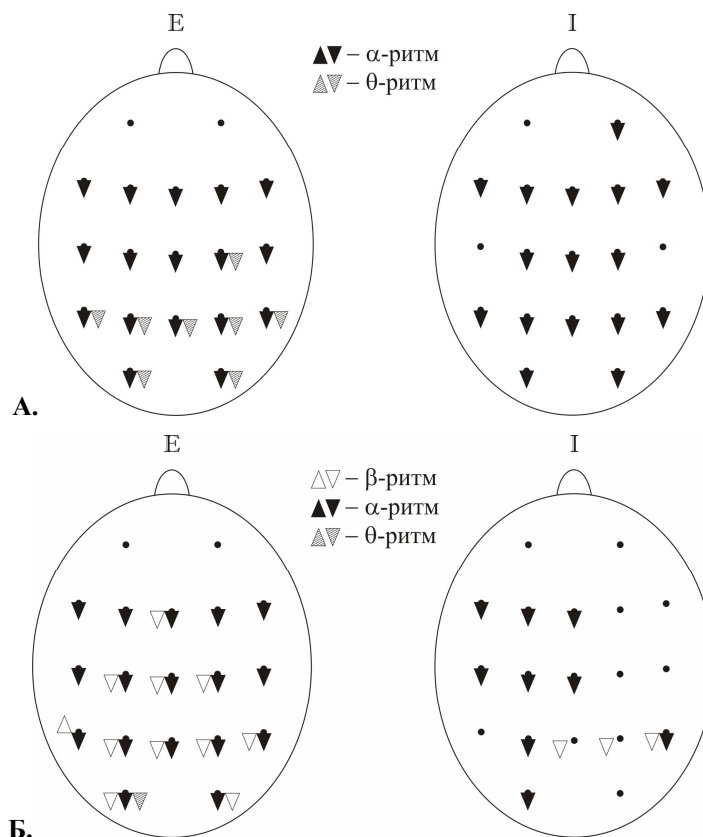


Рис. 2. Достовірні відмінності потужності ЕЕГ стану спокою з відкритими очима у порівнянні з фоновією ЕЕГ: А – жінки; Б – чоловіки

(Е – екстраверти, І – інтроверти;

стрілка вгору – зростання потужності, стрілка донизу – зниження потужності)

Fig. 2. Significant EEG power differences between open eyes rest state and closed eyes rest state:

A - females, B - males

(E – extroverts, I – introverts;

up arrow – power decrease, down arrow – power increase)

При інтелектуальній діяльності у порівнянні зі станом спокою з відкритими очима у групі жінок-інтровертів було відмічено синхронізацію потужності в передньоасоціативних ділянках кори в усіх частотних діапазонах ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ). У бета-

діапазоні ЕЕГ зміни були пов'язані з передньолобною та бічною лобною ділянками лівої півкулі, а також правою передньоскроневою ділянкою. Цікавим, на нашу думку, було

зростання у жінок-інтровертів альфа-активності в правій передньолобній ділянці (рис. 3).

У інтровертів чоловічої статі перехід до когнітивних тестів не призвів до появи

статистично достовірних відмінностей із попередньою експериментальною ситуацією (рис. 3).

