

ПОКАЗНИКИ КОГЕРЕНТНОСТІ ЕЕГ-РИТМІВ У ПЕРЕБІГУ КОГНІТИВНОЇ АКТИВНОСТІ ЯК МАРКЕРИ КРЕАТИВНОСТІ МИСЛЕННЯ: ГЕНДЕРНА СПЕЦИФІКА

Надійшла 22.07.15

На основі результатів психологічного тестування чоловіків та жінок віком 18–21 рік було поділено на чотири групи осіб із низькою та високою продуктивністю дивергентного (креативного, нерутинного) мислення (*n* від 18 до 33). Результати реєстрації ЕЕГ (19 відведень) були використані для розрахунку коефіцієнтів когерентності коливань дельта-, тета-, альфа1-, альфа2-, альфа3-, бета- та гамма-частот у парах відведень та інтегральних показників когерентності в межах передніх і задніх ділянок кори та взаємодії цих ділянок (коефіцієнтів взаємодії – КВ1–КВ3 відповідно). ЕЕГ реєстрували в стані спокою та в перебігу вирішення когнітивних тест-завдань конвергентного та дивергентного типів. Виявилося, що у чоловіків з високою продуктивністю дивергентного мислення значення КВ1 (котрий характеризує когерентність асоціативних зв'язків у межах передніх ділянок кори), розраховані для осциляцій всіх частотних діапазонів ЕЕГ під час реалізації тест-завдань обох типів звичайно перевищують відповідні значення в групі «низькокреативних» чоловіків. У «висококреативних» чоловіків аналогічні перевищення спостерігались і КВ2 для низько- та середньочастотних ЕЕГ-ритмів (дельта-, тета- та альфа-). На відміну від цього значення «міжзональних» КВ3 для тета-, бета- та гамма-активності у «висококреативних» чоловіків були нижчими. У жінок обох груп подібної специфіки КВ1–КВ3 практично не спостерігалось, тобто даний аспект виявив чітку гендерну специфіку. Гендерна приналежність та тип виконуваного тест-завдання не були факторами, що істотно впливають на розраховані абсолютні значення КВ. Знайдені відмінності показників когерентності, вірогідно, пов'язані з різними стратегіями виконання когнітивних завдань у чоловіків та жінок. Отримані факти дозволяють вважати, що вказані співвідношення інтегральних показників когерентності можуть використовуватись як ЕЕГ-маркери підвищеної продуктивності дивергентного мислення у чоловіків. Гнучкіші стратегії мислення у жінок, вірогідно, забезпечуються мінливішими, ніж у чоловіків, нейрофізіологічними кортикальними механізмами, які не знаходять чіткого відображення в характері інтракортикальних взаємодій, оцінюваних за показниками когерентності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дивергентне мислення, креативність, електроенцефалографія, когерентність, стать, стратегії мислення.

ВСТУП

Люди, у котрих інтелектуальні процеси є оригінальними та можуть істотно відходити від «загальноприйнятих» шаблонів, характеризуються як особистості з високою креативністю мислення. Такі

особистості здатні бачити предмети та проблеми з різних, у тому числі незвичних, точок зору. Коли креативні особистості зустрічаються з тими або іншими завданнями, вони найчастіше пропонують їх множинні та нестандартні вирішення. У стислому формулюванні «мислити креативно» означає мислити дивергентно, тобто «в ширину» [1]. Проблема визначення рівня креативності особистості є в наш час виключно актуальною, оскільки соціальна та культурна потреби в таких особистостях на сучасному етапі розвитку людської цивілізації є над-

¹ Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки.

Ел. пошта: rectorat@univer.lutsk.ua (І. Я. Коцан);

natashakozachuk@gmail.com (Н. О. Козачук);

kuznir@gmail.com (І. П. Кузнецов);

an-poruch@ukr.net (А. І. Поручинський).

звичайно високими.

Зараз визначення особистості як високо- або низькокреативної практично цілком базується на використанні психологічних (тобто суто суб'єктивних!) методик тестування. Визнано, що досить часто низькі результати подібних тестувань не свідчать вірогідно про відсутність або низький рівень креативності у тестованого, оскільки творчі прояви мають спонтанну природу та в більшості випадків не можуть ініціюватися та регулюватися довільно. Крім того, психологічні методики діагностики творчих здібностей допомагають виявити креативні або некреативні особистості в певній людській вибірці лише безпосередньо під час тестування, тобто *a posteriori* [2]. Таке тестування не вирішує завдання *прогнозування* наявності або відсутності креативності в особистості з використанням тих або інших *об'єктивних* маркерів даної властивості.

Не виключено, що для вирішення вказаної проблеми продуктивним може виявитись аналіз характеристик масової електричної активності головного мозку (зокрема, ЕЕГ). Одним із перспективних напрямів у даному аспекті виглядає виділення певних характерних патернів взаємодії різних відділів кори головного мозку. Показники когерентності коливань окремих ЕЕГ-діапазонів, що вказують на ступінь синхронності/синфазності в роботі різних просторово розділених зон кори, розглядаються багатьма дослідниками як клас досить чутливих та водночас досить специфічних параметрів для оцінки поточної когнітивної активності. Саме ці показники, на думку низки авторів, дають можливість для певних оцінок інтенсивності та напрямку обміну інформацією між різними кортикальними нейронними структурами. Є підстави вважати, що деякі оцінки когерентності мають специфічне відношення до когнітивної активності різних типів [3–5].

З урахуванням наведених вище відомостей та міркувань ми провели дослідження патернів когерентності ЕЕГ-коливань у репрезентативних групах тестованих. У цих осіб попередньо на основі результатів психологічного тестування була встановлена різна здатність до вирішення тест-завдань, котрі потребують переважного задіяння конвергентного («рутинного») або дивергентного («креативного») мислення. Подібному тестуванню були піддані чоловіки та жінки для встановлення можливої гендерної специфіки зазначених властивостей мислення. Після цього тестовані

були піддані ЕЕГ-дослідженню. Згідно з результатами останнього щодо когерентних зв'язків між асоціативними зонами кори, ми намагалися виявити певні об'єктивні маркери низької або високої креативності тестованих суб'єктів під час вирішення тест-завдань, що потребують залучення різних ресурсів креативності.

