

УДК 612.821.3/5

Н. О. Козачук – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин Волинського національного університету імені Лесі Українки

Динаміка потужності основних ритмів електроенцефалограми в чоловіків і жінок із різним рівнем інтелекту

Роботу виконано на кафедрі фізіології людини і тварин ВНУ ім. Лесі Українки

Досліджувалася динаміка потужності електричної активності кори головного мозку в чоловіків і жінок із низьким та високим рівнями невербального інтелекту. Установлено, що стать досліджуваних має більш вагомий вплив на зміни потужності ЕЕГ, ніж рівень інтелекту. У діапазоні низьких частот значимою є взаємодія фактору “інтелект” з іншими факторами. Виявлено, що в жінок відмінності показників потужності тета- і дельта-ритму, пов’язані з рівнем інтелекту, більше виражені, ніж у чоловіків. Вони проявляються в тому, що тільки в жінок із високим рівнем інтелекту спостерігається чітко виражена тенденція до зростання потужності низькочастотного спектру під час виконання конвергентного завдання та зниження – під час виконання дивергентного завдання.

Ключові слова: потужність, тета-ритм, дельта-ритм, невербальний інтелект, стать.

Козачук Н. О. Динамика мощности основных ритмов электроэнцефалограммы у мужчин и женщин с разным уровнем интеллекта. Исследуется динамика мощности электрической активности коры головного мозга у мужчин и женщин с низким и высоким уровнем невербального интеллекта. Установлено, что пол испытуемых имеет более ощутимое влияние на изменения мощности ЭЭГ, чем уровень интеллекта. В диапазоне низких частот значимым является взаимодействие фактора “интеллект” с другими факторами. Показано, что у женщин отличия показателей мощности тета- и дельта-ритма, связанные с уровнем интеллекта, больше выражены, чем у мужчин. Они проявляются в том, что только у женщин с высоким уровнем интеллекта наблюдается четко выраженная тенденция к возрастанию мощности низкочастотного спектра во время выполнения конвергентного задания и снижение – во время выполнения дивергентного задания.

Ключевые слова: мощность, тета-ритм, дельта-ритм, невербальный интеллект, пол.

Kozachuk N. A. General EEG Rhythms Power Dynamics of Males and Females with Different Intellectual Level. EEG rhythms power dynamics of males and females with low and high non-verbal intellectual level were studied. It was shown, that subject's sex has more powerful influence on EEG power changes, than intellectual level. In low-frequency band interaction between “intellect” and other factors is significant. It was found, that females have more expressed differences of theta-, delta-rhythms, related to intellectual level, than males. This differences are shown up in the fact, that only females with high intellectual level have clear expressed tendency to lower-band spectrum power increase during solving of convergent task, and tendency to decrease – during divergent task solving.

Key words: power, theta-rhythm, delta-rhythm, non-verbal intellect, sex.

Постановка наукової проблеми. Проблема інтелектуальної та творчої обдарованості людей завжди привертала увагу психологів, педагогів, фізіологів. Її суть полягає не тільки в пошуку критеріїв ранньої діагностики обдарованості. Адже важливо не лише знайти обдаровану людину, а й побудувати для неї таку навчальну траєкторію, рухаючись по якій, вона досягне максимально можливого для себе рівня. Для досягнення такого результату необхідне серйозне нейрофізіологічне підґрунтя. Основною теоретичною позицією нейрофізіологічних досліджень інтелектуальної і творчої обдарованості є уявлення про мозок як складну ієрархічно організовану систему, яка складається з окремих компонентів (мозкових структур), об'єднаних жорсткими і гнучкими зв'язками [1; 4]. Згідно з теорією “нейронної ефективності” високі інтелектуальні здібності зумовлені саме вибірко-вим залученням “зацікавлених” у такій когнітивній діяльності ділянок кори та специфікою взаємодії між ними [7; 10]. Однак досить часто в дослідженнях, спрямованих на пошук ЕЕГ-корелятів інтелектуальної обдарованості, не враховується фактор статі. Хоча наявність статевого диморфізму відзначалася майже практично в усіх видах когнітивної діяльності [5; 8; 12–13; 14]. Тому мета роботи – визначення особливостей динаміки потужності ЕЕГ під час виконання завдань конвергентного і дивергентного типу з урахуванням факторів статі та рівня інтелекту.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Дослідження проходило у два етапи. На першому визначався рівень інтелекту за тестом Равена. Було про-

тестовано 156 студентів-добровольців Волинського національного університету імені Лесі Українки. Для ранжування коефіцієнтів інтелекту визначалися 25-та та 75-та перцентилі для всіх досліджуваних (незалежно від статі). Значення коефіцієнтів інтелекту від 96 до 112, які потрапляли в діапазон від 25-ї перцентилі до 75-ї, вважали середніми. А ті, які були меншими від 96 і більшими від 112, трактували як низький і високий рівень інтелекту відповідно. У результаті сформовано такі групи досліджуваних: ЧолН (11 осіб) – чоловіки з низьким рівнем інтелекту, ЧолВ (12 осіб) – чоловіки з високим рівнем інтелекту, ЖінН (15 осіб) – жінки з низьким рівнем інтелекту, ЖінВ (9 осіб) – жінки з високим рівнем інтелекту.