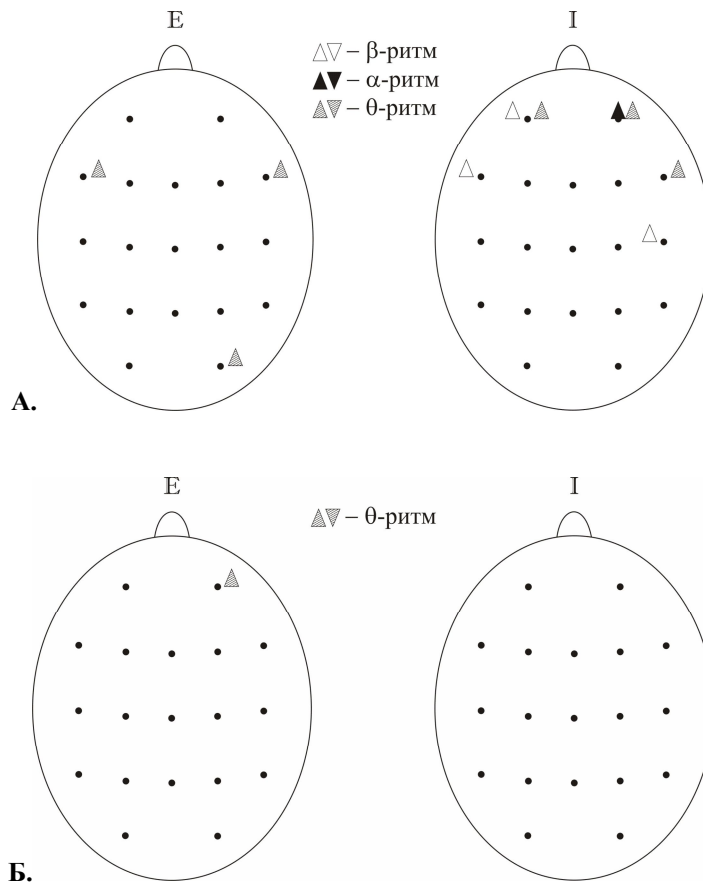


Рис. 3. Достовірні відмінності потужності ЕЕГ при інтелектуальній діяльності у порівнянні зі станом спокою з відкритими очима: А – жінки; Б – чоловіки

(Е – екстраверти, І – інтроверти;

стрілка вгору – зростання потужності, стрілка донизу – зниження потужності)

Fig 3. Significant EEG power differences between intellectual activity test and closed eyes rest state:

A - females, Б - males

(E – extroverts, I – introverts;

up arrow – power decrease, down arrow – power increase)

Проаналізувавши динаміку тета-ритму електричної активності кори головного мозку, треба відмітити, що при виконанні завдань, у досліджуваних жінок екстравертного типу спостерігалось підвищення активності в обох бічних лобних та правій потиличній ділянках, на відміну від чоловіків-екстравертів, де зростання було наявне лише у правому передньолобному відведенні. У жінок-інтровертів зростання потужності було відмічене в передньолобних та бічному лобному відведеннях правої півкулі.

Порівнявши ЕЕГ досліджуваних екстравертного типу (рис. 2), виявлено, що у жінок-екстравертів більші значення потужності біопотенціалів було відмічено для низькочастотного тета-діапазону, тоді як для чоловіків-

екстравертів було характерне підвищення потужності на більш високій частоті (бета-ритм). Цю особливість ми схильні трактувати залученням різних структур мозку, які беруть участь в регуляції поведінкових реакцій. Чітку топографію потужності тета-ритму у задньосоціативній ділянці кори у жінок-екстравертів, можна пояснити більшою активацією кіркових ділянок за участю лімбічних структур.

У чоловіків-екстравертів активація задніх відділів мозку у бета-діапазоні була наслідком кращої кірково-підкіркової взаємодії пов'язаної з таламо-кортикальними сітками. Тобто, статеві відмінності екстравертів пов'язані з особливостями взаємодії лімбічної і таламічної активуючих систем мозку [11].

Що ж стосується інтровертів, то відкриття очей зумовило відносно «розмежування» півкуль у групах досліджуваних чоловічої статі. Залучення лівої півкулі у чоловіків-інтровертів, при спокійному спогляданні, вказувало на ініціювання логічних концепцій з мінімальним синтезом образів [6]. На відміну від чоловіків, у жінок-інтровертів десинхронізація альфа-ритму була генералізованою в обох півкулях.

При виконанні інтелектуальних завдань, порівняно зі станом спокою, виявлені відмінності у екстра- та інтровертів обох статей. У жінок-інтровертів відмічена активність у передньоасоціативній ділянці кори, на відміну від чоловіків того ж типу, у яких достовірних змін не виявлено.