МЕТОДИКА

Всі суб'єкти загальної групи обстежених (98 чоловіків і 96 жінок віком 18–21 рік, здорові згідно з даними соматичного та психоневрологічного медичного обстеження, всі праворукі) були піддані попередньому психологічному тестуванню. Їм було запропоновано тести щодо схильності до конвергентного або дивергентного мислення. Як перший тест був використаний тест Козлової [6], котрий базувався на необхідності дати однозначні відповіді на серії простих завдань в умовах їх швидкої зміни. Тестування схильності до дивергентного мислення було спрямоване на виявлення в обстежених багатостороннього погляду на певну проблему та їх готовність знайти якомога більшу кількість підходів до її вирішення. Прикладом відповідних тест-питань може бути наступне: «У такому-то регіоні є велика кількість (мільйони) дерев, для збору корисного продукту з яких робітникам треба підніматися на велику висоту для виконання певних операцій. Запропонуйте якомога більше організаційно-технічних варіантів для вирішення цієї проблеми» [7]. Інструкції до завдань представлялися тестованим на моніторі комп'ютера. Завдання обох типів виконувалися подумки, а результати виконання фіксувались експериментатором після закінчення реєстрації ЕЕГ (див. нижче). Спеціальної установки на створення оригінального продукту не давалось. У тестуванні другого типу мірою ефективності була кількість запропонованих варіантів вирішення дивергентних завдань.

На основі результатів описаного тестування були виділені чотири групи суб'єктів із найяскравіше вираженою схильністю до конвергентного або дивергентного мислення – чоловіки з низькою та високою продуктивністю дивергентного мислення (18 та 33 особи відповідно) та жінки також із низькою та високою продуктивністю згаданого типу мислення (23 та 19 осіб). Відведення ЕЕГ здійснювалось з використанням загальноприйнятих технічних прийомів монополярно від 19 локусів за міжнарод-

ною системою 10–20 (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, Fz, C3, C4, Cz, T3, T4, T5, T6, P3, P4, Pz, O1 та O2) за допомогою апаратно-програмного комплексу «Нейроком» (Україна). Для кожної пари відведень із застосуванням швидкого перетворення Фур'є були отримані значення коефіцієнтів когерентності (КК). Ці значення розраховувалися для наступних частотних діапазонів та субдіапазонів ЕЕГ: дельта (0.5–4.0 Гц), тета, альфа1, альфа2, альфа3, бета та гамма (35–40 Гц). Частотні межі тета-ритму, трьох субдіапазонів альфа-коливань та бета-ритму встановлювали на основі визначення індивідуальної модальної частоти альфа-ритму кожного тестованого. Вказаний параметр визначався як середня величина для «центру тяжіння» коливань даного діапазону по всіх відведеннях у стані спокою із заплющеними очима. Відповідно до отриманих значень розраховували частотні межі альфа-субдіапазонів, після чого з урахуванням цих даних визначали частотні межі тета- та бета-ритмів для представників кожної зі згаданих вище чотирьох груп тестованих [8].

Звичайно при оцінці когерентності ЕЕГ-коливань різних ритмів вказується кількість пар відведень із високими КК відповідних осциляцій та значення відповідних коефіцієнтів. Зрозуміло, що такий підхід є недостатньо узагальненим. Щоб уникнути вказаного недоліку, ми обчислювали інтегральні показники когерентності ЕЕГ-коливань різних діапазонів для зв'язків трьох типів – у межах передніх ділянок кори, у межах задніх ділянок кори та для зв'язків між згаданими – та вираховували коефіцієнти взаємодії (КВ) зазначених зон.

Згадані частини кори розглядалися нами як передня та задня асоціативні зони (ПАЗ та ЗАЗ відповідно) в широкому розумінні цих термінів. Дані кортикальні області включали в себе як власне асоціативні зони (у вузькому розумінні), так і первинні та вторинні сенсорні (зорові, слухові та соматосенсорні) зони і моторну зону, в межах яких також реалізуються деякі асоціативні функції.

Для розрахунку інтегрального КВ у межах ПАЗ (КВ_{ПАЗ}) використовували значення КК для всіх можливих пар відведень Fp1, Fp2, F1–F8 та Fz (21 значення). Аналогічно, для такого ж самого розрахунку КВ_{ЗАЗ} брали до уваги 66 величин КК для всіх пар відведень C1–C4, Cz, T1–T6, P1–P4, Pz, O1 та O2. Для оцінки КВ ПАЗ та ЗАЗ використовували 85 значень КК для всіх пар відведень, застосованих у нашій роботі. На основі цих значень розраховували три величини загальних КВ (КВ1, КВ2, КВ3), використовуючи наступні формули:

$$KB1 = \frac{\sum KK_{ПАЗ}}{\sum KK_{ПАЗ-ЗАЗ}}$$

$$KB2 = \frac{\sum KK_{ПАЗ}}{\sum KK_{ЗАЗ}}$$

$$KB3 = \frac{\sum KK_{ПАЗ-ЗАЗ}}{\sum KK_{ЗАЗ}}$$

Такі розрахунки проводили окремо для груп жінок та чоловіків із низькими та високими оцінками креативності мислення, встановленими на попередньому етапі дослідження в перебігу психологічного тестування.

ЕЕГ реєстрували в стані спокою із заплющеними (60 с) і розплющеними (60 с) очима та під час виконання тест-завдань конвергентного (150 с) і дивергентного (120 с) типів. В перебігу виконання завдань очі тестованих були розплющені. Після реєстрації ЕЕГ для осіб усіх чотирьох груп проводили кореляційний аналіз розрахованих для кожної експериментальної ситуації значень КВ та показників продуктивності виконання завдань конвергентного та дивергентного типів. Розраховували середні значення цих величин та похибки середнього для них, визначали вірогідність міжгрупових різниць між даними значеннями та вірогідність кореляційних зв'язків між середніми.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Згідно із сучасними уявленнями, головний мозок є виключно складною системою з численними динамічними функціональними зв'язками. В той же час загалом можна виділити певні частини мозку, котрі спеціалізуються на операціях певного типу. З урахуванням цього можна вважати, що задні відділи неокортексу є структурами, здійснюючими первинний аналіз сенсорної інформації та певні асоціативні функції. Передня частина кори (в основному лобові ділянки) забезпечує реалізацію більш загальних операцій, значною мірою пов'язаних із виконавчими функціями. Як вже зазначалося вище, передні та задні відділи неокортексу можна кваліфікувати як ПАЗ та ЗАЗ відповідно в широкому розумінні даного терміну.