На другому етапі дослідження реєстрували електричну активність кори головного мозку в стані спокою із заплющеними і розплющеними очима та під час виконання завдань конвергентного й дивергентного типів. Детально суть завдань описано в [3].

Електричну активність кори головного мозку реєстрували монополярно в 19 відведеннях (за системою 10:20) із використанням референтного об'єднаного вушного електрода. Параметри потужності біопотенціалів ЕЕГ розраховували за програмою апаратно-програмного комплексу "НейроКом" (центр радіоелектронних медичних приладів і технологій "ХАІ-Медика" Національного аерокосмічного університету "ХАІ"; свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26 січня 2007 року). Під час проведення Фур'є-реалізації епоха аналізу складала 500 мс із 50-процентним перекриттям. Для кожного відведення методом швидкого перетворення Фур'є були отримані значення потужності (мкВ^2) ЕЕГ у частотних діапазонах: дельта (0,5–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета (13–35 Гц).

Статистичний аналіз проводили з використанням ANOVA. Міжгрупові відмінності оцінювали з допомогою t-критерію Стьюдента.

ANOVA був проведений для показників потужності окремо в кожному частотному діапазоні (бета, альфа, тета і дельта) з урахуванням таких факторів: СТАТЬ, ІНТЕЛЕКТ (низький, високий), ВІДВЕДЕННЯ, СИТУАЦІЯ (стан спокою із заплющеними очима, стан спокою з розплющеними очима, виконання конвергентного завдання, виконання дивергентного завдання).

Установлено, що фактори ВІДВЕДЕННЯ ($F = 11,189-24,457$; $p < 0,0001$) і СИТУАЦІЯ ($F = 4,887-194,880$; $p < 0,0001$) є значимими в усіх діапазонах; фактори СТАТЬ ($F = 23,581-199,862$; $p < 0,0001$) та ІНТЕЛЕКТ ($F = 4,859-29,634$; $p < 0,0001$) – у бета-, альфа- і тета-діапазонах. Однак значимість різних факторів відрізняється. У бета-діапазоні найбільше значення має фактор СТАТЬ ($F = 199,862$; $p < 0,0001$), а найменше – СИТУАЦІЯ ($F = 10,472$; $p < 0,0001$). В альфа-діапазоні фактор СИТУАЦІЯ ($F = 194,880$; $p < 0,0001$) – найбільш значимий, а фактор ІНТЕЛЕКТ ($F = 4,859$; $p = 0,02757$) – найменш значимий. У тета-діапазоні фактор СИТУАЦІЯ ($F = 6,550$; $p = 0,0002$) має найменше значення, а фактор СТАТЬ ($F = 78,588$; $p < 0,0001$) – найбільше. У дельта-діапазоні більш значимим (із двох) є фактор СИТУАЦІЯ ($F = 11,363$; $p < 0,0001$).

У різних частотних діапазонах ЕЕГ виявлена достовірність взаємодії різних факторів. Взаємодія факторів ВІДВЕДЕННЯ \times СИТУАЦІЯ характерна для бета-діапазону ($F = 2,734$; $p < 0,0001$) і альфа-діапазону ($F = 10,846$; $p < 0,0001$); ВІДВЕДЕННЯ \times СТАТЬ – для бета-діапазону ($F = 2,695$; $p = 0,000139$) і тета-діапазону ($F = 4,639$; $p = 0,043182$); СИТУАЦІЯ \times СТАТЬ – для бета-діапазону ($F = 2,695$; $p = 0,000139$) і альфа-діапазону ($F = 2,695$; $p = 0,000139$). Крім того, для альфа-діапазону виявлена взаємодія факторів СИТУАЦІЯ \times ІНТЕЛЕКТ ($F = 6,281$; $p = 0,000302$), а для тета-діапазону – СТАТЬ \times ІНТЕЛЕКТ ($F = 8,349$; $p = 0,0003885$). У дельта-діапазоні достовірність взаємодії виявлена для трьох факторів – СИТУАЦІЯ \times СТАТЬ \times ІНТЕЛЕКТ ($F = 3,441$; $p = 0,016125$).

Відповідно до мети дослідження ми аналізували роль фактору ІНТЕЛЕКТ та його взаємодію з іншими факторами. Як результат цього аналізу, встановлено, що в бета- і тета-діапазонах показники потужності вищі в осіб із низьким рівнем інтелекту, а в альфа-діапазоні – з високим. Причому в альфа-діапазоні ця особливість найбільш чітко проявляється в стані спокою із заплющеними очима. Водночас у групі осіб із високим рівнем інтелекту більше виражена депресія альфа-ритму, пов'язана зі спокійним спогляданням та розумовою діяльністю.

Взаємодія факторів СТАТЬ \times ІНТЕЛЕКТ у тета-діапазоні проявляється в тому, що показники потужності відрізняються тільки в групі з високим рівнем інтелекту: у жінок вищі, ніж у чоловіків. У дельта-діапазоні, за достовірністю взаємодії факторів СИТУАЦІЯ \times СТАТЬ \times ІНТЕЛЕКТ, встановлено, що статеві відмінності проявляються серед осіб і з низьким, і з високим рівнем інтелекту. У групі з низькими IQ показники потужності дельта-ритму більші в жінок у стані спокою із заплющеними очима та під час виконання конвергентного завдання, а в групі з високим IQ – більші в

чоловіків у стані спокою із заплющеними очима. Крім того, встановлено, що серед чоловіків у всіх експериментальних ситуаціях (крім стану спокою з розплющеними очима) показники потужності дельта-ритму більші в досліджуваних із високим рівнем інтелекту, а у жінок, навпаки, із низьким інтелектом більші значення потужності в стані спокою із заплющеними і розплющеними очима.

У зв'язку з тим, що фактор ІНТЕЛЕКТ у жодному діапазоні не був найбільш значимим, а його взаємодія з іншими факторами найбільше проявилася в низькочастотному спектрі ЕЕГ, ми провели аналіз змін показників потужності тета- і дельта-активності. Встановлено, що зміни потужності, пов'язані з переходом від стану спокою із заплющеними очима до стану спокою з розплющеними очима, у чоловіків виражені тільки в групі з високим рівнем інтелекту. Особливу увагу привертає зниження потужності дельта-активності в передніх лобних ділянках, яке, на нашу думку, можна розглядати як додатковий механізм підвищення функціональної активності структур мозку, які контролюють утримання цілей діяльності і сприйняття інформації [6; 11]. Очевидно, ці зміни в комплексі зі зниженням потужності тета-ритму в лобних, задньо-скроневи, тім'яних і потиличній ділянках забезпечують більшу готовність до діяльності в чоловіків із високими показниками IQ. У жінок відмінності, пов'язані з рівнем інтелекту, виражені менше (рис. 1).

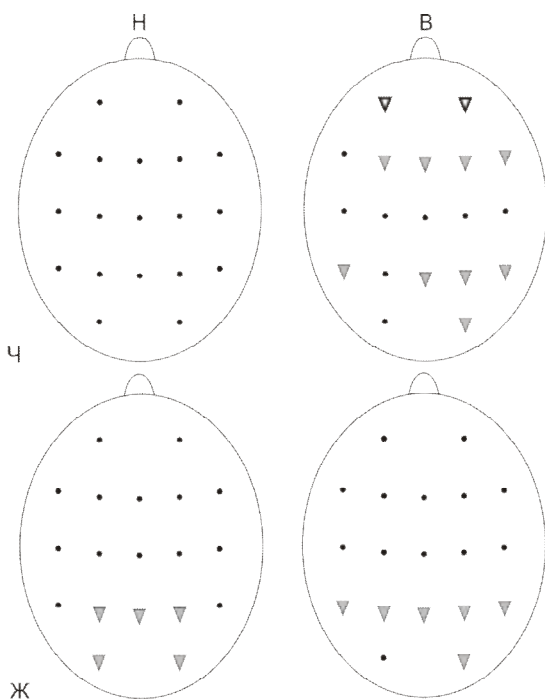


Рис. 1. Зміни потужності основних ритмів ЕЕГ у стані спокою з розплющеними очима порівняно зі станом спокою із заплющеними очима. Трикутник із вершиною доверху свідчить про зростання потужності ритму, з вершиною донизу – про зниження. $\Delta\nabla$ – дельта-ритм, $\nabla\Delta$ – тета-ритм. Н – досліджувані з низьким рівнем інтелекту, В – досліджувані з високим рівнем інтелекту, Ч – досліджувані чоловічої статі, Ж – досліджувані жіночої статі

Зміни потужності низькочастотних ритмів β_1 , які спостерігаються під час виконання завдань, навпаки, більше виражені в жінок (рис. 2). Зокрема, варто відзначити зростання потужності дельта-ритму під час виконання конвергентного завдання порівняно зі станом спокою з розплющеними очима, яке, очевидно, є свідченням високої внутрішньої мотивації [2] та внутрішньої концентрації уваги [9], спрямованої на отримання високого результату поточної діяльності. Підтвердженням цього може бути аналіз результативності інтелектуальної діяльності: у групах із вищим рівнем інтелекту – вища результативність виконання завдань: у групі ЖінН – 43,85 %, у групі ЖінВ – 62,14 % і 3,44 варіантів рішення.

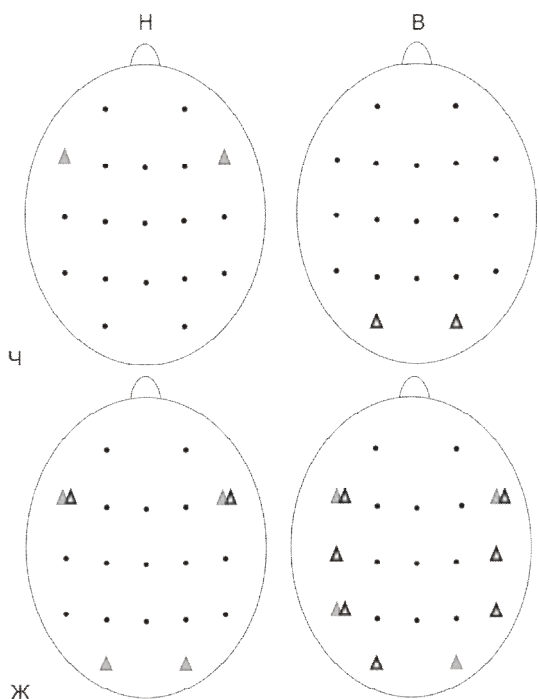


Рис. 2. Зміни потужності основних ритмів ЕЕГ під час виконання конвергентного завдання порівняно зі станом спокою із заплющеними очима (умовні позначення, як на рис. 1)

Під час виконання дивергентного завдання порівняно з виконанням конвергентного завдання в жінок із високим рівнем інтелекту спостерігається зниження потужності дельта-ритму (рис. 3). Динаміка тета-ритму загалом має таку ж спрямованість, як і динаміка дельта-ритму.

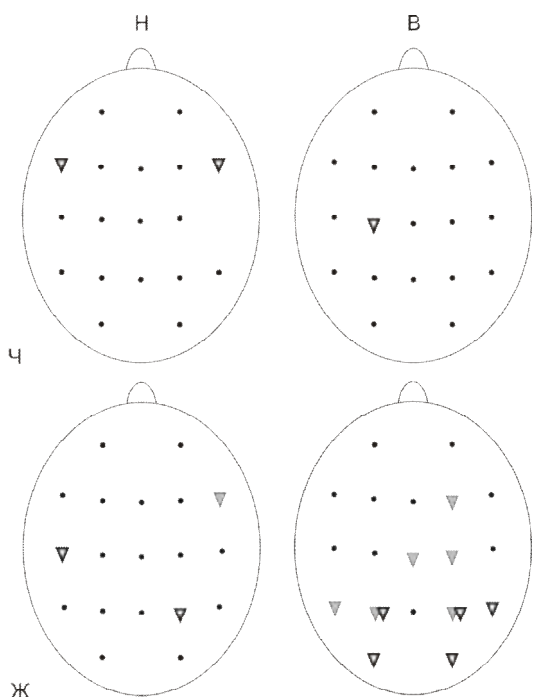


Рис. 3. Зміни потужності основних ритмів ЕЕГ під час виконання дивергентного завдання порівняно з виконанням конвергентного завдання. Ч – досліджувані чоловічої статі; Ж – досліджувані жіночої статі (решта умовних позначень, як на рис. 1)

У жінок із низьким рівнем інтелекту й у чоловіків (незалежно від рівня інтелекту) статистично достовірні зміни потужності в ході експерименту поодинокі, різноспрямовані і по-різному локалізовані.

Загалом за результатами проведеного дослідження можна сказати, що фактор статі більшою мірою впливає на показники потужності ЕЕГ, ніж рівень інтелекту в усіх досліджуваних частотних діапазонах. Тільки в діапазоні низьких частот взаємодія факторів СТАТЬ та ІНТЕЛЕКТ є значимою. Однак відмінності динаміки потужності тета- і дельта-ритму, пов'язані з рівнем інтелекту, проявляються більшою мірою в жінок. У групі жінок із високим рівнем інтелекту, за вищеписаними змінами потужності цих ритмів, більше значення мають взаємодії між корою головного мозку та стовбуровими й лімбічними структурами [2]. Зважаючи на вищесказане та враховуючи виявлений

взаємозв'язок між рівнем інтелекту та продуктивністю розумової діяльності, вважаємо, що подальші EEG-дослідження повинні враховувати не тільки показники IQ, а й результативність поточної розумової діяльності та рівень мотивації до цієї діяльності.

Висновки. Динаміка показників потужності в процесі виконання завдань конвергентного і дивергентного типу більшою мірою залежить від фактору статі, ніж від рівня інтелекту.

Відмінності потужності електричної активності мозку, пов'язані з рівнем інтелекту, під час розумової діяльності проявляються більшою мірою серед досліджуваних жіночої статі.

У жінок із високим рівнем інтелекту спостерігається чітко виражена тенденція до зростання потужності тета- і дельта-ритму під час виконання конвергентного завдання та зниження під час виконання дивергентного завдання.

Література

1. Дубровинская Н. В. Методологический подход к изучению индивидуальных особенностей мозговой ориентации когнитивной деятельности / Н. В. Дубровинская, Д. А. Фарбер // Интеллектуальная и творческая одаренность. Проблемы. Концепции. Перспективы : сб. докл. 2-й междунар. науч.-метод. конф. – Ростов н/Д, 1996. – С. 46–50.
2. Князев Г. Г. Осцилляции мозга и поведение человека / Князев Г. Г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://psy.tsu.ru/data/pdf/3_13.pdf
3. Коцан І. Я. Локальна синхронізація EEG при дивергентному мисленні залежно від фактора статі та рівня інтелекту / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук // Наук. вісн. ВНУ ім. Лесі Українки. – 2008. – № 15. – С. 30–34.
4. Лебедев А. Электроэнцефалографический метод распознавания интеллектуальной одаренности / А. Лебедев // *Uzdolnienia Intelktualne i Tworcze. Problemy. Koncepcje. Perspektywy* : III Miedzynarodowa Konferencja Naukowo-Metodyczna – Borgis Ltd. Wydawnictwa Medyczne i Oswiatowe, 1997. – S. 23.
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 / О. М. Разумникова // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. – № 3. – С. 39–49.
6. Цветкова Л. С. Мозг и интеллект : нарушение и восстановление интеллектуальной деятельности / Л. С. Цветкова. – М. : Просвещение – АО “Учеб. лит.”, 1995. – 304 с.
7. Haier R. J. Sex differences and lateralization in temporal lobe glucose metabolism during mathematical reasoning / R. J. Haier, C. P. Benbon // *Dev. Neuropsychol.* – 1995. – № 4. – P. 405–414.
8. Halpern D. F. Sex differences in cognitive abilities. – Mahwah ; N.-Y. ; London : Lawrence Erlbaum Ass. Publ., 2000. – 240 p.
9. Harmony T. EEG delta activity: an indicator of attention internal processing during performance of mental tasks / T. Harmony, T. Fernandez, J. Silva et al. // *Int. J. Psychophysiol.* – 1996. – Vol. 24. – № 1–2. – P. 161–171.
10. Neubauer A. C. Intelligence and neural efficiency : The influence of task content and sex on the brain – IQ relationship / A. C. Neubauer, A. Fink, D. G. Schrausser // *Intelligence.* – 2002. – Vol. 30. – P. 515–536.
11. Schroeter M. L. Links Prefrontal activation due to Stroop interference increases during development an event-related fNIRS study / M. L. Schroeter, S. Zysset, M. What, D. Y. von Cramon // *Neuroimage.* – 2004. – Vol. 23. – № 4. – P. 1317–1325.
12. Simonton D. K. Creativity. Cognitive, personal, development and social aspects / D. K. Simonton // *Am. Psychol.* – 2000. – Vol. 55. – № 1. – P. 151.
13. Skandies W. Topography of evoked brain activity during mental arithmetic and language task : sex differences / W. Skandies, P. Reik, Ch. Kunze // *Neuropsychologia.* – 1999. – Vol. 37. – P. 421.
14. Jausovec N. Differences in cognitive processes between gifted, intelligent, creative and average individuals while solving complex problems : an EEG study / N. Jausovec // *Intelligence.* – 2000. – Vol. 28. – № 1. – P. 213–237.

Статтю подано до редколегії
11.05.2010 р.