Синхронізація потужності в передньоасоціативних ділянках в усіх частотних діапазонах, які брались до уваги ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ), у жінок-інтровертів була пов'язана з підвищеною активацією цих ділянок при виконанні завдань [4, 5]. Зростання альфа-активності у передньолобній ділянці правої півкулі, не обов'язково свідчило

про зниження активності даної ділянки, а швидше, навпаки, вказувало на активну роботу з інформацією [10].

Наявність високочастотного компоненту (зростання бета-ритму) у жінок-інтровертів при вирішенні інтелектуальних завдань, враховуючи дані літератури [3], про зв'язок високочастотної активності ЕЕГ з когнітивними процесами, можна припустити, є необхідною для адекватного забезпечення багатьох аспектів інтелектуальної діяльності.

Топографічне картування потужності ЕЕГ жінок-екстравертів показало локалізацію ділянок максимальної потужності тета-ритму у симетричних передньолобних та правій потиличній ділянках. А як відомо, повільні частотні діапазони ЕЕГ вказують на більший рівень енергетичного, емоційного та вегетативного забезпечення мозкової діяльності.

Отже, аналіз електроенцефалографічних корелятивів психофізіологічних властивостей показав специфічні властивості кірково-підкіркових взаємодій нейронних структур у чоловіків і жінок.

1. Айзенк Г. Ю. Количество измерений личности: 16, 5 или 3? – критерии таксономической парадигмы // *Иностранная психология*. 1993. Т. 1. № 2. С. 9–23.
2. Козлова В.Т. Разработка методик выявления лабильных нервных процессов в мыслительно-речевой деятельности. Автореф. канд. дис. – М., 1973. – 26 с.
3. Коцан І.Я., Козачук Н.О., Журавльов О.А. Особливості просторової синхронізації альфа-ритму у жінок з різним рівнем інтелекту при виконанні завдань конвергентного типу // *Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки*. – Черкаси. – 2007. – Вип. 105. – С. 38–42.
4. Разумникова О. М. Особенности фоновой активности коры мозга в зависимости от пола и личностных суперфакторов Айзенка // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2004 – Т. 54., № 4. – С. 455–465.
5. Разумникова О.М. Частотно-пространственная организация активности коры мозга при конвергентном и дивергентном мышлении в зависимости от фактора пола. Сообщение II. Анализ когерентности ЭЭГ // *Физиология человека*. – 2005. – Т. 31., № 3. – С. 39–49.
6. Хомская Е.Д. *Нейропсихология*. – СПб.: Питер, 2005. – 496 с.
7. Casey M.B. Gender, sex, and cognition: considering the interrelationship between biological and environmental factors // *Learning and Individual Differences*. 1996. V.8 P. 39–53.
8. Gur R.C., Alsop D., Glahn D., Petty R., Swanson C.L., Maldjian J.A. et al. An fMRI study of sex differences in regional activation to a verbal and a spatial task // *Brain and Language*. 2000 V.74 P. 157–70.
9. Jordan K., Wüstenberg T., Heinze H.-J., Peters M., Jäncke L. Women and men exhibit different cortical activation patterns during mental rotation tasks // *Neuropsychologia*. 2002. V.40 P. 2397–2408.
10. Ray W., Cole H.W. EEG alpha activity reflects attentional demands and beta activity reflects emotional and cognitive processes // *Science*. – 1985. – V. 228. – P. 750.
11. Robinson D. L. How brain arousal systems determine different temperament types and the major dimensions of personality // *Pers. and Ind. Differences*. 2001. – V. 31. – P. 1233–1259.
12. Speck O., Ernst T., Braun J., Koch C., Miller E., Chang L. Gender differences in the functional organization of the brain for working memory // *Neuroreport*. 2000 V. 11 P. 2581–2585.

Отримано: 24 грудня 2008 р.

Прийнято до друку: 29 травня 2009 р.