З урахуванням цього особливості взаємодії нейронних мереж у межах ЗАЗ та ПАЗ, а також специфіка інформаційного обміну між зазначени-

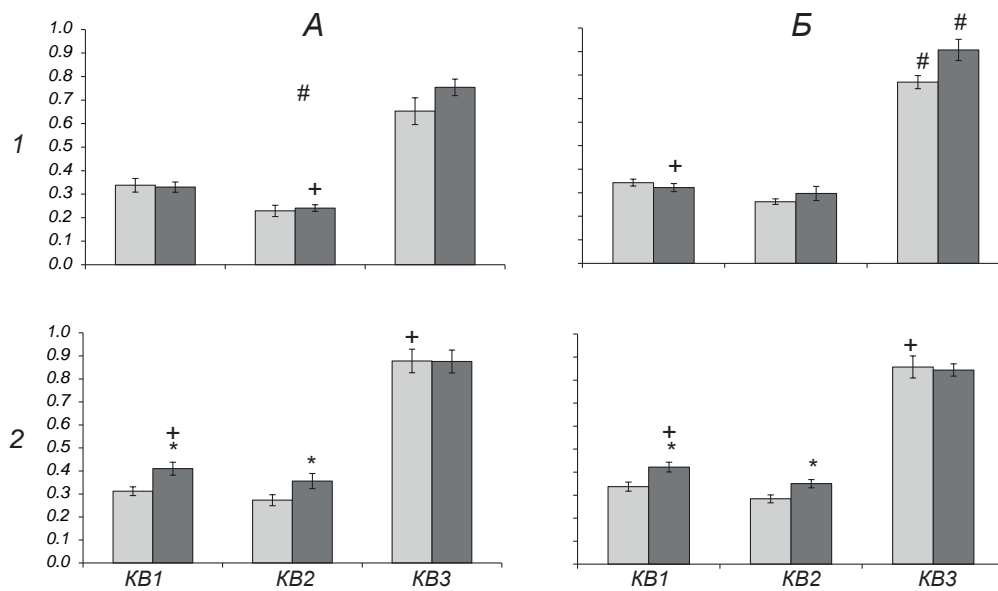


Рис. 1. Середні значення коефіцієнтів інтракортикальної взаємодії (KB) KB1–KB3 для EEG-коливань дельта-ритму в групах осіб із низькою та високою креативністю мислення (світлі та темні стовпчики відповідно), визначених під час виконання тест-завдань конвергентного (А) та дивергентного (Б) типів у жінок (1) та чоловіків (2).
Наведені значення середніх \pm похибка середнього. Зірочками позначені випадки вірогідної різниці ($P < 0.05$) між значеннями KB у осіб із низькою та високою креативністю, хрестиками – випадки вірогідної різниці між відповідними значеннями KB у жінок і чоловіків, решітками – випадки вірогідної різниці між відповідними значеннями KB при виконанні завдань конвергентного та дивергентного типів.

