

Марія Бондаренко (Рассомагіна)  
Вікторія Кравченко  
Микола Макарчук

### Когерентні зв'язки основних ритмів ЕЕГ головного мозку правшів та лівшів при монокулярному сприйнятті домінантним чи недомінантним оком вербальної емоційної інформації

Проведено порівняльну оцінку когерентних зв'язків основних ритмів ЕЕГ у 60 обстежуваних (30 лівшів з домінантним лівим оком та 30 правшів з домінантним правим оком) при монокулярному виконанні Струп-тесту за умов пред'явлення емоційно значущих слів чи псевдослів.

**Ключові слова:** Струп-тест, домінантне око, недомінантне око, монокулярний зір, емоційні вербальні стимули, когерентність.

**Постановка наукової проблеми та її значення.** За даними різних літературних джерел, кількість праворуких людей у популяції коливається в межах 80–95 % [1], решту становлять неправорукі – ліворукі й амбідекстери, що і є причиною недостатньої уваги в науковому світі до останніх. Вивчення особливостей функціонування мозку лівшів сприяє кращому їх пристосуванню до «праворукого світу», адже відомо, що лівші мають низку анатомічних та фізіологічних відмінностей порівняно з правшами. Аналіз комплексу параметрів когерентності ЕЕГ у правшів і лівшів в стані спокійного неспання свідчить про те, що: 1) максимальні відмінності спектрів когерентності ЕЕГ між правшами і лівшами проявляються у вигляді більш високих значень в домінантній півкулі, більшою мірою для альфа-діапазону; 2) збільшення міжпівкульної різниці середніх рівнів когерентності ЕЕГ у правшів і лівшів наростає при русі від медіальної лінії в латеральному напрямку, з максимальними розбіжностями у відведеннях з скроневим електродом (в «латеральних» парах); 3) в центрально-лобових («медіальних») парах відведень виявлено перевищення значень когерентності в правій півкулі у правшів і лівшів, переважно за рахунок поєднання тета-діапазону. Зазначені вище ЕЕГ-феномени можуть свідчити про те, що у правшів в характері міжпівкульної і корково-підкіркової взаємодій переважають конкурентні або сумарні реципрокні взаємодії з елементами негативного зворотного зв'язку. У лівшів, для яких характерний однонаправлений, синфазний характер поведінки як частих, так і повільних діапазонів ритмів ЕЕГ, переважає принцип додатковості, узгодженості з елементами позитивного зворотного зв'язку [2]. Комплекси параметрів когерентності під час виконання когнітивних завдань, зокрема сприйняття емоційної інформації через різні канали зорової домінантності, на сьогодні недостатньо вивчені, адже відомо, що емоційна інформація захоплює увагу обстежуваних при біокулярному сприйнятті та свідомій установці до ігнорування такої інформації [3].

**Мета статті** – на основі змін когерентних зв'язків основних ритмів ЕЕГ проаналізувати у право- та ліворуких обстежуваних мозкову обробку вербальних стимулів за умови їх монокулярного сприйняття домінантним та недомінантним оком при проходженні емоційного Струп-тесту, в якому обстежуваним ставилося завдання розпізнавати колір написання слів, не читаючи їх. Досліджуване питання актуальне, адже в умовах хронічного стресу, в якому перебуває сучасна людина, вона часто не справляється самостійно з тиском засобів масової інформації, що є основним джерелом направленого впливу на свідомість індивідуума. В наших попередніх дослідженнях ми показали, що при презентації емоційної інформації у домінантне око спостерігається зосередження уваги обстежуваних на виконанні завдання (ріст спектральних потужностей у діапазоні бета-ритму ЕЕГ) [4], в той час як сприйняття такої інформації через недомінантне око викликало ріст спектральної потужності в тета-діапазоні ЕЕГ, що свідчить про емоційне напруження [5].

**Матеріали і методи дослідження.** В дослідженні брали участь 60 студентів обох статей, віком 18–22 років. Згідно з профілем міжпівкульної асиметрії, яку визначали за методикою [6], обстежувани були поділені на чотири групи, кожна з яких складалася з 15 осіб. Перша група – правші з

домінантним правим оком; друга група – лівші з доміантним лівим оком (виконували завдання, використовуючи доміантне око, інше око було закрито спеціальною пов'язкою); третя група – правші з недоміантним лівим оком; четверта група: лівші з недоміантним правим оком (виконували завдання, використовуючи недоміантне око, інше око було закрито спеціальною пов'язкою). Спочатку всі обстежувані виконували так званий «емоційний» тест (ТЕ), в якому треба було визначити колір написання емоційно забарвлених та нейтральних слів. Наступний тест був аналогічним першому, але при цьому обстежуваним потрібно було визначити колір написання «псевдослів», які були набором літер, позбавлених будь-якого сенсу (ТПсл). Крім того, через 10 хв. після закінчення виконання ТЕ обстежуваних просили відтворити слова, які вони бачили на екрані.

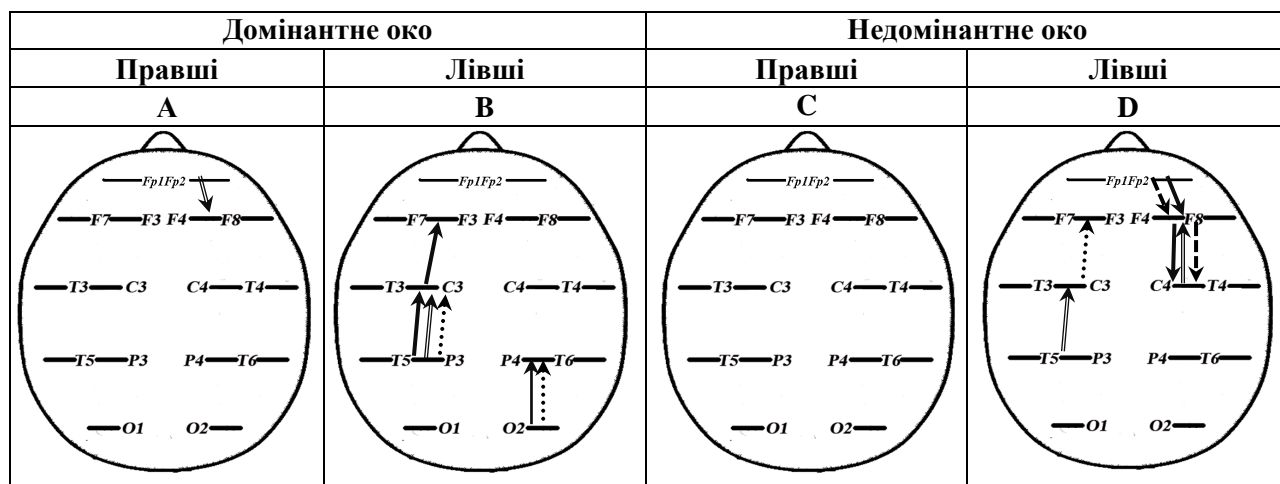
В обох тестах обстежуваним слід було визначити, яким кольором написане слово, не читаючи його. При цьому обстежувані мали натиснути певну клавішу правою рукою, якщо слово було написане червоними літерами, або лівою рукою, якщо слово було написане зеленими літерами.

Під час експерименту при виконанні обох тестів у всіх обстежуваних реєстрували ЕЕГ за такою схемою: в стані спокою (закриті очі) – 5 хв., стан спокою (відкриті очі) – 2 хв., під час виконання ТЕ – 2 хв., перерва між тестами (відкриті очі) – 2 хв., під час виконання ТПсл – 2 хв., стан спокою (закриті очі) – 2 хв. Запис ЕЕГ проводили, використовуючи діагностичний комплекс «Нейрон-Спектр» (ООО «Нейро-софт», Росія), монополярна реєстрація, як референтний використовували іпсилатеральний вушний електрод. Електроди розміщували за міжнародною системою 10–20 % у 16 симетричних точках поверхні голови: префронтальних (Fp1/Fp2), середньофронтальних (F3/F4), латерально-фронтальних (F7/F8), центральних (C3/C4), передніх (T3/T4) та задніх скроневих (T5/T6), тім'яних (P3/P4) та потиличних (O1/O2). Для аналізу ЕЕГ-показників використовували лише безартефактні фрагменти запису. За допомогою програмного забезпечення «Нейрон-Спектр» на основі алгоритму швидкого перетворення Фур'є обчислювали спектральну потужність (СП) для таких частотних діапазонів: тета (4,0 – 7,9 Гц), альфа (8,0 – 12,9 Гц), бета низькочастотний (13,0–19,9 Гц), бета високочастотний (20,0 – 35,0 Гц). Епоха аналізу становила 2,56 с, епоха перекриття – 1,28 с, смуга пропускання від – 1 до 35 Гц. Визначали коефіцієнт когерентності (КК) в діапазонах вказаних вище ритмів. Для аналізу брали коефіцієнти когерентності, що перевищували 0,5. Для оцінки рівня внутрішньопівкульної інтеграції використовували такі пари відведень: Fp1-F3, Fp2-F4, F7-T3, F3-C3, F4-C4, F8-T4, T3-T5, C3-P3, C4-P4, T4-T6, P3-O1, P4-O2; міжпівкульну інтеграцію оцінювали на основі КК між такими парами відведень: Fp1-Fp2, F3-F4, C3-C4, P3-P4, O1-O2, F7-F8, T3-T4, T5-T6.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакета STATISTICA 7.0 (Statsoft, USA, 2004). Оскільки розподіл більшості показників, отриманих в цих дослідженнях, був відмінним від нормального (за критерієм Лілліфора), при порівнянні залежних вибірок застосували непараметричний Т-критерій знакових рангів Вілкоксона. Критичний рівень значущості міжгрупових відмінностей при перевірці статистичної гіпотези приймався рівним  $p = 0,05$ . Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид (Me [25%; 75%]).

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** Аналіз змін показників когерентності ритмів ЕЕГ мозку під час проходження тесту зі словами (ТЕ) відносно стану спокою виявив характерні зміни внутрішньопівкульних КК (рис. 1). Зазначимо, що в наших попередніх дослідженнях при бінокулярному виконанні цих завдань зміни КК відбувалися також між симетричними ділянками обох півкуль.

У групі правшів з відкритим доміантним оком коефіцієнт когерентності (рис. 1А) достовірно зменшився в діапазоні альфа-ритму в префронтально-фронтальній парі правої півкулі, що може вказувати на ріст локального рівня активації в цій ділянці мозку порівняно зі станом спокою. Відзначимо також, що у правшів сприйняття слів доміантним правим оком викликає ріст СП бета-ритму в потиличних зонах обох півкуль [4, с.84]. У групі правшів з відкритим недоміантним лівим оком достовірні зміни когерентних зв'язків під час виконання тесту зі словами відносно стану спокою не зафіксовані. У лівшів при сприйнятті слів доміантним оком спостерігаються відмінні від правшів зміни коефіцієнтів когерентності КК (рис. 1В). КК збільшується в діапазонах тета-, альфа-, бета-високочастотних ритмів в центральній-тім'яній парі та в тета-діапазоні в фронтально-скроневій парі лівої півкулі, в бета-високочастотному діапазоні в тім'яно-потилічній парі правої півкулі. При цьому у мозку обстежуваних зростає СП тета-ритму в центральній-парієтальних зонах та СП бета-ритму, що має здебільшого правосторонню локалізацію [4, с. 85].



**Рис. 1.** Топокарти значущих відмінностей когерентності основних ритмів ЕЕГ лівшів та правшів під час ТЕ відносно стану спокою:

- зміни показника когерентності в тета-діапазоні
- == зміни показника когерентності в альфа-діапазоні
- - - зміни показника когерентності в низькочастотному бета-діапазоні,
- ..... зміни показника когерентності в високочастотному бета-діапазоні.

Стрілка, направлена вгору (або вліво) – зростання показника когерентності, стрілка, направлена вниз (або вправо) – зниження показника когерентності.

Тонка смуга – коефіцієнт когерентності > 0,5; товста смуга – коефіцієнт когерентності > 0,7.

У групі лівшів при сприйнятті слів недомінантним оком (рис.1D) КК збільшився в бета-високочастотному діапазоні в фронтально-центральної зони лівої півкулі, в альфа-діапазоні в центрально-тім'яній зони лівої півкулі та фронтально-центральної зони правої півкулі. КК зменшився в діапазонах тета- та бета-низькочастотного ритму в префронтально-фронтальній та фронтально-центральної зонах правої півкулі.

Розглянемо зміни КК під час виконання тесту із псевдословами порівняно із попереднім станом спокою. Одразу слід звернути увагу, що, на відміну від попереднього завдання з емоційними словами (рис. 1), фактично всі зміни КК відбувалися в контралатеральній до відкритого ока півкулі (рис. 2). Враховуючи, що по суті в цьому тесті від попереднього «віднімається» емоційне і семантичне навантаження, робимо попередній висновок, що для визначення кольору псевдослів працює тільки одна, протилежна оку півкуля, причому падіння КК в різних діапазонах відображує відносну легкість цього завдання. У групі правшів з відкритим доміантним оком коефіцієнт когерентності (рис.2A) достовірно зменшувався в діапазонах альфа та тета ритму в фронтально-скроневої, фронтально-центральної,тім'яно-потиличної парах, в діапазоні альфа-ритму в центрально-тім'яній парі та бета-низькочастотного ритму втім'яно-потиличної та фронтально-центральної парах лівої півкулі.

У групі правшів з відкритим недомінантним лівим оком (рис. 2C) КК достовірно зменшився в піддіапазонах бета-ритму в правій фронтально-центральної зони та в діапазоні тета-ритму втім'яно-потиличної зони правої півкулі.

У групі лівшів з відкритим лівим оком (рис.2B) КК достовірно збільшується в діапазоні тета-ритму в центрально-тім'яній парі правої півкулі, зменшується в діапазоні альфа ритму в префронтально-фронтальної парі лівої півкулі та в діапазонах альфа- та тета-ритму в префронтально-фронтальної та скроневої парах правої півкулі. В групі лівшів з відкритим недомінантним правим оком (рис. 2D) КК достовірно збільшився в лівій фронтально-скроневої зоні. Загалом переважне зниження когерентних зав'язків у всіх групах під час завдання з псевдословами свідчить про менше його навантаження на системи мозку, що задіяні в читанні, розподілленні уваги та складних когнітивних функціях.

Виконання другого тесту відносно першого у правшів супроводжувалося зниженням КК (рис. 3A) на частотах тета-, альфа-, бета-низькочастотного ритмів у фронтально-скроневої парі та альфа-ритму втім'яно-потиличної парі лівої півкулі.

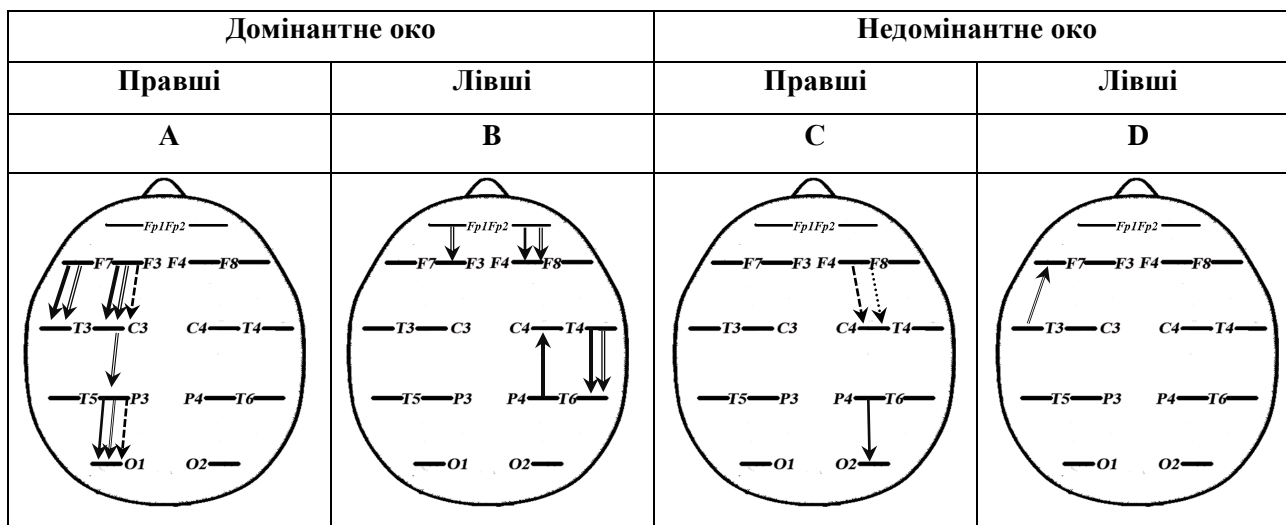


Рис. 2. Топокарти значущих відмінностей когерентності основних ритмів ЕЕГ лівшів та правшів під час ТПсл відносно стану спокою (див. рис. 1)

У групі лівшів (рис. 3В) КК збільшився на частоті альфа-ритму в тім'яній парі, зменшився в діапазоні тета-ритму в скроневих ділянках та бета-низькочастотного ритму в фронтально-центральної парі правої півкулі. При виконанні завдання з використанням недомінантного ока в групі правшів (рис.3С) КК зменшився в діапазоні бета-високочастотного ритму в центрально-тім'яній та тім'яно-потиличній зонах правої півкулі. В групі лівшів спостерігається ріст КК в тета-діапазоні в правій фронтально-скроневій зоні та зниження КК в бета-високочастотному діапазоні в префронтально-фронтальній та фронтально-центральної зоні лівої півкулі (рис. 3D).

Порівняння мозкових відповідей при виконанні завдання з псевдословами (ТПсл) і відповідей при виконанні завдання із справжніми словами (ТЕ), яке включає читання як необхідний елемент, дає можливість визначити мозкові відповіді, які стосуються захоплення уваги семантичним значенням слова. Як видно з рисунка 3А, під час завдання з псевдословами порівняно з тестом з емоційними та нейтральними словами відмічається зниження когерентних зв'язків на частотах від 4,0 Гц до 19,9 Гц в зоні F7-T3, яка відповідає зоні Брока, що може свідчити про менше семантичне навантаження тесту з псевдословами порівняно з тестом зі словами.

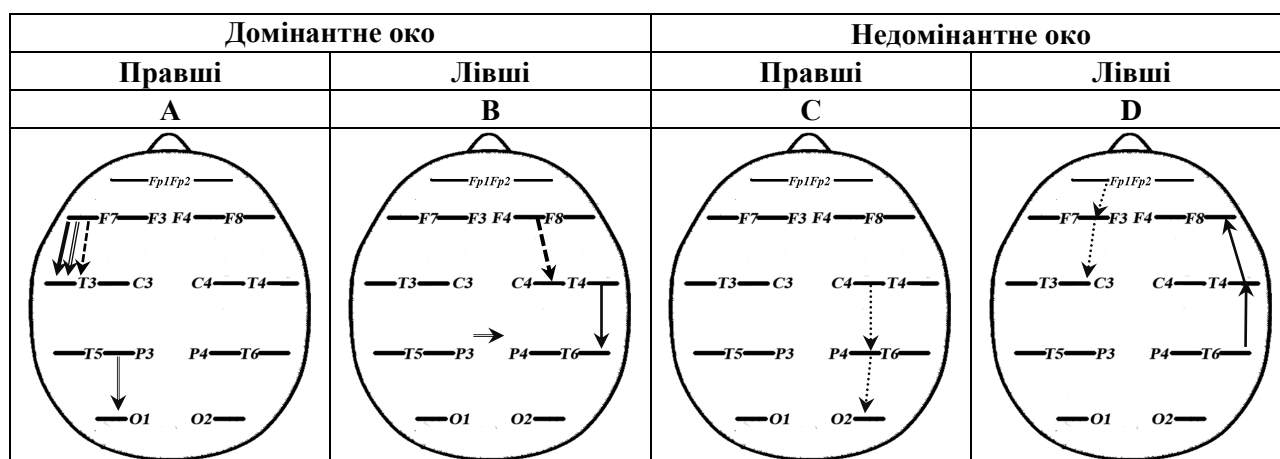


Рис. 3. Топокарти значущих відмінностей когерентності основних ритмів ЕЕГ лівшів та правшів під час ТПсл відносно ТЕ (див. рис. 1.)

Посилена активація в лівій скроневій і потиличній областях є невід'ємною частиною системи розпізнавання слів. Це особливо важливо, оскільки ліва півкуля домінує в аналізі слів, а емоційні

слова і нейтральні є частиною семантичної системи [7]. Як видно з рисунка 3, під час тесту з псевдословами синхронізація, що утворилась в цій зоні під час ТЕ, достовірно знижується в ТПсл. Зниження КК в лівій потилично-тім'яній зоні також є підтвердженням цього оскільки зв'язки при читанні в основному локалізуються в потиличних, скроневих татім'яних зонах на частотах альфа-ритму [8]. В групі лівшів (рис. 3В) також спостерігаємо зниження КК у потиличній зоні, але цей зв'язок вже є міжпівкульним.

Зниження синхронізації на частоті бета-ритму в групі правшів (рис. 3С) при сприйнятті через недомінантне око може бути спричинене припиненням пошуку асоціацій, що ймовірно було при виконанні першого завдання з емоційними словами. Відомо, що в процесі пошуку асоціацій задіяні зв'язки на частотах альфа- та бета-діапазонів, зокрема в правійтім'яній зоні [8]. У близьких часових діапазонах під час процесу читання виявляється зв'язок у передньоцентральної області, близькій до передньої поясної області, що має відношення до функції виконавчої уваги [9], зниження КК на частоті бета-ритму в лівій префронтально-фронтально-центральної зоні може свідчити на користь відсутності або менш ретельного процесу читання під час виконання другого завдання відносно першого в групі лівшів з відкритим недомінантним оком (рис. 3D). До того ж, в цій самій групі під час ТЕ відмічається ріст КК в бета-діапазоні в області F3-C3 (рис. 1D). Порівнюючи групи лівшів з відкритим доміантним оком (рис. 3В) та недомінантним оком (рис. 3D), цікавими є зміни когерентності в правій скроневій зоні. При сприйнятті через доміантне око КК в діапазоні тета-ритму зменшується, а при сприйнятті через недомінантне око, навпаки, збільшується. Оскільки в ході усвідомлення стимулів, що мають емоційне забарвлення провідну роль відіграють процеси, корелятом яких є поява тета-ритму [10], зниження КК в цьому діапазоні свідчить про відсутність таких стимулів в другому тесті (Тпсл) порівняно з першим (ТЕ) в групі з доміантним оком та про присутність емоційного фактору в ТПсл в групі з недомінантним оком.

Беручи до уваги той факт, що при обробці псевдослів зміни КК відбувались лише у контралатеральній півкулі (рис. 2), можемо припустити, що зміни в іпсилатеральній півкулі пов'язані з автоматичною обробкою семантичного значення і емоційної компоненти стимулів. Перебудова внутрішньопівкульних зв'язків при виконанні завдання ТЕ відбувалась тільки в лівшів, при перегляді доміантним (лівим) оком фокус мимовільної обробки значення слів зосереджений у лівих центрально-скроневих зонах. При перегляді недомінантним оком аналіз емоційно-забарвлених стимулів відбувається у правих лобно-центральної ділянках.

Таким чином, під час завдання з емоційними словами відбувається мимовільне читання слів, про що свідчить зниження синхронізації в альфа-діапазоні втім'яних зонах порівняно з завданням з псевдословами. У правшів таке зниження КК відбувається в межах лівої півкулі, у лівшів – в межах обох півкуль, що свідчить про утворення просторово-різних функціональних систем у правшів та лівшів при виконанні такого роду завдань. У групі правшів з відкритим недомінантним оком зниження КК в бета-діапазоні в межах правої півкулі свідчить про зменшення синхронізації структур правої півкулі, що, як відомо, бере участь у контрольованому аналізі вербальної інформації, водночас як зміни КК в групі лівшів з відкритим недомінантним оком відбувались в межах лівої півкулі, що бере участь в автоматичному аналізі [11].

#### **Висновки.**

1. При монокулярному перегляді емоційних слів та псевдослів відбуваються лише внутрішньопівкульні зміни коефіцієнтів когерентності, а отже за таких умов міжпівкульні взаємодії погіршуються.

2. Монокулярне розпізнавання кольору написання емоційних слів супроводжується змінами когерентності в обох півкулях мозку, найбільш виражене у лівшів. Натомість виконання аналогічних завдань із псевдословами веде до зниження КК в контралатеральній відкритому оку півкулі у право- та ліворуких обстежуваних.

3. Завдання з псевдословами викликають менше навантаження на відповідні структури мозку, ніж завдання з емоційними словами, про що свідчить зниження когерентних зв'язків під час виконання тесту з псевдословами.

#### *Джерела та література*

1. Бердичевская Е. М. Функциональная межполушарная асимметрия и спорт / Е. М. Бердичевская // Научный мир. – 2004. – С. 636–673.

2. Жаворонкова Л. А. Правши и левши: особенности межполушарной асимметрии мозга и параметров когерентности ЭЕГ / