

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

КОЗАЧУК НАТАЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 612.825:612.813:159.955:159.954.4-055.1-055.2

**ПРОСТОРОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ
ГОЛОВНОГО МОЗКУ ПРИ ТВОРЧОМУ МИСЛЕННІ
У ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК
З РІЗНИМИ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ**

03.00.13 – фізіологія людини і тварин

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Східноєвропейському національному університеті імені Лесі Українки

Науковий

консультант:

доктор біологічних наук, професор

Коцан Ігор Ярославович,

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки МОН України, ректор

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук, професор

Берченко Ольга Григорівна,

ДУ «Інститут неврології, психіатрії та наркології» НАМН України, завідувач лабораторії нейрофізіології, імунології та біохімії

доктор біологічних наук, професор

Лизогуб Володимир Сергійович

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького МОН України, директор НДІ фізіології імені Михайла Босого

доктор біологічних наук, старший науковий співробітник

Зима Ігор Григорович,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка МОН України, старший науковий співробітник НДЛ «Фізико-хімічної біології» відділення експериментальної біології

Захист дисертації відбудеться «23» листопада 2016 року о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.001.38 Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, проспект Академіка Глушкова, 2, ННЦ «Інститут біології», ауд. 434.

Поштова адреса: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 64/13, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННЦ «Інститут біології», спеціалізована вчена рада Д 26.001.38.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці ім. М. Максимовича Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, вул. Володимирська, 58.

Автореферат розісланий «21» жовтня 2016 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради,

доктор біологічних наук



Т. М. Фалалєєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Творче мислення, а саме, дивергентне, яке розглядається як здатність людини мислити в різних напрямках, дає можливість індивіду вийти за межі стандартних характеристик об'єктів і явищ та завдяки цьому знайти множинні чи оригінальні способи вирішення завдання [Д. Гілфорд, 1982]. Важливим у вирішенні проблеми творчого мислення є визначення рівня креативності, який властивий людині. Психологічні методи дозволяють це зробити не повною мірою, оскільки високі показники тестування значимо виявляють тільки найбільш креативних осіб. Проте, низькі результати тестування не можуть достовірно свідчити про відсутність креативності у людини, оскільки творчі прояви спонтанні й не можуть регулюватися самою ситуацією. Психологічні методи діагностики творчих здібностей призначені, в першу чергу, для фактичного виявлення креативних осіб в даній вибірці на момент тестування [Старченко М. Г., 2001]. Цілком очевидно, що для більш точного виділення креативних осіб доцільно використовувати не тільки психологічні методи діагностики креативності. На наш погляд, сучасні методи аналізу та інтерпретації активності мозку як субстрату психічної діяльності, досягли того рівня, коли їх можна ефективно застосовувати для виявлення, вивчення, прогнозування та практичного розвитку навичок креативного мислення. ЕЕГ-показники є достатньо чутливими і водночас досить специфічними параметрами для оцінки поточної когнітивної активності. Одним із найбільш перспективних напрямів в розробці таких ЕЕГ-критеріїв креативності є виділення характерних патернів взаємодії між різними відділами кори головного мозку, які, на думку [Fingelkurts A. et al., 2003; J. Strough et al., 2000, 2014], дають можливість оцінити інтенсивність та напрямок обміну інформацією між різними нейронними структурами кори та мають специфічний характер для різних типів розумової активності.

Згідно з теорією функціональних систем [Анохин П. К., 1985; Судаков К. В., 1984] дослідження певних функцій організму людини повинно здійснюватися на основі результативності його діяльності. З цих позицій функціональний стан кори головного мозку, на нашу думку, має розглядатися саме з врахуванням результативності інтелектуальної діяльності.

Численні психологічні дослідження [Гарифуллина М. М., 1977; Коновалов В. Ф., 1984; Луковицкая Е. Г., 2002; Halpern D. F., 2000; S. Dehaence, E. Spelke, P. Pinel et al., 1990; Lewin S., 2003 та ін.] довели існування гендерних відмінностей в тих чи інших видах інтелектуальної діяльності та поставили питання про вивчення нейрофізіологічних механізмів досягнення високого результату інтелектуальної діяльності у чоловіків і жінок, що особливо важливо для дивергентного мислення.

Нейродинаміка мозку в осіб різної статі в процесі досягнення високого результату творчого мислення, значною мірою залежить від типу і складності завдання [Разумникова О. М. и др., 2003–2007; Тарасова И. В. и др., 2005] та відображує психофізіологічні характеристики самих обстежуваних [Fink A., Neubauer A. S., 2006]. Однак, дослідженню взаємозв'язку психофізіологічних властивостей та нейрофізіологічних механізмів, які лежать в основі реалізації

складних форм розумової діяльності людини, присвячена лише незначна кількість робіт [Разумникова О. М. и др., 2001, 2002, 2004; Украинцева Ю. В., Русалова М. Н., 2004; Hansenne M., 1999; Razumnikova O. M., 2004; Srinivasan N., 2007]. Поодинокі ЕЕГ-дослідження, пов'язані з виділенням груп людей за когнітивним стилем, проведені на різних вікових групах, часто без врахування статі обстежуваних і з різними методичними підходами. Тому отримані результати сьогодні дуже важко систематизувати і узагальнювати. В той же час, навіть ці результати свідчать про те, що стиль сприйняття та обробки інформації (когнітивний стиль) впливає на стратегію досягнення високого результату розумової діяльності і корелює з деякими ЕЕГ-патернами [Разумникова О. М., 2003; McKay M. T., Fischler I., Dunn B. R., 2002].

Таким чином, викладене вище свідчить про актуальність проведення наукових досліджень в такому напрямі фізіології як розкриття особливостей нейрофізіологічних механізмів найскладнішої інтелектуальної діяльності – творчого (дивергентного) мислення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є фрагментом одного із пріоритетних наукових напрямів Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки «Нейрофізіологічні механізми та вегетативне забезпечення когнітивної діяльності людини (віковий, екологічний та індивідуально-типологічний аспекти)». Основні результати роботи отримані під час виконання держбюджетних тем «Регуляторні механізми і системна організація психофізіологічної активності людини (віковий аспект)» (2007–2009 рр.; номер державної реєстрації №0107U000740) та «Фізіологічні кореляти способу реалізації когнітивних операцій» (розпочата у 2014 році; номер державної реєстрації №0114U002417).

Мета і завдання дослідження. З'ясувати загальні неокортикальні механізми і особливості електричної активності головного мозку в процесі творчого (дивергентного) мислення чоловіків та жінок з різними особистісними характеристиками.

Відповідно до мети були поставлені такі завдання:

1. Визначити особливості локальної і просторової синхронізації ЕЕГ під час виконання завдань конвергентного і дивергентного типу у чоловіків і жінок.
2. Дослідити особливості неокортикальних механізмів дивергентного мислення у чоловіків і жінок.
3. Дослідити електричну активність кори головного мозку під час дивергентного мислення у чоловіків і жінок з різним рівнем інтелекту.
4. Оцінити взаємозв'язок когнітивних стилів та функціональної організації кори головного мозку чоловіків і жінок в процесі конвергентного і дивергентного мислення.
5. З'ясувати значення факторів статі та особистісних властивостей чоловіків і жінок для продуктивної творчої діяльності.
6. Розробити математичну модель прогнозування рівня креативності на основі показників електричної активності кори головного мозку та психофізіологічних характеристик особистості.

Об'єкт дослідження: нейрофізіологічні механізми та когнітивні закономірності творчого мислення у чоловіків і жінок.

Предмет дослідження: стан і динаміка параметрів електричної активності кори головного мозку людини під час конвергентного та дивергентного мислення з урахуванням статі та індивідуальних психофізіологічних особливостей людини.

Методи дослідження. Для проведення дослідження застосовувалися такі методи: фізіологічні (реєстрація електричної активності кори головного мозку), психологічні (тестування, анкетування) і статистичні (методи кореляційного, дисперсійного аналізу, регресійного та кластерного аналізу, нейромережеве моделювання).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше встановлено, що основу творчої діяльності складають кортикальні нейромережі пам'яті, мотивації та критико-ініціюючого контролю. Показано, що високий результат дивергентного мислення реалізується шляхом посилення взаємодії темпорально-парієтальних ділянок неокортексту та зменшення впливу лівої півкулі, зокрема, її критико-ініціюючої програми. У молодих людей різної статі виявлений тісний взаємозв'язок цих механізмів та інтелекту, когнітивного стилю, ментальної стратегії. Вперше показано, що процес творчого мислення пов'язаний з особливостями внутрішньокоркових взаємодій в Δ -діапазоні ЕЕГ, які проявляються формуванням фокусу когерентних зв'язків в задньо-скроневої ділянці правої півкулі кори, що свідчить про активну роботу з репрезентаціями на тлі високої внутрішньої мотивації до успіху. Вперше доведено, що недостатній стан готовності неокортексту до сприйняття інформації, який проявляється в локальній топографічно неспецифічній депресії біопотенціалів α -ритму (особливо α_1 та α_3) в стані спокою з відкритими очима вказує на низьку ймовірність досягнення високої продуктивності дивергентного мислення в осіб обох статей. Показано, що у чоловіків і жінок з різним рівнем невербального інтелекту неокортикальні механізми реалізації дивергентного мислення забезпечують використання ментальних репрезентацій, про що свідчить зростання потужності α_2 -ритму у парієтальних та окципітальних ділянках обох півкуль головного мозку. У жінок такий неокортикальний механізм доповнюється залученням системи активного контролю та селекції ментальних репрезентацій (зростання когерентності біопотенціалів α_2 -ритму в лобово-центральної ділянках кори головного мозку). Вперше виділено електроенцефалографічні та психофізіологічні критерії прогнозування високого рівня креативності та побудовано математичну нейромережеву модель такого прогнозування. Для практичного використання побудованої нейромережевої моделі створено комп'ютерну програму прогнозування рівня креативності. Поглиблені уявлення про зв'язок психофізіологічних характеристик особистості з її креативними здібностями. Встановлено, що високо креативним особам властиві різні комбінації когнітивних стилів і рівнів невербального інтелекту. Показано, що ймовірність досягнення високого результату творчого мислення у чоловіків найбільш пов'язана з високим проявом аналітичності та імпульсивності, в той час як у жінок – з високими значеннями рівня невербального інтелекту.

Практичне значення одержаних результатів. Результати проведених обстежень важливі для перспективних фундаментальних та прикладних досліджень нейрофізіологічних механізмів забезпечення творчого мислення та виявлення

творчих здібностей людини, а також можуть бути використані в навчальному процесі у вищих навчальних закладах для створення оптимальної траєкторії розвитку творчого потенціалу студентів. Отримані електроенцефалографічні характеристики мозкових процесів дають можливість більш точного визначення рівня креативності у випадках нестабільних результатів тестування за психологічними методиками. Врахування отриманих результатів про особливості електричної активності кори головного мозку в чоловіків і жінок надасть можливість оптимізувати професійну підготовку педагогів та психологів, вдосконалити методи профвідбору. Отримані результати впроваджені в навчальний процес вищих навчальних закладів України, які готують лікарів, біологів, психологів, фахівців з спортивної біології та медицини, що підтверджено відповідними актами впровадження.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто здійснено розробку основних теоретичних і практичних положень роботи, проведено аналіз джерел літератури, електрофізіологічні дослідження. Здобувач самостійно виконав набір і обробку фактичного матеріалу, написав усі розділи дисертації, сформулював висновки. Визначення когнітивних стилів, рівня невербального інтелекту та креативності здійснювалося за консультаційної підтримки кандидата психологічних наук, доцента кафедри загальної та соціальної психології факультету психології Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки Т. В. Федотової. Ідея та розрахунки коефіцієнтів взаємодії є спільним інтелектуальним продуктом автора дисертації, а також доктора біологічних наук, професора кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки І. Я. Коцана та кандидата біологічних наук, доцента кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки І. П. Кузнєцова. Ідея, розробка та обґрунтування доцільності застосування математичної нейромережевої моделі прогнозування рівня креативності за ЕЕГ-показниками та психологічними характеристиками є спільним інтелектуальним продуктом автора дисертації, доктора біологічних наук, професора кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки І. Я. Коцана, доктора біологічних наук, професора, завідувача кафедри фізичної реабілітації Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки Ю. Є. Ляха, кандидата фізико-математичних наук, доцента кафедри медичної та біологічної фізики Національного медичного університету О. О. Богомольця, старшого наукового співробітника Державної наукової установи «Науково-практичний центр профілактичної та клінічної медицини» Державного управління справами В. Г. Гур'янова. Під час підготовки праць, які опубліковані у співавторстві, використано експериментальний матеріал, статистичні дані та огляд літератури автора.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові положення і висновки дисертації доповідалися та обговорювалися на таких наукових форумах: IV Міжнародна наукова конференція «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології» присвячена 90-річчю від дня народження П. Г. Богача (Київ, 2008); Міжнародна наукова конференція «Системна організація психофізіологічних і вегетативних функцій» (Луцьк, 2009); V Міжнародна наукова конференція

«Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології» (Київ, 2010); V Конгрес Українського товариства нейронаук (Київ, 2011); V З'їзд українського біофізичного товариства (Луцьк, 2011); Society of Applied Neuroscience Meeting (Thessaloniki, May 5–8th, 2011); XVI Міжнародній конференції з нейрокібернетики (Росія, Ростов-на-Дону, 2012); VII Сибірському з'їзді фізіологів (Росія, Красноярськ, 2012); XII Міжнародній науковій конференції «Теорія і практика сучасної науки» (Росія, Москва, 2013); VI з'їзді біофізичного товариства (Луцьк-Світязь, 2015).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 44 наукових праці, із яких 20 статей надрукованих у фахових виданнях України за біологічним напрямом та 10 таких, що додатково відображають наукові результати дисертації, 12 тез доповідей, отримано 2 позитивних рішення про видачу деклараційного патенту на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, огляду літератури, опису матеріалів та методів дослідження, результатів дослідження, узагальнення результатів дослідження, висновків та списку використаних джерел літератури (451 найменування) та додатків. Дисертація викладена на 351 сторінці (основна частина на 269 сторінках) і проілюстрована 110 рисунками і 20 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Матеріали та методи дослідження. Дисертаційна робота виконана з дотриманням загальних принципів біоетики, що підтверджується висновком комісії з питань біоетики Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки від 18.12.2014, протокол №1. В обстеженні (рис. 1) взяли участь волонтери віком 18–21 рік (чоловіки і жінки; всі правші), здорові за даними соматичного і психоневрологічного обстеження.

Рис. 1. Схема етапів обстеження.

На I-му етапі обстеження визначалися: рівень образної («Тест Торренса» [Богоявленская Д. Б., 2002]) і вербальної креативності («Тест Гілфорда» [Богоявленская Д. Б., 2002]), когнітивні стилі: «Рефлексивність/імпульсивність» (методика «Схожі малюнки» [Jausovec N., Jausovec K., 2010]; «Ригідний-гнучкий пізнавальний контроль» (методика «Тест Струпа» [Бизюк А. П., 2005]; «Вузкий-широкий діапазон еквівалентності» (методика «Сортування об'єктів» [Кулютин Ю. Н., Сухобская Г. С., 1997]; «Полезалежність-полenezалежність» (методика «Включені фігури Готшильда») та рівень невербального інтелекту (методика «Тест Равенна» [Равен Дж. К. и др., 1997]).

Реєстрація електричної активності когнітивного мозку (ЕЕГ) проводилася в світло-звукоізолюваній екранованій кабіні лабораторії психофізіології кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Обстежуваний знаходився в положенні сидячи на відстані 1,5 м від монітора комп'ютера, на який подавався стимульний матеріал. ЕЕГ реєстрували монополярно від 19 відведень за міжнародною системою 10/20 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). В якості референтних використовувалися вушні електроди. Реєструвалися 60 с інтервали ЕЕГ. Під час проведення Фур'є-реалізації епоха аналізу складала 500 мс. Частота дискретизації аналогового сигналу становила 2 мс; вхідний опір для синфазного сигналу – більше 100 МОм. ЕЕГ-сигнал фільтрувався в діапазоні від 0,1 Гц до 50 Гц. Межі можливої відносної похибки під час вимірювання напруги та часових інтервалів електроенцефалографічних сигналів – $\pm 5\%$.

Для кожного відведення методом швидкого перетворення Фур'є були отримані значення потужності (мкВ^2) і когерентності біопотенціалів мозку в частотних діапазонах: Δ , θ , α_1 , α_2 , α_3 , β , γ . Визначення частотних меж здійснювалося на основі індивідуальної частоти α -ритму кожного обстежуваного [Klimesch W., 1999].

Для показників потужності та когерентності ЕЕГ були проведені: багатофакторний дисперсійний аналіз ANOVA/MANOVA, кластерний аналіз. Для виявлення парних зв'язків між окремими показниками був використаний метод рангової кореляції Спірмена. Під час аналізу багатофакторних залежностей використовувалися методи побудови та аналізу багатофакторних статистичних моделей. Значущість внутрішньогрупових відмінностей отриманих даних визначалася за допомогою t-критерію Стюдента (у випадку нормального розподілу), критерію Вілкоксона (у випадку ненормального розподілу); міжгрупових відмінностей – за допомогою t-критерію Стюдента і критерію Манна-Уїтні. В порівнянні функціональних станів обстеження та груп обстежуваних аналізу підлягали тільки значущі ($p \leq 0,05$) відмінності параметрів ЕЕГ; незначущі трактувалися як відсутність відмінностей. Статистична обробка і графічне оформлення отриманих даних здійснювалось з використанням програм «Microsoft Office Excel 2003», програмного пакету «Statistica-5,5», Statistica Neural Networks v.4.0 B (StatSoft Inc., 1996-1999), MedCalc v.14.12.0 (MedCalc SoftWare bvba, 1993-2014), Octave, «CorelDRAW X3».

Результати дослідження та їх обговорення

Статеві відмінності у показниках потужності та когерентності біопотенціалів кори головного мозку (ГМ): зв'язок з ефективністю розумової діяльності дивергентного типу. Для з'ясування загальних неокортикальних механізмів та особливостей електричної активності головного мозку в процесі творчого (дивергентного) мислення аналізувалися показники когерентності та потужності біопотенціалів з врахуванням факторів статі, рівнів невербального інтелекту та когнітивних стилів.

Встановлено, що зміни рівня просторової синхронізації біопотенціалів кори ГМ мали загальну спрямованість: різке зниження під час переходу від спокійного споглядання до етапу налаштування на розумову діяльність та різке збільшення під час переходу від налаштування до виконання завдання конвергентного типу та утримання цього рівня просторової синхронізації під час виконання завдання

дивергентного типу. Така картина просторової синхронізації біопотенціалів кори ГМ була характерною для всіх частотних діапазонів ЕЕГ.

В той же час порівняння груп обстежуваних показало, що ЕЕГ-відмінності, пов'язані з продуктивністю дивергентного мислення були більш виражені у чоловіків, ніж у жінок, і стосувалися в основному «довгих» зв'язків між лобовими, скроневими і тім'яними зонами ГМ. У чоловіків з низькою продуктивністю дивергентного мислення ці зв'язки були тіснішими, ніж в чоловіків з високою продуктивністю дивергентного мислення особливо в частотних діапазонах Δ , θ , β і γ (рис. 2).

Рис. 2. Відмінності ($p \leq 0,05$) когерентності біопотенціалів ЕЕГ під час виконання завдань конвергентного (К) і дивергентного (Д) типу у чоловіків з різним рівнем продуктивності дивергентного мислення. « \leftrightarrow » значення когерентності більші в чоловіків з низькою продуктивністю дивергентного мислення.

У жінок відмінності когерентності біопотенціалів, пов'язані з продуктивністю дивергентного мислення, були виявлені лише в деяких (α_2 , α_3 , β , γ) частотних діапазонах ЕЕГ і стосувалися переважно задньо-асоціативних ділянок неокортексту і/або правої півкулі. Звертає на себе увагу той факт, що в β - і γ -діапазонах ЕЕГ топографія взаємодії між окремими ділянками кори мала подібний характер: тісні зв'язки передньо-скроневої ділянки правої півкулі з переважно тім'яними, скроневими та потиличними ділянками обох півкуль (рис. 3).

Рис. 3. Відмінності ($p \leq 0,05$) когерентності біопотенціалів ЕЕГ під час виконання завдань конвергентного (К) і дивергентного (Д) типу у жінок. « \rightarrow » значення когерентності більші в жінок з високою продуктивністю дивергентного мислення.

Аналіз показників потужності біопотенціалів α -ритму в спокої з закритими та відкритими очима в обстежуваних з різною продуктивністю дивергентного мислення, показав, що існує стан готовності до сприйняття подразників, який забезпечує високу чи низьку продуктивність дивергентного мислення. Отримані нами результати виявили, що генералізована (або близька за характером) депресія α -ритму під час відкривання очей і спокійного споглядання характерна для осіб обох статей, які в процесі творчого мислення показували середній чи високий його результат. В той же час, менша активація кори (локальна, топографічно неспецифічна депресія альфа-ритму, особливо альфа1- та альфа-3-ритмів) в стані спокою з відкритими очима вказує на високу ймовірність прояву саме низької продуктивності дивергентного мислення в осіб обох статей.

Рівень та характер зміни когерентності біопотенціалів α_2 - і α_3 -діапазонів під час виконання дивергентного завдання був специфічним для груп різної статі та різних ступенів оригінальності, на відміну від загального зниження рівня просторової синхронізації у всіх обстежуваних під час виконання завдання

конвергентного типу. Так, зокрема, в групі чоловіків з оригінальними відповідями під час дивергентного мислення в $\alpha 2$ -діапазоні ЕЕГ спостерігалась інтеграція декількох ділянок кори ГМ: всіх ділянок лобової кори, яка відіграє головну роль в селекції інформації і підтриманні уваги до релевантної інформації [Savich I., 2014] та бере участь в контролі як утримання цілей діяльності, так і сприйняття інформації [Robinson D. L., 2001]; центральних, що відображують роботу акцептора результату дії [Швырков В. Б., 1993; Alexandrov Yu. I., Jarvilehto T., 1993]; скроневих, пов'язаних з вилученням інформації із пам'яті [Heilman K. M., Nadeau S. E., Beversdorf D. O., 2003]. Виявлене нами об'єднання цих ділянок кори ГМ у чоловіків в $\alpha 2$ -діапазоні, який згідно сучасних уявлень має відношення до функції підтримання уваги, створює оптимальні умови для процесу узгодження існуючих когнітивних схем з новою інформацією, а отже для прояву оригінальності у виконанні дивергентного завдання. В групі жінок, які пропонували стереотипні варіанти вирішення завдання, інтеграційні процеси охоплювали значно меншу кількість зон кори і були зосереджені в основному в лобових і центральних ділянках, що відповідно до характерних для них ментальних стратегій, навпаки, перешкоджає появі оригінального рішення, оскільки зосереджує їх на деталях поставленого завдання (рис. 4). Опитування жінок цієї групи показало, що переважна більшість із них витратила основні зусилля на аналіз змісту завдання і побудову логічного ланцюга між його «компонентами». Можливо, саме тому оригінальні рішення і не були запропоновані.

Рис. 4. Зміни просторової синхронізації біопотенціалів в $\alpha 2$ - і $\alpha 3$ -діапазоні ЕЕГ у жінок та чоловіків в стані спокою та під час виконання когнітивних завдань. Жін-ОрВ – жінки з оригінальними відповідями, Чол-ОрВ – чоловіки з оригінальними відповідями; Жін-СтВ – жінки із стереотипними відповідями; Чол-СтВ – чоловіки із стереотипними відповідями. I – стан спокою з відкритими очима порівняно зі станом спокою із закритими очима; II – виконання завдання конвергентного типу порівняно зі станом спокою з відкритими очима; III – виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу. «→» значення когерентності більші в першому із порівнюваних станів, «---» – менші ($p \leq 0,05$).

Звертає на себе увагу тісна взаємодія центральних ділянок кори головного мозку з бічною лобовою ділянкою лівої півкулі в $\alpha 3$ -діапазоні ЕЕГ у чоловіків, які запропонували стереотипні відповіді й у жінок, які запропонували оригінальні варіанти рішення завдання. На наш погляд, це можна трактувати як ефективну роботу акцептора результату дії функціональної системи, спрямованої на виконання завдання дивергентного типу [Швырков В. Б., 1993; Alexandrov Yu. I., Jarvilehto T., 1993]. Як показали результати опитування, учасники обстеження цих двох груп виконували завдання на основі очевидних рішень. У чоловіків очевидні рішення – це ті, які навіть не потребують співставлення з існуючими енграмами (співставляються тільки з акцептором результату дії). За таких умов не виникає потреби концентрувати увагу на інших варіантах рішеннях, тому і не продукуються оригінальні варіанти рішення завдання. У жінок очевидні рішення не зазнають критичного відбору й, таким чином,

не відкидаються ті варіанти, які, наприклад, з точки зору жінок є важкими для реалізації (а такі, як правило, і є оригінальними). Варто зауважити, що подібність ЕЕГ-показників в групах осіб, протилежних за статтю і рівнем креативності, були отримані в дослідженнях Вольф Н. В. та співав. [2009], а в групах, протилежних за статтю та доміантною рукою, Качинською Т. В. [2010].

Таким чином, виходячи з наших даних, можна зробити висновок про те, що особливості активаційного забезпечення дивергентного мислення пов'язані зі стратегією досягнення результату. Чоловіки, вирішуючи завдання з множинними розв'язками, не враховують можливість та доцільність реалізації запропонованих варіантів вирішення проблемної ситуації, а орієнтуються на свої внутрішньо закріплені «ментальні схеми» і на їхній основі виконують нові завдання. Але у одних обстежуваних чоловічої статі така стратегія породжує оригінальний ментальний продукт, а в других – стереотипний. На нашу думку, це пов'язано з тим наскільки ефективно наявні знання залучаються в створення нового інтелектуального продукту. Підтвердженням нашого припущення як раз і може бути картина просторової синхронізації, отримана в даному дослідженні в межах $\alpha 2$ - і $\alpha 3$ -діапазонів під час виконання завдання дивергентного типу. Непрямим підтвердженням нашого положення про те, що оригінальність мислення у чоловіків зумовлена стратегією «вбудовування» своїх знань в нову когнітивну задачу, можуть бути відповіді обстежуваних. Наприклад, студент П., який навчався на географічному факультеті запропонував використати морські течії; студент П-й, 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.

Інтегральні показники взаємодії передньо- і задньо-асоціативних ділянок кори головного мозку обстежуваних з різною продуктивністю дивергентного мислення. Обчислювалися інтегральні коефіцієнти когерентності (КК) біопотенцілів в різних діапазонах ЕЕГ для зв'язків трьох типів – в межах передніх ділянок кори (ПАЗ – передньоасоціативні зони), в межах задніх ділянок кори (ЗАЗ – задньоасоціативні зони) та для зв'язків між передніми і задніми ділянками та вираховувалися коефіцієнти взаємодії (КВ) вказаних зон. Для розрахунку інтегрального КВ в межах ПАЗ (КВ_{ПАЗ}) використовували значення КК для всіх можливих пар відведень Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8 та Fz (21 значення). Аналогічно для такого ж розрахунку КВ_{ЗАЗ} брали до уваги 66 величин КК для всіх пар відведень С3, С4, Сz, Т3, Т4, Т5, Т6, Р3, Р4, Рz, О1 та О2. Для оцінки КВ ПАЗ та ЗАЗ використовували 85 значень в КК для всіх пар відведень. На основі цих значень розраховували три величини в загальних КВ (КВ1, КВ2, КВ3), використовуючи такі формули:

$$KB1 = \frac{\sum \text{КОГ для передньоасоціативних ділянок}}{\sum \text{КОГ для зв'язків між передньо- і задньоасоціативними ділянками}}$$

$$KB2 = \frac{\sum \text{КОГ для передньоасоціативних ділянок}}{\sum \text{КОГ для задньоасоціативних ділянок}}$$

$$KB3 = \frac{\sum \text{КОГ для зв'язків між передньо- і задньоасоціативними ділянками}}{\sum \text{КОГ для задньоасоціативних ділянок}}$$

Такі розрахунки проводили окремо для груп жінок та чоловіків із низькими та високими показниками дивергентного мислення.

Отримані нами результати дозволяють зробити висновок, що розраховані для стану спокою з закритими і відкритими очима KB1–KB3, не виявили достовірних кореляцій з показниками продуктивності творчого мислення. У той же час значення KB, розраховані для періодів інтелектуальної діяльності різних типів в обстежуваних із різним рівнем продуктивності дивергентного мислення, продемонстрували певну специфіку, але тільки в обстежуваних чоловічої статі. Аналіз патернів коефіцієнтів взаємодії передніх і задніх ділянок кори великих півкуль, визначених у процесі виконання конвергентних і дивергентних завдань, свідчить, що у чоловіків із високою продуктивністю дивергентного мислення спостерігаються більші KB1 практично в усіх частотних діапазонах ЕЕГ; більші KB2 – для порівняно низькочастотних ритмів (Δ , θ , α_1 , α_2) та менші KB3 – для високочастотних діапазонів (β та γ). Дані особливості значною мірою інваріантні щодо когнітивних завдань конвергентного та дивергентного типу, які вимагають залучення різних ментальних стратегій. При цьому така закономірність була характерною виключно для обстежуваних чоловічої статі, тобто даний аспект виявив дуже чітку гендерну специфіку. Однак той факт, що KB виявили значущу кореляцію з показниками продуктивності саме дивергентного мислення дає нам підстави вважати, що у чоловіків інтегральні патерни когерентності для «передньоасоціативних», «задньоасоціативних» та міжзональних зв'язків можуть розглядатися як певні кореляти високої або низької продуктивності творчого мислення. У жінок подібних особливостей згаданих патернів не спостерігається.

Процеси локальної і просторової ЕЕГ- синхронізації у чоловіків і жінок з різним рівнем інтелекту (IQ). Найбільш інформативними стосовно рівня інтелекту і статі обстежуваних були зміни потужності біопотенціалів α_2 -діапазону ЕЕГ. Згідно сучасних уявлень α_2 -діапазон ЕЕГ пов'язують з функцією підтримання уваги [Khemplani S. S., Mackiewicz R., Bucciarelli M., Johnson-Laird P., 2013]. Нами, зокрема, встановлено, що у чоловіків з низьким IQ потужність біопотенціалів α_2 -ритму в стані спокою була вищою ($p \leq 0,05$), ніж у обстежуваних з високим IQ. Це можна трактувати, як меншу готовність до сприйняття інформації, яка під час відкривання очей «компенсувалася» більше вираженою депресією α_2 -ритму (рис. 5).

Рис. 5. Особливості взаємодії факторів «експериментальна ситуація (ЕС)-стать-рівень інтелекту» для потужності біопотенціалів в альфа-2-діапазоні ЕЕГ. «—» високий IQ, «---» низький IQ.

Що ж стосується топографічних особливостей депресії біопотенціалів α_2 -ритму, то в групі чоловіків з низьким IQ вона мала генералізований характер і проявлялася в усіх відведеннях за винятком передніх лобових ділянок і задньо-

скроневої ділянки правої півкулі. В групі чоловіків з високим IQ – зміни досягали статистичної значущості лише в окремих зонах ГМ – тім'яних ділянках обох півкуль та передньо- і задньо-скроневиx ділянках правої півкулі (рис. 6).

Рис. 6. Зміни процесів локальної синхронізації біопотенціалів в $\alpha 2$ -діапазоні ЕЕГ в осіб з різним рівнем інтелекту. I – стан спокою з відкритими очима порівняно зі станом спокою із закритими очима; II – виконання завдання конвергентного типу порівняно зі станом спокою з відкритими очима; III – виконання завдання дивергентного типу порівняно зі станом спокою з відкритими очима; IV – виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу. Δ/∇ зростання/зниження ($p \leq 0,05$) потужності біопотенціалів.

У жінок з низьким IQ зменшення потужності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму спостерігалось тільки у задніх і бічних лобових та центральних ділянках кори ГМ. У жінок з високим IQ зниження потужності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму мало генералізований характер. ЕЕГ-особливості жінок з низьким IQ на етапі переходу від конвергентного до дивергентного завдання характеризувалися зростанням потужності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму практично в усіх відведеннях, яке, однак, не досягало рівня статистичної значущості. У жінок з високим IQ на цьому етапі обстеження спостерігалось статистично значуще ($p < 0,05$) зростання потужності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму в центральних тім'яних і потиличних ділянках кори ГМ (див. рис. 6).

Звертає на себе увагу той факт, що і характер, і топографія прояву депресії біопотенціалів $\alpha 2$ - ритму були однаковими у «протилежних» групах – у чоловіків з низьким IQ й у жінок з високим IQ (така подібність була також описана нами для показників оригінальності). Крім цього, для обстежуваних з високим рівнем інтелекту, незалежно від статі, було характерним зростання потужності α -коливаль в тім'яних і потиличних ділянках. Треба зазначити, що згідно сучасних уявлень, тім'яні ділянки відносяться до неокортикальних систем уваги [F. Hager, H. P. Volz, C. Caser et al., 1998], а потиличні забезпечують сприйняття зорової інформації та пов'язані з функціями уваги [Gandhi S. P., 2001]. Враховуючи роль $\alpha 2$ -ритму в механізмах підтримуючої уваги [Klimesch W., 1999] та те, що зростання потужності біопотенціалів α -ритму пов'язують з переважанням процесів концентрації на внутрішніх ментальних схемах [Knyazev G. G., 2007], можна припустити, що ці дві групи обстежуваних орієнтовані на внутрішні ментальні схеми.

Що ж стосується просторової синхронізації біопотенціалів в α -діапазонах, то не дивлячись на їх виражену динаміку, варто виділити дві особливості. Перша стосувалася групи жінок з високим рівнем інтелекту. Саме для обстежуваних цієї групи характерним було зростання рівня просторової синхронізації біопотенціалів α -діапазонів під час виконання дивергентного завдання порівняно з конвергентним (рис. 7).

Рис. 7. Зміни показників потужності і когерентності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму ЕЕГ під час виконання дивергентного завдання порівняно з конвергентним в групі жінок з високим рівнем інтелекту. « \rightarrow » більше ($p \leq 0,05$) значення когерентності в першому із порівнюваних станів. \blacktriangle – зростання ($p \leq 0,05$) потужності біопотенціалів.

Крім цього, звертає на себе увагу ще одна особливість, виявлена нами у обстежуваних жіночої статі в процесі аналізу динаміки показників потужності і когерентності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму під час виконання дивергентного завдання порівняно з конвергентним. Чітко виділилися дві зони кори ГМ з характерною динамікою обстежуваних показників: передня (лобово-центральна) і задня (тім'яно-потилична). Можна припустити, що жінки з високим рівнем інтелекту, вирішуючи творчі завдання, орієнтуються на свої внутрішні ментальні схеми, іншими словами – на свій ментальний досвід (зростання потужності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму в тім'яно-потиличних ділянках) і здійснюють активний контроль і звірку генерованих варіантів відповідей (зростання когерентності біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму в лобово-центрально-задніх відведеннях).

Загалом же можна сказати, що оскільки групи практично не відрізнялися за показниками продуктивності дивергентного мислення, то виявленні ЕЕГ-особливості зумовлені саме рівнем інтелекту і статтю обстежуваних.

Просторова синхронізація альфа-активності ГМ в обстежуваних з аналітичним і синтетичним когнітивним стилями в процесі виконання завдань конвергентного і дивергентного типу. Вивчення нейродинаміки функціональної активності ГМ обстежуваних в частотному α -діапазоні ЕЕГ виявило наступне: виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу в групі чоловіків із змішаним когнітивним стилем характеризувалося збільшенням ($p \leq 0,05$) рівня просторової міжпівкулевої синхронізації біопотенціалів у лобових ділянках кори ГМ, в той час як у чоловіків із синтетичним когнітивним стилем – і в лобових і між лобовими і передньо-скроневими, центральними і тім'яними зонами кори ГМ (рис. 8).

Рис. 8. Зміни просторової синхронізації біопотенціалів $\alpha 2$ -ритму ЕЕГ під час виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу у чоловіків і жінок. А – обстежувані з аналітичним когнітивним стилем, З – обстежувані із змішаним когнітивним стилем, С – обстежувані з синтетичним когнітивним стилем. « \rightarrow » – значення когерентності більші в першому із порівнюваних станів, « \leftarrow » – менші ($p \leq 0,05$).

Важливо, що виявлена особливість проявилася в усіх трьох діапазонах α -ритму. Виходячи із сучасних уявлень, ми вважаємо, що це вказує саме на різні механізми підтримання уваги і оперування інформацією в робочій пам'яті в обстежуваних з різними когнітивними стилями.

Крім цього, було встановлено, що наведені вище ЕЕГ-особливості пов'язані з продуктивністю виконання завдання дивергентного типу. Саме в групі чоловіків із змішаним когнітивним стилем було найбільше процентне співвідношення осіб з високою продуктивністю. Серед «чоловіків-синтетиків» була виявлена приблизно однакова кількість обстежуваних з високою, середньою і низькою продуктивністю дивергентного мислення. В групі чоловіків з аналітичним когнітивним стилем взагалі не було зафіксовано випадків низької продуктивності, а

кількість осіб з високою і середньою продуктивністю суттєво не відрізнялася. Застосування кореляційного аналізу виявило, що висока продуктивність дивергентного мислення позитивно корелювала з мірою прояву аналітичності саме в осіб чоловічої статі. Якщо врахувати той факт, що групи «аналітиків» (чоловіків і жінок) характеризувалися найменш вираженою динамікою коефіцієнтів когерентності біопотенціалів α -діапазонів під час переходу від виконання завдання конвергентного типу до виконання завдання дивергентного типу, то можна припустити, що у них оптимальний рівень взаємодії ділянок кори ГМ формувався вже на етапі виконання завдання конвергентного типу. Що ж стосується групи чоловіків із змішаним когнітивним стилем, то топографія зв'язків, які посилюються під час виконання завдання дивергентного типу, виходячи із сучасних уявлень про функціональну роль лобових ділянок кори ГМ, свідчить, в першу чергу, про залучення когнітивних механізмів, пов'язаних з оперативною пам'яттю та плануванням дій [Strough J., 2014; 431], а також з селекцією варіантів вирішення і прийняття рішення [Бехтерева Н. П., Старченко М. Г., Ключарев В. А. и др., 2000]. Тобто, у нашому випадку, посилення зв'язків передньоасоціативних ділянок кори ГМ можна оцінювати як переорієнтацію мозкової діяльності з обробки зовнішніх стимулів на внутрішні суб'єктивні процеси. В той же час посилення взаємодії передньо- і задньоасоціативних систем, виявлене під час виконання дивергентного завдання в групі чоловіків з синтетичним когнітивним стилем можна вважати свідченням додаткової обробки інформації, яка забезпечує більш детальний аналіз і виділення найбільш значимих параметрів зовнішньої інформації для подальшого її переведення в робочу пам'ять та вбудовування в систему внутрішніх ідеальних уявлень [Petsche H., Etlinger S. C., 1998]. По суті, мова йде про різні нейрофізіологічні механізми забезпечення, так званої, «чоловічої», імпульсивно-глобальної стратегії вирішення інтелектуальних завдань [Klimesch W., 1999; McGivern R. F., Huston J. P., Byrd D. et al., 1997; Meyer-Levy J., 1998], яка базується на пошуку готових схем в пам'яті та загальній оцінці можливості її використання для вирішення даного інтелектуального завдання. Враховуючи показники продуктивності дивергентного мислення, можна говорити, що нейрофізіологічні механізми забезпечення дивергентного мислення у чоловіків із змішаним когнітивним стилем виявилися більш оптимальними до виконуваної інтелектуальної діяльності.

Що ж стосується жінок, то їм, очевидно, притаманні більш різноманітні інтелектуальні стратегії, які не пов'язані саме з проявом аналітичності/синтетичності і, в свою чергу, забезпечуються більш різноманітними, ніж у чоловіків, неокортикальними механізмами, які не знаходять такого чіткого відображення в рівні і характері внутрішньокоркової взаємодії, оцінюваної за показниками когерентності біопотенціалів кори ГМ. До подібних висновків у своїх дослідженнях прийшли й інші автори [Вольф Н. В., 2000; Разумникова О. М., 2005; Razumnikova O. M., 2004; Halpern D. F., 2000; Welsh T., Elliott D., 2001].

Полезалежний/полenezалежний когнітивний стиль обстежуваних та його прояв у показниках ЕЕГ в процесі дивергентного мислення. Полезалежність/полenezалежність входить до групи когнітивних стилів, які складають основу феноменології стильового підходу. У вузькому розумінні слова – це здатність виділяти просту деталь у складній фігурі. Тобто, в широкому значенні – це показник рівня психологічної диференціації, а, отже, і характеру пізнавальної спрямованості суб'єкта [Разумникова О. М., Вольф Н. В., 2011]. Такі особливості когнітивної сфери обстежуваних знайшли відображення в неокортикальному механізмі реалізації творчого мислення саме в діапазоні Δ -активності ЕЕГ (рис. 9).

Рис. 9. Зміни потужності біопотенціалів в Δ -діапазоні ЕЕГ в обстежуваних з полезалежним (ПЗ) і полenezалежним (ПНЗ) когнітивним стилем. Δ/∇ зростання/зниження ($p \leq 0,05$) потужності біопотенціалів діапазону.

Враховуючи те, що загальноприйнятих уявлень про функціональне значення динаміки Δ -активності в процесі інтелектуальної діяльності немає, можна припустити, що в нашому випадку збільшення потужності коливань Δ -діапазону в процесі дивергентного мислення може бути проявом підвищення мотиваційного компоненту, який деякі автори [Князев Г. Г., 2003] пов'язують із зростанням потужності біопотенціалів даного ЕЕГ-діапазону. Очевидно, саме більша внутрішня мотивація на досягнення успіху в полезалежних чоловіків забезпечувала більшу продуктивність їхнього мислення порівняно з полenezалежними чоловіками. У жінок статистично значущі відмінності були поодинокими, що не дало можливості виявити особливості локальної синхронізації біопотенціалів Δ -діапазону, пов'язані з полезалежністю/полenezалежністю.

Особливості електричної активності кори головного мозку в чоловіків і жінок з імпульсивним та рефлексивним когнітивними стилями. В основі когнітивного стилю «імпульсивність-рефлексивність» лежить здатність індивіда швидко чи повільно приймати рішення. Найбільш суттєві ЕЕГ-відмінності під час виконання завдання дивергентного типу, пов'язані з цим когнітивним стилем, були отримані нами для показників когерентності біопотенціалів мозку Δ -, θ -, β -, γ -частотних діапазонах (рис. 10).

Рис. 10. Відмінності когерентності біопотенціалів ЕЕГ в обстежуваних з імпульсивним і рефлексивним когнітивним стилем. Суцільною лінією позначені зв'язки, які більші ($p < 0,05$) в обстежуваних з імпульсивним когнітивним стилем; пунктирною – з рефлексивним. Ч – чоловіки, Ж – жінки. 1 – спокій із закритими очима, 2 – спокій з відкритими очима, 3 – спокій з відкритими очима з налаштуванням на розумову діяльність, 4 – виконання завдання конвергентного типу, 5 – виконання завдання дивергентного типу.

Так, зокрема, встановлено, що в рефлексивних чоловіків під час виконання дивергентного завдання рівень просторової синхронізації був більшим, ніж в імпульсивних чоловіків в Δ -, θ -, β - і γ - частотних діапазонах. Причому досягалося це в основному за рахунок більш тісних дистантних зв'язків між лобовими, потиличними, скроневиими і тім'яними ділянками кори ГМ.

Процеси локальної та просторової синхронізації ЕЕГ під час дивергентного мислення в обстежуваних з гнучким/ригідним когнітивним стилем. Гнучкий/ригідний пізнавальний контроль – це когнітивний стиль, який характеризує міру суб'єктивної складності під час зміни способів діяльності: ригідний контроль свідчить про неможливість швидкого переключення з однієї пізнавальної функції на другу в зв'язку з низьким ступенем їх автоматизації, гнучкий – про відносну легкість такого переключення в силу високої їх автоматизації [Gardner et al., 1959; Broverman, 1960].

Нами було відмічено ряд особливостей, як просторової, так і локальної синхронізації біопотенціалів, пов'язані з проявом гнучкості/ригідності пізнавальних процесів, які різною мірою проявилися у чоловіків і жінок. Так, зокрема, у жінок найбільш цікавим були взаємодії правопівкулевих скронево-потиличних ділянок ГМ в α -діапазоні під час дивергентного мислення. У жінок з гнучким когнітивним стилем взаємодія цих ділянок була більшою, ніж в осіб з ригідним когнітивним стилем (рис. 11). Під час виконання завдання конвергентного типу відмінності показників когерентності біопотенціалів між групами жінок з гнучким і ригідним когнітивними стилями не досягала рівня статистичної значущості ні в одному із діапазонів ЕЕГ.

Рис. 11. Топографія дистантних взаємодій ділянок кори головного мозку в α -діапазоні ЕЕГ у жінок під час виконання завдання дивергентного типу. « \rightarrow » – значення когерентності більші ($p \leq 0,05$) в осіб з гнучким когнітивним стилем, ніж в осіб з ригідним когнітивним стилем.

На відміну від цього, у чоловіків нами було виявлено значно більше ЕЕГ-ефектів, пов'язаних з когнітивним стилем. Зокрема, в осіб з гнучким і ригідним когнітивним стилем по-різному проявлявся ефект зниження рівня просторової синхронізації біопотенціалів під час розумової діяльності: у «гнучких» під час виконання конвергентного завдання, у «ригідних» – дивергентного (рис. 12).

Рис. 12. Топокарти зміни дистантної синхронізації коливань в межах діапазонів α -ритму ЕЕГ під час виконання завдання конвергентного (К) і дивергентного (Д) типу порівняно зі станом спокою з відкритими очима у чоловіків. ГКС – група з гнучким когнітивним стилем; РКС – група з ригідним когнітивним стилем. « \rightarrow » – значення когерентності більші в першому із порівнюваних станів, « \leftarrow » – менші ($p \leq 0,05$).

Крім того у чоловіків під час виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу нами було виявлене збільшення взаємодії передньо-асоціативних ділянок кори ГМ в осіб з гнучким когнітивним стилем (рис. 13).

Рис. 13. Топокарти змін когерентності біопотенціалів α -діапазону ЕЕГ в осіб з гнучким (ГКС) і ригідним (РКС) когнітивним стилем під час виконання дивергентного завдання порівняно з виконанням конвергентного завдання. « \rightarrow » – значення когерентності більші в першому із порівнюваних станів, « \leftarrow » – менші ($p \leq 0,05$).

Треба зазначити, що під час виконання дивергентного завдання у чоловіків з гнучким когнітивним стилем спостерігалось збільшення когерентних зв'язків в

$\alpha 3$ -діапазоні, між лобовими ділянками з акцентом на лівій півкулі, в той час як у чоловіків з ригідним когнітивним стилем – зменшення когерентних зв'язків в $\alpha 3$ -діапазоні задніх відділах переважно правої півкулі. Крім того, в осіб з гнучким когнітивним стилем було виявлено зниження активації задніх відділів правої півкулі ГМ, яке проявлялося у збільшенні потужності біопотенціалів $\alpha 3$ -діапазону (рис. 14).

Рис. 14. Топокарти зміни показників когерентності і потужності біопотенціалів $\alpha 3$ -ритму ЕЕГ у чоловіків з гнучким (ГКС) і ригідним (РКС) когнітивним стилем під час виконання завдання дивергентного типу порівняно з виконанням завдання конвергентного типу. « \blackrightarrow » значення когерентності більші в першому із порівнюваних станів, « \blackleftarrow » менші ($p \leq 0,05$); \blacktriangle / \blacktriangledown зростання/зниження ($p \leq 0,05$) потужності ЕЕГ-коливань діапазону.

Виявлені особливості когерентності та потужності біопотенціалів $\alpha 3$ -діапазону, на нашу думку, пов'язані із забезпеченням «чоловічої» стратегії – переважанням активності лобових ділянок, орієнтованих на полегшення селекції інформації та її семантичну обробку. Але ця мета, судячи з результатів наших досліджень, досягалася різними шляхами в групах з різними когнітивними стилями: у чоловіків з гнучким когнітивним стилем за рахунок посилення дистантної взаємодії лобових і центральних ділянок кори ГМ, в той час як у чоловіків з ригідним когнітивним стилем – за рахунок послаблення внутрішньої взаємодії задніх відділів неокортексу.

Також було встановлено, що динаміка локальної і просторової синхронізації біопотенціалів α -діапазону в групі ригідних чоловіків відрізнялася від такої, яка спостерігалася в трьох інших (за когнітивними стилями) групах. Ці особливості ми схильні пов'язувати з результативністю дивергентного мислення. Саме в групі ригідних чоловіків була відмічена найвища результативність (продуктивність та оригінальність) дивергентного мислення.

Якщо врахувати, що характерними особливостями групи «ригідних чоловіків» були: найменша потужність біопотенціалів $\alpha 2$ - і $\alpha 3$ -діапазонів в стані спокою з закритими очима (тобто більш високий вихідний рівень активації), найменш виражена динаміка потужності біопотенціалів і поступове зменшення рівня когерентності біопотенціалів протягом обстеження, то можна припустити, що виконання дивергентного завдання було для них просто «зручною» (мається на увазі для притаманного їм когнітивному стилю) розумовою діяльністю.

Математична нейромережева модель визначення рівня креативності людей молодого віку. Застосовані методи аналізу не дозволили встановити однозначності у зв'язках рівня креативності з вимірюваними показниками електричної активності кори ГМ. Тому для виявлення сукупності факторів, пов'язаних з рівнем креативності осіб чоловічої та жіночої статі був використаний метод побудови та аналізу багатфакторних моделей класифікації, зокрема, нейромережеве моделювання. Особливості цього методу дають можливість

найбільш ефективно вирішувати низку біологічних і медичних проблем. Зокрема, нейромережеві моделі не потребують формулювання будь-яких правил для прийняття рішення, бо навчаються на прикладах. Вони мають здатність до узагальнення, що особливо актуально у випадку аналізу ЕЕГ-даних. Нейромережеві моделі володіють здатністю до абстрагування (здатністю виділяти ідеальне із недосконалих входів).

Весь проведений раніше аналіз отриманих результатів дав можливість виділити цілу низку показників, які можна було б застосувати як факторні ознаки для побудови нейромережевої моделі. В результаті проведених розрахунків нами було встановлено, що ймовірність високого рівня креативності пов'язана із швидкістю прийняття рішення; значенням коефіцієнта когерентності між префронтальною та потиличною ділянками лівої півкулі (Fp1–O1) в $\alpha 2$ -діапазоні; фокусом взаємодії в задньо-скроневої ділянці правої півкулі (T6) в Δ -діапазоні та фокусом взаємодії в тім'яній ділянці правої півкулі (P4) в β -діапазоні. На основі цих факторних ознак було побудовано лінійну нейромережеву модель прогнозування, яка дозволяє ефективно оцінювати ймовірність високого рівня креативності. Встановлено, що із збільшенням коефіцієнта когерентності в $\alpha 2$ -діапазоні між передньою лобовою і потиличною ділянками в лівій півкулі ймовірність високого рівня креативності зменшується ($p=0,004$) на кожну одиницю зміни коефіцієнта, із збільшенням коефіцієнта фокусу взаємодії в Δ -діапазоні в задньо-скроневої ділянці правої півкулі ймовірність високого рівня креативності зростає ($p=0,003$) на кожну одиницю зміни коефіцієнта, із збільшенням коефіцієнта фокусу взаємодії в β -діапазоні в тім'яній ділянці правої півкулі ймовірність високого рівня креативності зростає ($p=0,044$) на кожну одиницю зміни коефіцієнта.

Для практичного використання нейромережевої моделі була розроблена автоматизована система прогнозування рівня креативності (рис. 15).

Рис. 15. Інтерфейс автоматизованої системи прогнозування рівня креативності (побудовано на основі 4-х факторної нейромережевої моделі).

Одним із коефіцієнтів нейромережевої моделі був фокус взаємодії в тім'яній ділянці правої півкулі, сформований в β -діапазоні ЕЕГ. Николаєв А. Р., Іваницький Г. А., Іваницький А. М. [2000] вважають, що в фокусах взаємодії відбувається порівнювання і синтез різноманітної інформації та функціональне об'єднання «зацікавлених» ділянок кори. Важливість активності тім'яних ділянок для творчого мислення також була показана в ряді робіт. Адже саме ці ділянки відносяться до неокортикальної системи уваги [Negger R. et al., 1999; Posner M.I., 1990], орієнтовані на селекцію мультимодальних стимулів [Разумникова О. М., Ларина Е. Н., 2005; Posner M.I., 1990] та пов'язані з зорово-просторовими уявленнями й увагою [Gandhi S.P., 2001]. Як показали результати наших досліджень, у креативних осіб (рис. 16) важливу роль відіграють центрально-парієтальні ділянки кори ГМ.

Рис. 16. Фокуси взаємодії в β - і Δ -діапазоні. Позначені когерентні зв'язки ділянок кори головного мозку, які тісніші ($p \leq 0,05$) у досліджуваних з високим рівнем креативності.

Не дивлячись на те, що функціональне значення β -ритму під час розумової діяльності не до кінця зрозуміле, він оцінюється як індикатор багатьох когнітивних процесів. Зокрема, його пов'язують з процесами «диференційної» уваги, характерними для креативного мислення [Petsche H., 1996; Razumnikova O. M., 2000, 2004]. Зміни β -активності відмічають переважно у випадку складної розумової діяльності [Яковенко И. А. и др., 2015]. Те, що одним із коефіцієнтів побудованої нейромережевої моделі був фокус взаємодії в правій тім'яній ділянці кори ГМ в β -діапазоні, посилення якого корелювало із зростанням ймовірності високого рівня креативності, на нашу думку, свідчить про те, що селекція інформації відіграє вирішальну роль у пошуку множинних рішень поставленої в нашому обстеженні творчої задачі.

В той же час, за нашими даними, збільшення ймовірності високого рівня креативності корелювало зі зменшенням взаємозв'язку між лобовою і потиличною ділянками лівої півкулі головного мозку на частотах $\alpha 2$ -діапазону, який пов'язують з процесами довільної уваги [Данько С. Г. и др., 2013]. Очевидно, слабкий зв'язок префронтальної та потиличної ділянок лівої півкулі ГМ зменшує контролюючу і критико-ініціюючу функції і таким чином забезпечує ефективне дивергентне мислення. Мачинська Р. І. [2015] вважає, що функціональна спеціалізація префронтальних ділянок кори ГМ визначається їх зв'язками з центральними зонами, а також особливостями взаємодії з глибинними структурами мозку, такими як медіодорзальне ядро таламуса, гіпокамп і базальні ганглії. Окремі ділянки префронтальної кори і підкіркових структур утворюють функціональні об'єднання, які забезпечують різні аспекти керівних функцій мозку. Напевно, зниження такого контролю і «вивільняє» творчі потоки.

Деяко неочікуваним для нас стало формування фокусу взаємодії в правій задній скроневій ділянці в Δ -діапазоні ЕЕГ. В науковій літературі цей діапазон практично не згадується в контексті процесів електричної активності кори ГМ, які забезпечують творче мислення. Якщо врахувати, що повільні Δ -хвилі пов'язують з мотиваційним компонентом розумової діяльності, то можна припустити, що високий результат творчого мислення отримується саме за умов високої мотивації досягнення успіху [Князев Г. Г., 2003]. В даному випадку, очевидно, саме висока вмотивованість пошуку в пам'яті подібних задач дає можливість швидше знайти варіанти рішення поточного завдання. В літературі є дані [Martindale C., 2002], що для ефективного перебігу творчого процесу серед іншого важливою є активація багатьох ментальних репрезентацій. Цілком ймовірно, що така активація може бути пов'язана з Δ -активністю. Це узгоджується з даними літератури про посилення синхронізації електричної активності неокортексу в Δ -діапазоні на знайомі цільові стимули порівняно з незнайомими словами [Ребрейкина А. Б. и др., 2015] та посилення потужності біопотенціалів в Δ -діапазоні під час видобування із пам'яті емоційних образів [Афтанас Л. И. и др., 2003].

В ряді робіт показано, що попередній досвід може відігравати в творчому мисленні, як позитивну роль [Hayes N., 1989], виступаючи основою для переформування асоціативних елементів в нові комбінації, які адекватні до поставленого завдання, так і негативну [Вертгеймер М. 1987], призводячи до формування ригідності мислення (складність переключення мислення на нові способи і правила, деяка «в'язкість» мислення аж до повної нездатності суб'єкта змінити вибрану раніше програму діяльності). Як показали результати наших досліджень, попередній досвід є тією основою, яка дає можливість під час вирішення нових завдань використовувати ментальні репрезентації. Чим багатший попередній досвід, тим більш різноманітна інформація зберігається у пам'яті, тим більші можливості для ментальних репрезентацій.

На основі аналізу джерел літератури нами були відібрані такі характеристики особистості, які могли б мати відношення до високої продуктивності дивергентного мислення: рівень невербального інтелекту і чотири когнітивних стилі («Вузкий-широкий діапазон еквівалентності» «Полезалежний/полenezалежний», «Ригідний-гнучкий пізнавальний контроль», «Рефлексивність/імпульсивність»). Однак, проведений кореляційний аналіз виявив, що лише невелика кількість особистісних характеристик мала значущий зв'язок з показниками продуктивності дивергентного мислення. Значимі зв'язки у чоловіків і жінок були виявлені для різних особистісних характеристик. Так, зокрема, для жінок був значущим зв'язок креативності (продуктивності дивергентного мислення) з рівнем невербального інтелекту. У чоловіків креативність значуще ($p < 0,05$) корелювала з імпульсивністю та вузькістю-широкою діапазону еквівалентності. Однак, треба зауважити, що у випадку когнітивного стилю «Імпульсивність/рефлексивність», який визначається за двома показниками – час виконання завдання та точність виконання завдання, значущі кореляції були виявлені тільки для показника часу виконання завдання. Тобто можна говорити про те, що у чоловіків ймовірність високого результату дивергентного мислення залежить від швидкості прийняття рішення (рис. 17).

Загалом, проведений аналіз показав, що високо креативним особам властиві різні комбінації когнітивних стилів та рівнів невербального інтелекту. Але деякі із отриманих результатів дають підстави припустити, що висока продуктивність виконання завдань дивергентного типу більш ймовірна в тому випадку, коли обстежувані виконують адекватну до їхніх психофізіологічних особливостей діяльність. Варто зауважити, що якщо діяльність окремо взятої особи не є адекватною до певного, притаманного їй когнітивного стилю чи інших її особистісних характеристик, то це не означає, що вона не зможе досягнути високого результату у розумовій діяльності. Високий результат у творчому мисленні можливо досягати і в цьому випадку, але, очевидно, більш високою ціною – високими енергетичними затратами (за принципом надлишковості). Якщо діяльність адекватна до когнітивних стилів, то буде реалізовуватися «оптимальний» варіант нейрофізіологічного забезпечення цієї функції – з мінімальними енергозатратами.

Рис. 17. Статистично значущі ($p \leq 0,05$) кореляційні зв'язки між особистісними характеристиками обстежуваних та продуктивністю виконання конвергентного (А) і дивергентних (В, С) завдань. ВШДЕ – когнітивний стиль «Вузкий/широкий діапазон еквівалентності», ІР – когнітивний стиль «Імпульсивність-рефлексивність», ПЗ/ПНЗ – когнітивний стиль «Полезалежність-полenezележність», ІQ – рівень інтелекту.

Як показали результати проведених нами обстежень, чоловіки і жінки однаковою мірою можуть продукувати висококреативний інтелектуальний продукт. Однак, в осіб різної статі різні стратегії досягнення цього результату. В літературі [Бехтерева Н. П. и др., 200, 2001; Данько С. Г. и др., 2003; Дружинин В. Н., 2000; Пономерв Я. А., 1994; Разумникова О. М., 2002, 004, 2009; Старченко М. Г. и др., 2003] описані тільки дві стратегії виконання творчих (дивергентних) завдань: «інтелектуальна», яку ще називають «неінсайтною», «послідовною», або стратегією «осмислення і роздумів», та «інтуїтивна», яку ще називають «інсайтною», або «спонтанною». «Інтелектуальну» стратегію можна охарактеризувати як таку, що базується на широкому категоріальному мисленні та правильності прийняття рішення на основі критичного аналізу згенерованих варіантів розв'язку. «Інтуїтивній» же стратегії властиве прийняття рішення шляхом підсвідомої селекції інформації, а не логічного висновку, тобто прийняття рішення як творчого «освянення». Як показали результати опитування учасників нашого обстеження та аналіз динаміки електричної активності кори головного мозку в процесі виконання завдань дивергентного типу, стратегії творчого мислення мають досить чітку приуроченість до статі: жінкам більшою мірою притаманна «інтелектуальна» стратегія, а чоловікам – «інсайтна». Обидві стратегії включають використання ментальних репрезентацій, однак спосіб їх використання чоловіками і жінками – неоднаковий. Чоловіки досить довго шукають ментальні репрезентації, але швидко приймають рішення про вибір найбільш адекватних до поточної задачі, за рахунок їх симультанної оцінки. Жінки досить швидко знаходять потрібні ментальні репрезентації й на їх основі генерують нові варіанти за рахунок ретельного аналізу елементів задачі. Високий результат творчого мислення досягається в тому випадку, коли чоловіки прискорюють пошук ментальних репрезентацій, а жінки прискорюють аналіз елементів задачі. Прийняття рішення має важливу роль у досягненні високого результату виконання творчих завдань, про що і свідчив у нашому дослідженні фактор нейромережевої моделі «імпульсивність / рефлексивність».

На основі запропонованої математичної нейромережевої моделі прогнозування рівня креативності та аналізу результатів опитування обстежуваних нами була сформульована чотирьохкомпонентна концепція творчого мислення (рис. 18).

Рис. 18. Чотирьохкомпонентна концепція дивергентного (творчого) мислення.

Творче (дивергентне) мислення як процес реалізується за рахунок кориткальних нейромереж пам'яті, мотивації та критико-ініціюючого контролю.

Отримані нами результати показали, що неокортикальні механізми творчого мислення, як у чоловіків, так і жінок сформовані під модулюючим впливом комплексу факторів: когнітивного стилю, рівня інтелекту, стратегії мислення. Але не дивлячись на різні комбінації когнітивних стилів та різний рівень інтелекту високо креативний інтелектуальний продукт з'являється тоді, коли відбувається активація парієтальних (оперування образами) та темпоральних (пошук ментальних репрезентацій) зон кори ГМ на тлі зменшення рівня критико-ініціюючого впливу лівої фронтальної зони і лівої півкулі в цілому (зниження фронтально-окципітальної взаємодії).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено нове вирішення актуальної проблеми фізіології щодо визначення неокортикальних механізмів забезпечення дивергентного (творчого) мислення та прогнозування креативних здібностей людини. В результаті проведеного комплексного нейро- та психофізіологічного дослідження встановлено, що неокортикальні механізми забезпечення високого результату дивергентного мислення реалізуються шляхом посилення взаємодії темпорально-парієтальних ділянок неокртексту та зменшення впливу лівої півкулі (її критико-ініціюючої програми). Проте, треба зазначити, що модулюючі впливи на дані механізми зі сторони нейромереж забезпечення рівня інтелекту, когнітивного стилю та інтелектуальних стратегій мають достатньо виражену специфіку у чоловіків і жінок молодого віку.

1. Встановлені нейрофізіологічні закономірності неокортикальних механізмів забезпечення творчої діяльності чоловіків і жінок молодого віку, які реалізуються за рахунок кортикальних нейромереж пам'яті, мотивації та критико-ініціюючого контролю.
2. У чоловіків висока продуктивність дивергентного мислення корелює з підвищеною щільністю взаємодії нейронних мереж у передніх та задніх асоціативних ділянках кори і певною функціональною відособленістю цих ділянок одна від одної практично в усіх діапазонах ЕЕГ. У жінок висока продуктивність дивергентного мислення корелює з більш тісною міжпівкулевою взаємодією задньоасоціативних ділянок кори головного мозку: тім'яних і потиличних обох півкуль та передньо-скроневої ділянок в високочастотних ЕЕГ-діапазонах (бета та гамма).
3. У чоловіків оригінальні рішення продукуються в результаті узгодження існуючих ментальних репрезентацій з новою інформацією – про що свідчить інтеграція багатьох лобових, центральних і скроневих ділянок в альфа-2-діапазоні та формування фокусу взаємодії в лівій передньо-скроневої ділянці головного мозку в альфа-3-діапазоні ЕЕГ. Для жінок, порівняно з чоловіками, під час виконання як творчих, так і нетворчих завдань характерна більша індивідуальна варіабельність динаміки ЕЕГ-показників.
4. Локальна депресія альфа-ритму, особливо альфа-1- та альфа-3-ритмів, в стані спокою з відкритими очима вказує на низьку ймовірність досягнення високої

продуктивності дивергентного мислення в осіб обох статей. Генералізована (або близька за характером) депресія альфа-ритму під час відкривання очей характерна для осіб обох статей, які в процесі творчого мислення показували середній або високий його результат.

5. Неокортикальні механізми творчого мислення, як у чоловіків, так і в жінок знаходяться під модулюючим впливом комплексу факторів: когнітивного стилю, рівня інтелекту та використовуваної ментальної стратегії. Високий результат творчого мислення найбільш ймовірний за умови активного оперування образами (посилення когерентності біопотенціалів парієтальних зон кори головного мозку), пошуку ментальних репрезентацій (посилення когерентності біопотенціалів темпоральних зон кори головного мозку), швидкого прийняття рішення та низького рівня критико-ініціюючого впливу лівої півкулі (зниження когерентності біопотенціалів між фронтальною та окципітальною ділянками лівої півкулі).
6. Неокортикальні механізми реалізації дивергентного мислення у чоловіків і жінок з високим рівнем вербального інтелекту забезпечують реалізацію ментальних репрезентацій, про що свідчить зростання потужності біопотенціалів альфа-2-ритму в парієтальних та окципітальних ділянках обох півкуль. У жінок така неокориткальна система доповнюється залученням системи активного контролю та селекції ментальних репрезентацій (зростання когерентності біопотенціалів альфа-2-ритму в лобово-центральної ділянках кори головного мозку).
7. Висококreatивним особам властиві різні комбінації когнітивних стилів і рівнів невербального інтелекту. Проте, ймовірність досягнення високого результату творчого мислення у чоловіків найбільш пов'язана з високим проявом аналітичності та імпульсивності, в той час як у жінок – з високими значеннями рівня невербального інтелекту.
8. В результаті проведених електроенцефалографічних та психофізіологічних обстежень виявлено, що ймовірність прояву високого рівня креативності пов'язана із імпульсивністю та показниками когерентності біопотенціалів в альфа-2-діапазоні (зменшення дистантної взаємодії між передньою лобовою і потиличною ділянками в лівій півкулі), дельта-діапазоні (збільшенням рівня взаємодії задньо-скроневої ділянки правої півкулі) та бета-діапазоні (збільшенням рівня взаємодії тім'яної ділянки правої півкулі).
9. Доведено, що створена математична нейромережева модель дозволяє ефективно оцінювати рівень креативності за показниками електричної активності кори головного мозку та особистісними характеристиками чоловіків і жінок.

СПИСОК НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Козачук Н. О. Статеві особливості кореляційних зв'язків в діапазоні альфа-активності при виконанні творчих завдань різних типів / Н. О. Козачук // Науковий вісник ВДУ. – 2004. – №4. – С. 43–50.

2. Козачук Н. О. Відображення рівня інтелекту в рівні просторової синхронізації альфа-ритму в стані спокою / Н. О. Козачук // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки. – Луцьк. – 2007. – №5. – С. 25–28.
3. Коцан І. Я. Особливості просторової синхронізації альфа-ритму у жінок з різним рівнем інтелекту при виконанні завдань конвергентного типу / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, О. А. Журавльов // Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. – Черкаси. – 2007. – Вип. 105. – С. 38–42 *(Здобувачем особисто виконано весь обсяг експериментальних досліджень, проведено узагальнення й аналіз отриманих результатів та написання статті)*.
4. Коцан І. Я. Просторова організація тета-активності кори головного мозку при вербальному креативному мисленні залежно від фактора статі / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, О. А. Журавльов // Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. – Черкаси. – 2008. – Вип. 128. – С. 72–77 *(Здобувач проводила експериментальні дослідження, їй належить аналіз даних, підготовка статті до друку)*.
5. Коцан І. Я. Локальна синхронізація ЕЕГ при дивергентному мисленні залежно від фактора статі та рівня інтелекту / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. – Луцьк. – 2008. – №15. – С. 30–34 *(Здобувач опрацювала дані літератури, провела статистичну обробку й аналіз експериментальних даних, участь у написанні статті)*.
6. Коцан І. Я. Локальна синхронізація біопотенціалів кори головного мозку при дивергентному мисленні у чоловіків і жінок / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук // Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2009. – №2. – С. 63–68 *(Здобувач опрацювала дані літератури та власні результати, їй належить участь в їх аналізі та написанні статті)*.
7. Козачук Н. О. Локальна синхронізація електричної активності кори головного мозку залежно від особистісних характеристик і статі досліджуваних / Н. О. Козачук, Л. В. Кутрій // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія. – 2009. – Випуск 25. – С. 32–36 *(Здобувач опрацювала дані літератури, здійснювала планування експерименту, статистичну обробку отриманих результатів, їх аналіз та узагальнення, брала участь у написанні статті)*.
8. Коцан І. Я. Динаміка потужності альфа- і бета-ритмів ЕЕГ при конвергентному і дивергентному мисленні в осіб з різними когнітивними стилями / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. В. Кутрій // Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2009. – №24 (187). – С. 20–25 *(Здобувач проводила експериментальні дослідження, статистичну обробку експериментальних даних, їх узагальнення, брала участь у підготовці статті)*.
9. Коцан І. Я. Особливості когерентності альфа-активності, пов'язані з оригінальністю виконання дивергентного завдання / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Т. Я. Шевчук та ін. // Таврический медико-биологический

вестник. – 2009. – №3 (47). – Т. 12. – С. 94–97 *(Здобувачу належить ідея, опрацювання схеми експерименту, аналіз результатів, підготовка матеріалів до друку)*.

10. Коцан І. Я. Особливості потужності ЕЕГ у чоловіків з високими і низькими показниками оригінальності дивергентного мислення / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Т. Я. Шевчук та ін. // Таврический медико-біологічний вестник. – 2009. – №4 (48). – Т. 12. – С. 91–95 *(Здобувач виконала експериментальні дослідження, здійснила аналіз та узагальнення отриманих результатів, підготувала статтю до друку)*.
11. Козачук Н. О. ЕЕГ-кореляти високої продуктивності дивергентного мислення у чоловіків і жінок / Н. О. Козачук // Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природничі науки. – 2009. – №2. – С. 278–282.
12. Коцан І. Я. Просторова синхронізація тета-активності, пов'язана з оригінальністю виконання дивергентного завдання / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. В. Кутрій // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Харків ХДАДМ (ХХПІ), 2009. – №7. – С. 85–88 *(Здобувач здійснила підбір та аналіз джерел літератури, спланувала та виконала експериментальне дослідження, провела аналіз та узагальнення отриманих результатів, взяла участь у підготовці статті)*.
13. Коцан І. Я. Реактивність відносної потужності ЕЕГ під час дивергентного мислення у полезалежних і полenezалежних досліджуваних / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. В. Кутрій // Фізика живого. – 2009. – Том 17. – №2. – С. 169–173 *(Здобувачем особисто розроблено план дослідження, проведено його експериментальну частину, проведено узагальнення та аналіз отриманих результатів; участь у підготовці статті)*.
14. Коцан І. Я. Динаміка показників потужності електроенцефалограми в екстравертів та інтровертів залежно від ригідності/лабільності мислительних процесів / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, І. П. Кузнецов, Л. В. Кутрій // Нейронауки: теоретичні та клінічні аспекти. – Т. 5. – №1–2. – 2009. – С. 103–106 *(Здобувачем здійснено частину функціональних досліджень, проведено аналіз та узагальнення отриманих результатів, взято участь у написанні статті)*.
15. Козачук Н. О. Особливості потужності ЕЕГ при розумовій діяльності у полезалежних і полenezалежних досліджуваних / Н. О. Козачук // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Харків ХДАДМ (ХХПІ), 2009. – №9. – С. 60–62.
16. Коцан І. Я. Динаміка потужності ЕЕГ, пов'язана з оригінальністю рішення дивергентного завдання / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, І. П. Кузнецов, Л. В. Кутрій // Фізика живого. – 2010. – Том 18. – №3. – С. 75–77 *(Здобувач виконала експериментальні дослідження, здійснила аналіз та узагальнення отриманих результатів, підготувала статтю до друку)*.
17. Козачук Н. О. Особливості просторової синхронізації альфа-ритму в стані спокою у жінок з різним рівнем креативності / Н. О. Козачук // Науковий

- вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія. – 2010. – Випуск 27. – С. 173–175.
18. Коцан І. Я. Динаміка потужності ЕЕГ у чоловіків і жінок під час виконання комплексних завдань в умовах дефіциту часу / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, І. П. Кузнецов, Л. О. Шварц // Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. – Черкаси. – 2010. – Вип. 184. – С. 53–58 (*Здобувачу належить ідея, вона виконала експериментальну частину дослідження, провела статистичну обробку та аналіз отриманих результатів, взяла участь у підготовці статті*).
 19. Козачук Н. О. Динаміка потужності основних ритмів електроенцефалограми в чоловіків і жінок із різним рівнем інтелекту / Н. О. Козачук // Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. – Луцьк. – 2010. – № 12. – С. 19–24.
 20. Козачук Н. О. Динаміка потужності основних ритмів ЕЕГ у процесі конвергентного і дивергентного мислення у жінок із різним рівнем вербальної креативності / Н. О. Козачук // Таврический медико-биологический вестник. – 2010. – №4 (52). – Т. 13. – С. 83–87.
 21. Пат. 74445 Україна, МПКА61В 5/0452 (2006.01). Спосіб визначення креативності у чоловіків за показниками когерентності електроенцефалограми [Текст] / Коцан І. Я., Козачук Н. О., Кузнецов І. П. Заявник і патентовласник Волинський національний університет імені Лесі Українки. – №u201205021; заявл. 23.04.2012; опубл. 25.10.2012, Бюл. №20. – 5 с.
 22. Козачук Н. О. Стратегії дивергентного мислення чоловіків і жінок / Н. О. Козачук // Вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – 2013. – № 14. – С. 99–106.
 23. Пат. 86006 Україна, МПКА61В 5/0452 (2006.01). Спосіб оцінки нестационарності електроенцефалограми Заявник і патентовласник Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки [Текст] / Коцан І. Я., Кузнецов І. П., Козачук Н. О., Качинська Т. В. Заявник і патентовласник Волинський національний університет імені Лесі Українки. – №u201307142; заявл. 06.06.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. №23. – 4 с.
 24. Коцан І. Я. Характер альфа-активності мозку чоловіків і жінок за умов дивергентного мислення / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Т. І. Мамчич // Фізіологічний журнал. – 2014. – Т. 60. – №2. – С. 93–101 (*Здобувач опрацювала дані літератури, здійснила аналіз та узагальнення експериментальних даних, участь у написанні статті*).
 25. Коцан І. Я. Локальная и пространственная синхронизация альфа-активности испытуемых с аналитическим и синтетическим когнитивным стилем в процессе решения заданий конвергентного и дивергентного типа / И. Я. Коцан, Н. А. Козачук, А. И. Поручинский, Т. В. Качинская, А. П. Мотузюк // Журнал «Вісник МДУ імя А. А. Куляшова». – 2014. – № 1 (43). – Серія В. ПРЫРОДАЗНАЎЧЫЯ НАВУКІ (матэматыка, фізіка, біялогія). – С. 51–62 (*Здобувач виконала експериментальне дослідження,*

здійснила статистичну обробку та аналіз отриманих результатів, взяла участь у написанні статті).

26. Козачук Н. А. ЭЭГ-особенности дивергентного мышления людей с полезависимым/полenezависимым когнитивным стилем / Н. О. Козачук // Вестник Костанайского государственного педагогического института. – 2014. – №4(33). – С. 56–63.
27. Козачук Н. А. Локальная и пространственная синхронизация ЭЭГ при дивергентном мышлении у испытуемых с гибким/ригидным когнитивным стилем / Н. А. Козачук, А. И. Поручинский, Л. А. Шварц и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12573> (дата обращения: 01.04.2014) (электронный)
28. Козачук Н. А. Особенности пространственной синхронизации альфа-активности испытуемых с разными когнитивными стилями / Н. А. Козачук, И. П. Кузнецов, Л. А. Шварц и др. // Научный журнал «Региональный Вестник Востока». – 2014. – №1. – 192–202 *(Здобувачем особисто виконано весь обсяг експериментальних досліджень, проведено узагальнення й аналіз отриманих результатів та написання статті)*.
29. Kotsan I.Ya. EEG correlation dimension indices, related to general and creative tasks performance productivity level / I.Ya. Kotsan, N. A. Kozachuk, I. P. Kuznetsov // «European Applied Sciences». – 2014. – № 3. – P. 8–10 *(Здобувачем виконано весь обсяг експериментальних досліджень, проведено узагальнення й аналіз отриманих результатів, участь у написанні статті)*.
30. Kozachuk NA. Prediction of Creativity Level Based on Indicators of EEG With the use of Neural Network Models / N. Kozachuk, VG. Gurianov, TV. Kachynska, LO. Shvartz, AI. Poruchynskiy, OR. Dmytrotsa, OM. Abramchuk // RJPBCS. – 2015. – 6(6). – P. 88–93 *(Здобувачем особисто виконано весь обсяг експериментальних досліджень, проведено узагальнення й аналіз отриманих результатів та написання статті)*.
31. Козачук Н. О. Електрична активність кори головного мозку чоловіків і жінок в процесі дивергентного мислення [Текст] : монографія / Наталія Олександрівна Козачук. – Луцьк : Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, 2015. – 191 с.
32. Kuznetsov Ilya. EEG coherence depending on EEG power during rest state and cognitive task solving / Ilya Kuznetsov, Ihor Kotsan, Natalya Kozachuk // Neuroscience Letters. – Volume 500. – Supplement, July 2011. – Pages 35–36.
33. Коцан І. Я. Статеві відмінності альфа-активності при вирішенні завдань конвергентного і дивергентного типу / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. О. Шварц, О. А. Журавльов // IV Міжнародна наукова конференція «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології» присвячена 90-річчю від дня народження П. Г. Богача – Київ, 2008. – С. 108–109.
34. Коцан І. Я. Особливості потужності ЕЕГ у поле залежних і полenezалежних людей / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. В. Бурбан // Системна організація

- психофізіологічних і вегетативних функцій : Матеріали Міжнар. наук. конф. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2009. – С. 45.
35. Коцан І. Я. Динаміка потужності електроенцефалограми, пов'язана з оригінальністю дивергентного мислення / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. В. Кутрій, Л. В. Бурбан // Фізіологічний журнал. – Т. 56. – №2. – 2010. – С. 68–69.
 36. Коцан І. Я. Особливості потужності електричної активності кори головного мозку, пов'язані з гнучким/ригідним когнітивним стилем досліджуваних / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, Л. І. Гошко, Т. І. Мамчич // Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології, V Міжнар. наук. конф. (2010 ; Київ). V Міжнародна наукова конференція «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології», 6-8 жовт. 2010р.: [присвяч. 100-річчю від дня народження професора Павла Дмитровича Харченка та 65-річчю НДІ фізіології імені академіка Петра Богача : тези] / ред. кол.: Л. І. Остапченко [та ін.] – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010 – С. 99.
 37. Коцан І. Я. Використання функції автопорівняння для аналізу ЕЕГ в альфа-діапазоні / І. Я. Коцан, І. П. Кузнецов, Н. О. Козачук, Л. О. Шварц, Л. І. Гошко // V з'їзд українського біофізичного товариства : тези доповідей. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2011. – С. 75.
 38. Коцан І. Я. Аналіз особливостей альфа-2 піддіапазону ЕЕГ у осіб з різним когнітивним стилем на основі використання нейронних сіток / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, І. П. Кузнецов, С. Є. Швайко, Л. О. Шварц // V Конгрес Українського товариства нейронаук. Київ, 6-10 червня 2011. – С. 87.
 39. Коцан И. Я. Общие черты распределения показателей внутрикоркового взаимодействия в группах испытуемых, сформированных на основе учета двух и более факторов / И. Я. Коцан, А. Г. Моренко, Н. О. Козачук, Т. В. Качинская, И. П. Кузнецов // VII Сибирский съезд физиологов. Материалы съезда / Под. Ред Л. И. Афтанаса, В. А. Труфакина, В. Т. Марчука, И. П. Артюхова. – Красноярск, 2012. – С. 257–258.
 40. Козачук Н.О. Психофізіологічні особливості прояву креативності студентів / Н. О. Козачук, Т. В. Качинская, Т. В. Федотова, Л. І. Гошко // «Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі», присвячений 75-річчю з дня народження професора М. В. Макаренка. Матеріали Всеукраїнського наукового симпозиуму / За ред. д.б.н., проф. М. В. Макаренка. – Черкаси: ЧНУ ім. Богдана Хмельницького, 2012. – С. 35.
 41. Коцан І. Я. Стратегії та механізми досягнення високої результативності дивергентного мислення у чоловіків і жінок / І. Я. Коцан, І. П. Кузнецов, Н. О. Козачук, Л. І. Гошко // Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології: тези доп. VI Міжнар. наук. конф., присвяченої 170-річчю кафедри фізіології людини і тварин та 100-річчю школи електрофізіології Київського університету, Україна, Київ, 9–11 жовтня 2012 р. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2012 – С. 119.

42. Кузнецов И. П. Показатели корреляционной размерности ЭЭГ, связанные с полом и уровнем продуктивности выполнения творческих заданий / И. П. Кузнецов, Н. А. Козачук, С. Е. Швайко, Л. А. Шварц, Е. Р. Дмитроца, Т. В. Качинская // *Материалы XVI Международной конференции по нейрокибернетике. Том 1. Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2012. – С. 373–374.*
43. Козачук Н. А. Мощность альфа-активности коры головного мозга в состоянии покоя с открытыми и закрытыми глазами у людей с разной продуктивностью дивергентного мышления / Н. А. Козачук, С. Е. Швайко, Л. А. Шварц и др. // *Теория и практика современной науки [Текст] : материалы XII Международной научно-практической конференции, Том I, г. Москва, 29–30 декабря 2013 г. / Научн.-инф. издат. центр «Институт стратегических исследований» - Москва : Изд-во «Спецкнига», 2013. – С. 66–72. ISBN 978-5-91891-3482*
44. Коцан І. Я. Прогнозування рівня креативності за показниками електричної активності кори головного мозку / І. Я. Коцан, Ю. Є. Лях, Н. О. Козачук, В. Г. Гур'янов // *Матеріали VI з'їзду біофізичного товариства. – Луцьк: СНУ імені Лесі Українки, 2015. – С. 50–51.*

АНОТАЦІЯ

Козачук Н. О. Просторова організація електричної активності кори головного мозку при творчому мисленні у чоловіків і жінок з різними психофізіологічними особливостями. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.13 – фізіологія людини і тварин. – Київський національний університет імені Тараса Шевченка МОН України, Київ, 2016.

У дисертаційній роботі представлено нове вирішення актуальної проблеми фізіології – визначення неокортикальних механізмів забезпечення дивергентного (творчого) мислення та прогнозування креативних здібностей людей молодого віку чоловічої та жіночої статі. На основі аналізу показників електричної активності кори головного мозку людей молодого віку показано, що неокортикальні механізми творчого мислення, як у чоловіків, так і в жінок формуються під модулюючим впливом комплексу факторів: когнітивного стилю, рівня інтелекту та використовуваної ментальної стратегії. Високий результат творчого мислення найбільш ймовірний за умови активного оперування образами (активація парієтальних зон кори головного мозку), пошуку ментальних репрезентацій (активація темпоральних зон кори головного мозку), швидкого прийняття рішення та низького впливу критико-ініціюючої програми лівої півкулі (зниження зв'язку між фронтальною та окципітальною ділянками кори головного мозку). Створено математичну нейромережеву модель, яка дозволяє ефективно оцінювати рівень креативності за показниками електричної активності кори головного мозку та психофізіологічними характеристиками. Встановлено, що високо креативним

особам властиві різні комбінації когнітивних стилів з рівнями невербального інтелекту. Проте, ймовірність досягнення високого результату творчого мислення у чоловіків найбільш пов'язана з високим проявом аналітичності та імпульсивності, в той час як у жінок – з високими значеннями рівня невербального інтелекту.

Ключові слова: електрична активність кори головного мозку, когнітивні функції, синхронізація ЕЕГ, творче мислення, чоловіки, жінки, психофізіологічні характеристики.

АННОТАЦІЯ

Козачук Н. А. Пространственная организация электрической активности коры головного мозга при творческом мышлении у мужчин и женщин с разными психофизиологическими особенностями. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.00.13 – физиология человека и животных. – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко МОН Украины, Киев, 2016.

В диссертационной работе представлено новое решение актуальной проблемы физиологии – определение неокортикальных механизмов обеспечения дивергентного (творческого) мышления и прогнозирования креативных способностей людей молодого возраста мужского и женского пола. На основании анализа показателей мощности и когерентности электрической активности коры головного мозга показано, что неокортикальные механизмы творческого мышления, как у мужчин, так и у женщин, формируются под воздействием модулирующего влияния комплекса факторов: когнитивных стилей, уровня интеллекта и используемой ментальной стратегии. Высокий результат творческого мышления наиболее вероятен в условиях активного оперирования образами (активация париетальных зон неокортекса), поиска ментальных репрезентаций (активация темпоральных зон неокортекса), быстрого принятия решения и низкого уровня влияния критико-инициирующей программы левого полушария (снижение фронтально-окципитальной связи в левом полушарии коры головного мозга).

Показано, что процесс творческого мышления связан с особенностями внутрикорковых взаимодействий в дельта-диапазоне ЭЭГ, которые проявляются формированием правополушарного задне-височного фокуса когерентных связей.

Выделены электроэнцефалографические и психофизиологические критерии прогнозирования высокого уровня креативности и создано математическую нейросетевую модель такого прогнозирования. Для практического применения построенной нейросетевой модели создано компьютерную программу прогнозирования уровня креативности. Установлено, что вероятность высокого уровня креативности связана со скоростью принятия решения и значениями коэффициента когерентности между передней лобной и затылочной областями неокортекса в левом полушарии в частотном альфа-2-диапазоне ЭЭГ, фокусом взаимодействия в правой задне-височной области в частотном дельта-диапазоне и фокусом взаимодействия в правой теменной области в частотном бета-диапазоне.

Показано, что для достижения высокого результата творческого мышления женщины используют «интеллектуальную» стратегию, а мужчины – «инсайтную». Обе стратегии включают ментальные репрезентации, но способ их использования отличается у мужчин и женщин. Мужчины долго «ищут» ментальные репрезентации, но быстро принимают решение о выборе адекватных к поставленной задаче за счет их симультанной оценки. Женщины же, наоборот, достаточно быстро «находят» нужные ментальные репрезентации и на их основе генерируют варианты решения поставленной задачи, но потом их долго «отсеивают» за счет тщательного анализа элементов поставленной задачи. Вероятность достижения именно высокого результата творческого мышления повышается в том случае, когда мужчины ускоряют поиск ментальных репрезентаций, а женщины ограничивают анализ элементов задачи.

На основе анализа ЭЭГ-данных и психофизиологического обследования сформулировано новую концепцию механизма творческого мышления, согласно которой творческое мышление как процесс предполагает оперирование образами и поиск в памяти похожих задач (ментальных репрезентаций). А его высокий результат возможен при условии быстрого принятия решения и низкого влияния критико-контролирующей программы.

Ключевые слова: электрическая активность коры головного мозга, когнитивные функции, синхронизация ЭЭГ, творческое мышление, мужчины, женщины, психофизиологические характеристики.

SUMMARY

Kozachuk N.O. The spatial organization of electrical activity in the cortex in the process of creative thinking of men and women with different physiological characteristics. – Manuscript.

Dissertation for the doctor of biological sciences degree in specialty 03.00.13 – human and animal physiology. – Taras Shevchenko National University of Kyiv Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2016.

A new solution for the actual problem of physiology - the definition of neocortical mechanisms of divergent (creative) thinking and prediction of creative abilities of young males and females was presented in the thesis. Based on the analysis of electrical activity indicators of the cerebral cortex of young people, it was established that neocortical mechanisms of creative thinking, both of men and women, are shaped by modulating influence of several factors: cognitive style, level of intelligence and the applied mental strategy. High result of creative thinking is most likely to succeed under the circumstances of active image handling process (activation of the parietal areas of the cerebral cortex), search of mental representations (activation of temporal cortex zones), quick decision making and low level of critical and initiating program of the left hemisphere (reduced communication between front and occipital areas of the cerebral cortex). A mathematical model of neural network that allows to effectively assess the level of creativity in terms of the electrical activity of the cerebral cortex and psychological characteristics was created. It was established that highly creative individuals are characterized by peculiar combinations of cognitive styles with the levels of non-verbal intelligence. However, the

probability of achieving high results of creative thinking by men is mostly associated with high expression of analyticity, impulsivity and field independence, while by women high results of creative thinking are associated with high levels of non-verbal intelligence.

Key words: electrical activity of cortex, cognitive functions, EEG synchronization, creative thinking, men, women, physiological characteristics.