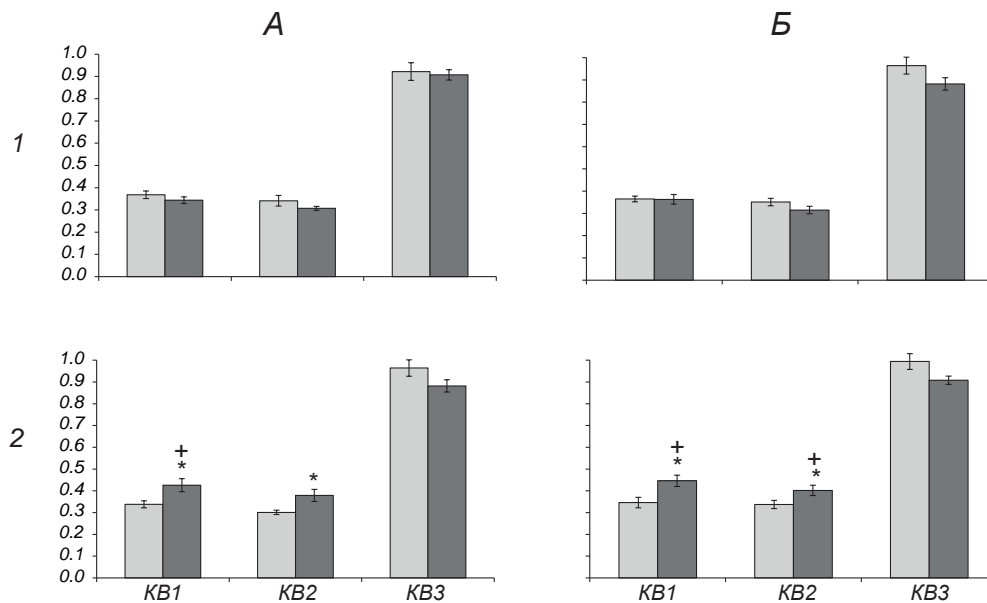
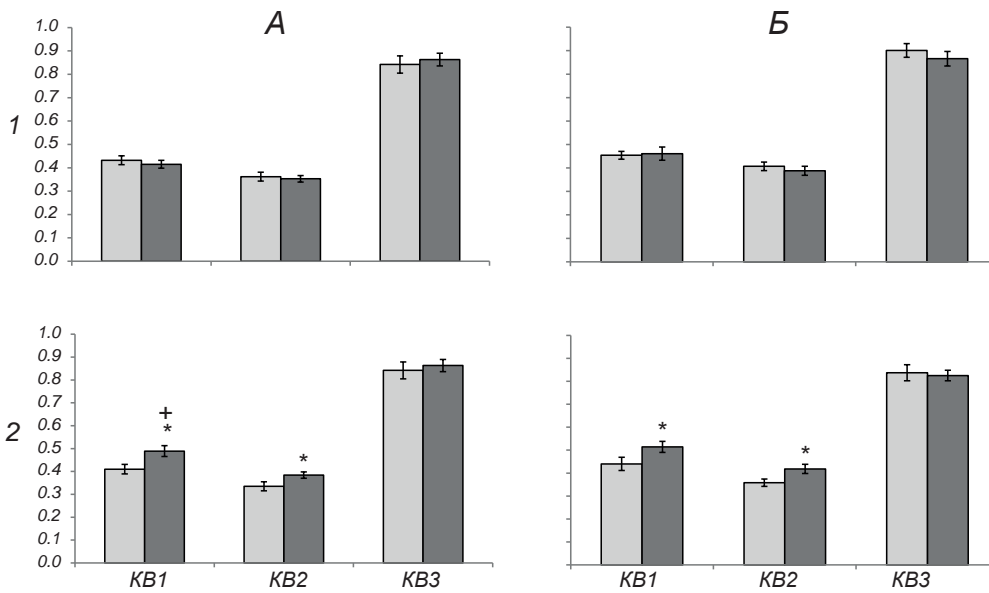
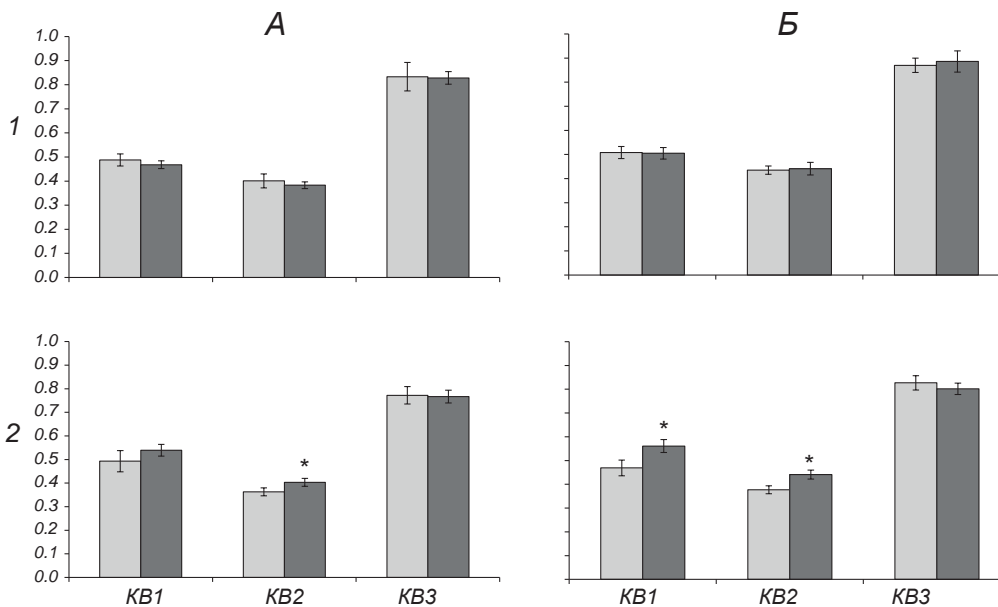


Рис. 2. Діаграми коефіцієнтів інтракортикальної взаємодії (KB) KB1–KB3 для EEG-коливань тета-ритму в групах осіб із низькою та високою креативністю мислення.
Позначення такі самі, як і на рис. 1.



Р и с. 3. Діаграми коефіцієнтів інтракортикальної взаємодії (КВ) КВ1–КВ3 для ЕЕГ-коливань альфа1-субритму в групах осіб із низькою та високою креативністю мислення. Позначення такі самі, як і на рис. 1.

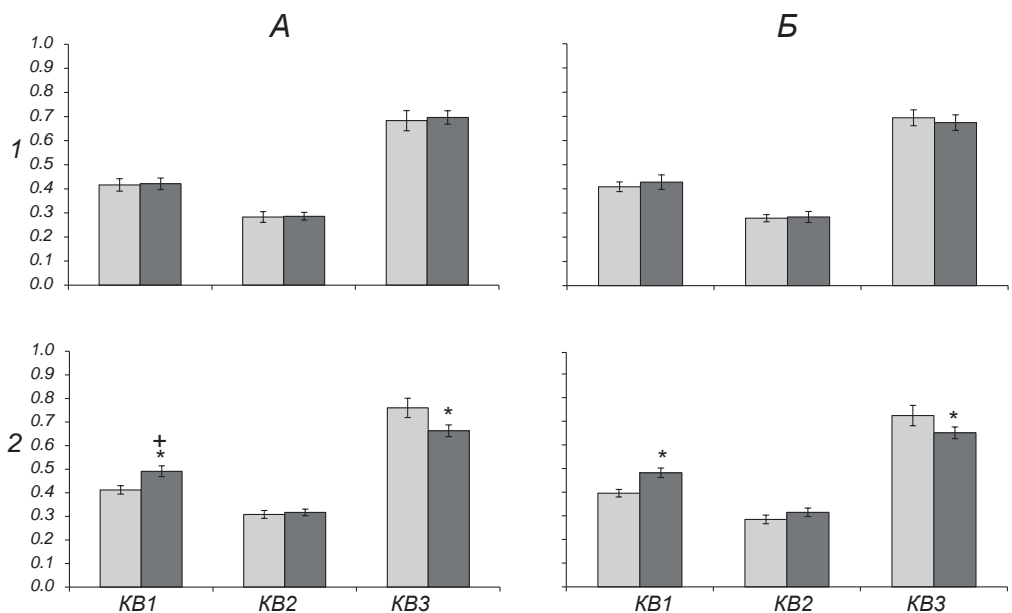
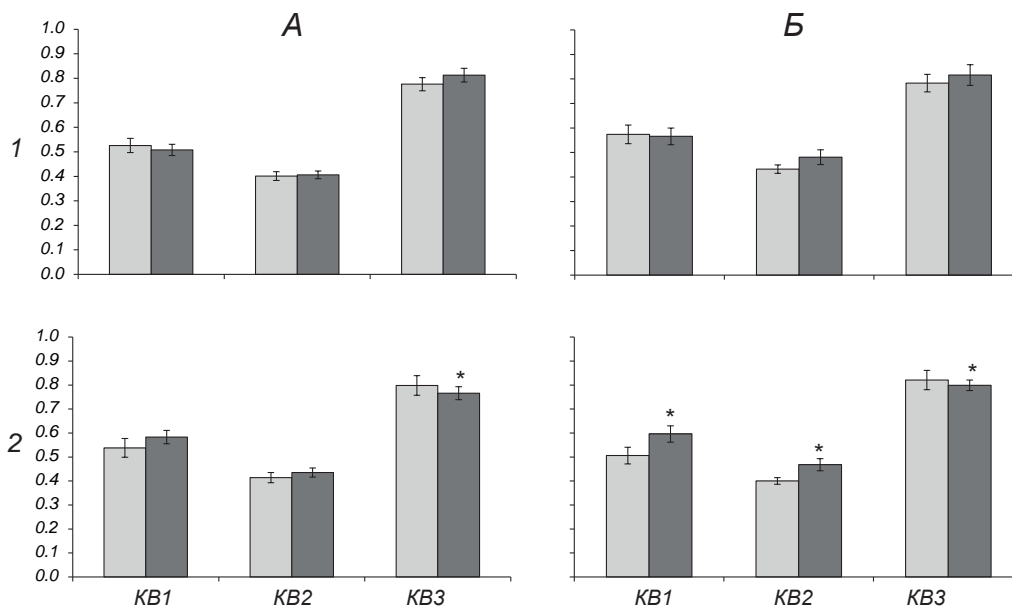


Р и с. 4. Діаграми коефіцієнтів інтракортикальної взаємодії (КВ) КВ1–КВ3 для ЕЕГ-коливань альфа2-субритму в групах осіб із низькою та високою креативністю мислення. Позначення такі самі, як і на рис. 1.

ми частинами кори характеризують як різні етапи, так і різні стратегії в інтегральній обробці інформації головним мозком. Щільніші зв'язки між нейронними мережами ЗАЗ вірогідно повинні характеризувати складнішу, ретельнішу обробку характеристик сенсорної інформації, що надходить [9, 10]. Посилення зв'язків між нейронними мережами ПАЗ при послабленні взаємозв'язків у межах ЗАЗ повинно характеризувати інтенсивніше залучення психічних (когнітивних) функцій у загальну активність мозку; ці функції в першу чергу пов'язані з роботою оперативної пам'яті та пла-

нуванням дій [5, 11] і, відповідно, забезпечують переорієнтацію церебральної діяльності з обробки зовнішніх стимулів на внутрішні суб'єктивні психічні процеси. В свою чергу, посилення зв'язків між ЗАЗ та ПАЗ повинно характеризувати певний проміжний етап обробки сенсорної інформації, в межах якого відбувається детальніший аналіз ознак із зовнішньої інформації та виявлення їх важливих аспектів для подальшого переходу такої інформації в робочу пам'ять та вбудовування в систему внутрішніх ідеальних уявлень [12, 13].

Результати нашого ЕЕГ-дослідження дозволяють



зробити висновок, що визначені нами KB1–KB3, розраховані для стану спокою з розплющеними та заплющеними очима, не виявляють вірогідних кореляцій з показниками продуктивності при виконанні дивергентного тест-завдання.

У той же час значення певних KB, розраховані для періодів когнітивної діяльності різних типів у тестованих із різним ступенем креативності мислення, продемонстрували певну специфіку. Така ситуація, проте, виявлялася лише в обстежених чоловічій статі.

Середньогрупові значення KB1 у чоловіків із

високою продуктивністю дивергентного мислення вірогідно перевищували відповідні величини у чоловіків із низьким рівнем креативності, розраховані для EEG-осциляцій дельта-, тета-, альфа1-, бета- та гамма-діапазонів у перебігу виконання тест-завдання конвергентного типу. Для осциляцій альфа2- та альфа3-субритмів також спостерігалась аналогічна тенденція, але різниці не досягали рівня вірогідності. Під час виконання «дивергентного» тест-завдання середні значення KB1 у чоловіків із високою продуктивністю дивергентного мислення вірогідно перевищували

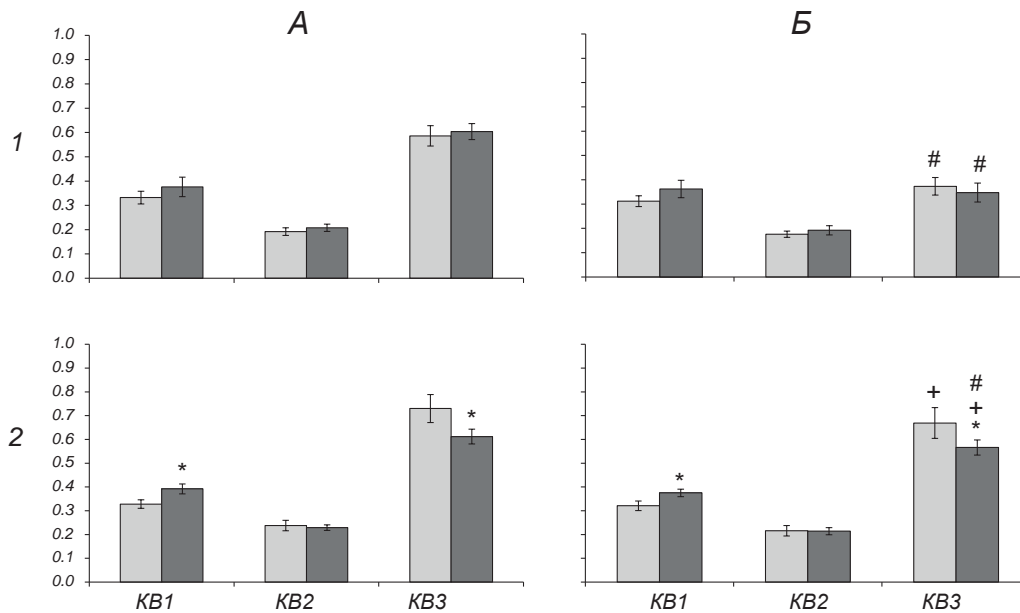


Рис. 7. Діаграми коефіцієнтів інтракортикальної взаємодії (KB) KB1–KB3 для ЕЕГ-коливань гамма-ритму в групах осіб із низькою та високою креативністю мислення. Позначення такі самі, як і на рис. 1.

аналогічні значення у чоловіків з переважно конвергентним мисленням у всіх частотних діапазонах ЕЕГ-активності.

Ситуація з коефіцієнтом KB2 була значною мірою подібною. Середні значення KB2 у чоловіків із більшою креативністю мислення під час виконання тест-завдань і конвергентного, і дивергентного типу були вірогідно вищими для коливань дельта-, тета- й альфа1-частоти. Аналогічне вірогідне перевищення спостерігалось для альфа3-осциляцій, а невірогідна тенденція – для бета-коливань.

Для коефіцієнта KB3 картина була значною мірою відмінною. Цей коефіцієнт, котрий певною мірою відображає інтенсивність когерентних зв'язків активності нейронних систем задньої та передньої частин кори, був вірогідно меншим у чоловіків із високою продуктивністю дивергентного мислення, причому це спостерігалось під час виконання тест-завдань і конвергентного, і дивергентного типу. Аналогічна тенденція відмічалась і для ЕЕГ-коливань тета-діапазону, причому в перебігу виконання дивергентного завдання різниця була вірогідною. В інших діапазонах та субдіапазонах величини показника KB3 у чоловіків із різною продуктивністю дивергентного мислення не демонстрували відчутних розбіжностей.

Патерн коефіцієнтів KB1–KB3 під час ви-

конання тест-завдань обох типів у жінок кардинально відрізнявся від того, що виявлявся у чоловіків. За одиничними виключеннями величини даних коефіцієнтів у перебігу виконання обох завдань не демонстрували якихось систематичних відмінностей. Майже всі значення всіх трьох коефіцієнтів у жінок із різним типом дивергентності мислення були майже рівними; їх відмінності, що спостерігалися в деяких випадках, далеко не досягали рівня статистичної вірогідності. Майже єдиним виключенням були значення KB3 для дельта-активності, які у жінок із високим рівнем креативності помітно перевищували аналогічні показники у жінок з низьким рівнем (у разі виконання дивергентного завдання різниця була вірогідною).

Порівняння величин коефіцієнтів KB1–KB3 у чоловіків і жінок, котрі відносилися до однієї групи за рівнем креативності мислення, не виявляли істотних систематичних відмінностей щодо всіх досліджуваних частотних діапазонів ЕЕГ-коливань. Майже те саме можна констатувати при порівнянні відповідних значень згаданих коефіцієнтів у одних і тих самих груп досліджуваних у разі виконання конвергентного та дивергентного тест-завдань. Отже, гендерна приналежність та тип виконуваного тест-завдання не є факторами, котрі істотно впли-

вають на розраховані нами коефіцієнти взаємодії в межах передніх і задніх ділянок кори. Те саме можна сказати щодо коефіцієнта міжрегіональної взаємодії (KB3).

Таким чином, аналіз патернів коефіцієнтів взаємодії передніх і задніх ділянок кори великих півкуль, визначених у перебігу реалізації когнітивних тест-завдань двох типів, засвідчив наявність у чоловіків із вищою продуктивністю дивергентного мислення більших KB1 щодо осциляцій практично всіх частотних діапазонів ЕЕГ, більших KB2 для порівняно низькочастотних ритмів (дельта, тета, альфа1 та альфа2) та менших KB3 для високочастотних діапазонів (бета та гамма). Дані особливості значною мірою інваріантні щодо когнітивних завдань конвергентного та дивергентного типу, котрі вимагають задіяння різних ресурсів креативності мислення. При цьому така закономірність була характерною виключно для тестованих осіб чоловічої статі, тобто даний аспект виявляв дуже чітку гендерну специфіку.

Проблема гендерних відмінностей мозкової організації когнітивних функцій в останній час привертає значну увагу. На теперішній час загально визнаним фактом стало не тільки існування специфічних форм когнітивних процесів у осіб різної статі. Виявилось, що в разі однакових (або дуже близьких) форм поведінки і результатів когнітивної діяльності мозкова організація їх контролю і в нейрофізіологічному, і в нейрохімічному, і навіть у структурному аспектах може демонструвати істотні статеві відмінності [14, 15].

Однакова (або майже однакова) ефективність розумової діяльності може досягатися з використанням різних ментальних стратегій, а різні стратегії повинні мати різні церебральні механізми їх забезпечення [16]. На нашу думку, спостережуваний специфічний патерн коефіцієнтів церебральної взаємодії в умовах когнітивної тест-активності пов'язаний саме з тим, що чоловіки і жінки при виконанні завдань дивергентного (а може, і будь-якого) типу використовують різні ментальні стратегії. Саме тому подібний патерн може слугувати ЕЕГ-маркером високої продуктивності дивергентного мислення тільки у чоловіків. У низці досліджень було встановлено, що в принципах селекції сенсорної та вербальної інформації чоловіками та жінками існує помітна різниця. Чоловіки більшою мірою спираються на самовизначальні способи з використанням імпульсивно-глобальних стратегій. Жінки

ж базуються на адаптації до наявних понять із послідовною обробкою інформації та її осмисленням, причому для прийняття рішення жінки намагаються отримати максимально вичерпну інформацію [17–19]. Самозвіти наших обстежених свідчать про те, що жінки детальніше аналізували зміст завдання, виділяли найбільш важливу, на їх погляд, інформацію, а потім візуалізували завдання. Що ж до чоловіків, то склалося враження, що найчастіше тест-завдання оцінювалися генералізовано, а іноді й поверхнево. «Чоловіча» стратегія базувалася на пошуку готових схем у пам'яті та їх узагальненій оцінці щодо можливості використання для вирішення даної проблеми. Такі когнітивні стратегії можна було в певному сенсі назвати шаблонними. Та стратегія, яка неодноразово забезпечувала досягнення позитивного результату, починає й далі застосовуватися для вирішення подібних завдань; відповідно закріплюється певний варіант інтракортикальної взаємодії, котрий дозволяє реалізувати цю стратегію з оптимальними (мінімальними) енергетичними витратами. Як можна вважати, у чоловіків, для яких характерне високоефективне дивергентне мислення, взаємодія нейронних мереж у межах передніх асоціативних (лобних) ділянок є найтіснішою та ефективнішою. В той же час взаємодія передніх асоціативних і задніх асоціативних ділянок (і відповідних систем уваги) є дещо обмеженою. В усякому разі значення KB3 для відносно низькочастотних компонентів ЕЕГ (від дельта- до середньочастотної альфа-активності) у чоловіків із високою та низькою креативністю не демонстрували якихось відмінностей. Величини KB3 для високочастотних ЕЕГ-осциляцій (бета та гамма) у низькокреативних чоловіків були навіть вищими.

Фронтальна кора та її асоціативні механізми розглядаються як основна структура, котра забезпечує низхідний (top-down) контроль і переробку інформації при виробленні поведінкових рішень. Лобні ділянки кори також забезпечують селекцію варіантів таких рішень. Інтенсивніша взаємодія нейронних мереж у межах передніх відділів кори, вірогідно, і є фактором, котрий визначає більші значення коефіцієнта KB1 у чоловіків із вищою ефективністю дивергентного мислення. Подібна особливість характерна і для взаємодії в межах задніх кортикальних відділів, але така подібність є лише частковою. Жінкам же, вірогідно, притаманні гнучкіші ментальні стратегії, які, в свою чергу, забезпечуються більш варіативними, ніж у

чоловіків, нейрофізіологічними механізмами. Можливо, саме тому подібна варіативність і зумовлює відсутність чіткого відображення в рівні і характері інтракортикальної взаємодії, оцінюваної за показниками когерентності.

Думка про те, що у чоловіків і жінок реалізація когнітивних операцій здійснюється із різним ступенем взаємодії різних ділянок кори головного мозку, висловлювалася неодноразово. Вважалося [22], що відмінності частотно-просторової функціональної організації кори під час когнітивної діяльності різних видів у чоловіків і жінок, реалізованої з використанням різної стратегії обробки інформації, пов'язані з тим, що у чоловіків більше значення має фронтальна система уваги, а у жінок – парієтальна, при цьому тісно взаємодіюча з лівопівкулевою частиною системи фронтального контролю. Інші автори [23] дійшли висновку, що у чоловіків в аналогічних умовах досить чітко проявляється домінування правої півкулі (посилення взаємодії кортикальних зон у задній частині кори зі зміщенням фокусів у праву півкулю). У жінок же домінує ліва півкуля, зокрема лівопівкулеві скроневі ділянки. На думку авторів, такі відмінності пов'язані зі стратегіями виконання конвергентних когнітивних завдань – зорово-просторової у чоловіків і переважно вербальної у жінок. Було висловлено думку, що в перебігу аналізу ЕЕГ-патернів під час творчого мислення потрібно звертати увагу не тільки на особливості латералізації ЕЕГ-активності, але й на взаємодію передніх (фронтальних) та задніх (парієтальних) відділів кори [24]. Вважається, що саме ці ділянки відповідають за дві окремі функції творчого процесу – «критикоініціюючу» і «пошукову». Парієтальна система відповідає саме за останню частину творчості та забезпечує генерацію численних ідей за рахунок наявності різноманітних зорових, слухових і символічних асоціацій. Фронтальна ж система реалізує критикоініціюючу функцію і, відповідно до індивідуальних цілей та інтересів, здійснює селекцію ідей, які надходять від парієтальної системи (розвиваючи при цьому перспективні ідеї та пригнічуючи ті, що вважаються неефективними). Близьку до даної точки зору висловили ряд авторів [25]. Вони вважають, що фронтальні ділянки кори здатні встановлювати широкі зв'язки з «полімодальними» і «супермодальними» елементами скроневої та тім'яної ділянок, тобто нейронними системами, в яких зберігаються спеціальні знання та вміння [26].

Висловлено припущення [25], що саме це може бути механізмом запуску мислення дивергентного типу. Таке мислення може вибірково гальмуватися та активуватися, що модулює процес формування альтернативних рішень. Результати дослідження частотно-просторової організації ЕЕГ-активності у відповідних тестах дали підстави вважати, що запам'ятовування семантично значущої вербальної інформації реалізується у жінок із залученням варіативних полімодальних стратегій, а у чоловіків – більш «вузьких» і специфічних [22, 27].

Результати нашої роботи дозволяють заключити, що 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. Отже, у чоловіків інтегральні патерни когерентності для «передньоасоціативних», «задньоасоціативних» та міжзональних зв'язків можуть розглядатись як певні кореляти високої або низької продуктивності дивергентного мислення. У жінок подібних особливостей згаданих патернів практично не спостерігається. Наші дані підтверджують наявність істотної гендерної специфіки внутрішньо- та міжзональних когерентних зв'язків ЕЕГ-активності

Автори статті глибоко вдячні проф. Д. А. Василенку за цінні зауваження, зроблені щодо представлення результатів даної роботи, аналізу цих результатів та в перебігу редагування тексту статті.

Учасникам дослідження (студентам Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки, м. Луцьк) була надана необхідна докладна інформація стосовно мети та процедури тестів; всі учасники дослідження дали попередню письмову згоду на участь в останньому. Отже, дослідження відповідало етичним принципам, висловленим у Гельсінкській декларації (1964 р. та наступні редакції) і було стверджено Етичним комітетом СНУ ім. Лесі Українки.

Автори даної роботи – І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, І. П. Кузнецов та А. І. Поручинський – підтверджують відсутність будь-яких конфліктів щодо комерційних або фінансових відносин, відносин з організаціями або особами, котрі будь-яким чином могли бути пов'язані з дослідженням, а також взаємовідносин співавторів статті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. J. P. Guilford, "Is some creative thinking irrational?" *J. Creative Behav.*, **16**, No. 3, 151-154 (1982).

2. Л. Ю. Старченко, Психология массовой коммуникации. Диагностика и активизация творческих способностей: Учеб-метод. пособие, <http://dvo.sut.ru/libr/soirl/i136star/3.htm>.
3. A. Fingelkurts, A. Fingelkurts, C. Krause, et al., "Structural (operational) synchrony of EEG alpha activity during an auditory memory task," *NeuroImage*, **20**, No. 1, 529-542 (2003).
4. G. G. Supp, A. Schlögl, N. Trujillo-Barreto, et al., "Directed cortical information flow during human object recognition: analyzing induced EEG gamma-band responses in brain's source space," *PLoS One*, **2**, No. 8, 684 (2007).
5. R. W. Thatcher, D. North, and C. Biver, "EEG and intelligence: relations between EEG coherence, EEG phase delay and power," *Clin. Neurophysiol.*, **116**, No. 9, 2129-2141 (2005).
6. В. Т. Козлова, *Разработка методик выявления лабильных нервных процессов в мыслительно-речевой деятельности*, Автореф. дис. ... канд. психол. наук, Москва (1973).
7. Г. С. Альтшуллер, *Найти идею*, Наука, Новосибирск (1986).
8. W. Klimesch, "EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis," *Brain Res. Rev.*, **29**, Nos. 2/3, 169-195 (1999).
9. C. Carmeli, M. G. Knyazeva, G. M. Innocenti, and O. De Feo, "Assessment of EEG synchronization based on state-space analysis," *NeuroImage*, **25**, No. 2, 339-354 (2005).
10. G. Winterer, M. F. Egan, T. Radler, et al., "An association between reduced interhemispheric EEG coherence in the temporal lobe and genetic risk for schizophrenia," *Schizophrenia Res.*, **49**, No. 1, 129-143 (2001).
11. F. Varela, J.-Ph. Lachaux, E. Rodriguez, and J. Martinerie, "The brainweb: phase synchronization and large-scale integration," *Nat. Rev. Neurosci.*, **2**, No. 4, 229-239 (2001).
12. J. Sarnthein, H. Petsche, P. Rappelsberger, et al., "Synchronization between prefrontal and posterior association cortex during human working memory," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **95**, No. 12, 7092-7096 (1998).
13. P. Sauseng, W. Klimesch, M. Schabus, and M. Doppelmayr, "Fronto-parietal EEG coherence in theta and upper alpha reflect central executive functions of working memory," *Int. J. Psychophysiol.*, **57**, No. 2, 97-103 (2005).
14. Н. В. Вольф, "Половые различия при запоминании дихотически предъявляемых списков слов", *Журн. высш. нерв. деятельности*, **44**, № 1, 18-24 (1994).
15. Е. А. Панасевич, М. Н. Цицерошин, "Половые особенности пространственно-временной организации биопотенциалов мозга у взрослых и у детей 5-6 лет в состоянии спокойного бодрствования", *Физиология человека*, **37**, № 4, 13-25 (2011).
16. О. М. Разумникова, Н. В. Вольф, "Селекция зрительных иерархических стимулов на глобальном и локальном уровнях у мужчин и женщин", *Физиология человека*, **37**, № 2, 14-19 (2011).
17. B. A. Kliteberg, S. E. Levander, and D. Schalling, "Cognitive sex differences: speed and problem-solving strategies on computerized neuropsychological tasks," *Percept. Mot. Skills*, **65**, No. 3, 683-697 (1987).
18. R. F. McGivern, J. P. Huston, D. Byrd, et al., "Sex differences in visual recognition memory: support for sex-related differences in attention in adults and children," *Brain Cogn.*, **34**, No. 3, 323-336 (1997).
19. J. Meyer-Levy, "Gender differences in information processing: a selectivity interpretation," in: *Cognitive and Affective Responses to Advertising*, H. Cafferata, A. M. Tybout (eds.), Lexington Books, Massachusetts (1998), pp. 128-140.
20. E. K. Miller and J. D. Cohen, "An integrative theory of prefrontal cortex function," *Annu. Rev. Neurosci.*, **24**, No. 1, 123-167 (2001).
21. Н. П. Бехтерева, М. Г. Старченко, В. А. Ключарев и др., "Исследование мозговой организации творчества. Сообщение II. Данные позитронно-эмиссионной томографии", *Физиология человека*, **26**, № 5, 12-15 (2000).
22. О. М. Разумникова, *Функциональная организация коры головного мозга при дивергентном или конвергентном мышлении: роль фактора пола и личностных характеристик*, Автореф. дис. ... д-ра биол. наук, Новосибирск (2003).
23. S. Dehaence, A. Dehaence, N. Tzourio, et al., "Cerebral activations during number multiplication and comparison: a PET study," *Neuropsychology*, **34**, No. 11, 1097-1116 (1996).
24. M. D. Dietrich, "The cognitive neuroscience of creativity," *Psychonot. Bull. Rev.*, **11**, No. 6, 1011-1026 (2004).
25. Н. Е. Свидерская, А. Г. Антонов, Л. С. Бутнева, "Сравнительный анализ пространственной организации ЭЭГ на моделях дивергентного и конвергентного невербального мышления", *Журн. высш. нерв. деятельности*, **57**, № 2, 144-154 (2007).
26. K. M. Heilman, S. E. Nadeau, and D. O. Beversdorf, "Creative innovation: possible brain mechanisms," *Neurocase*, **9**, No. 5, 369-379 (2003).
27. N. V. Volf and O. M. Razumnikova, "Sex differences in EEG coherence during a verbal memory task in normal adults," *Int. J. Psychophysiol.*, **34**, No. 2, 113-122 (1999).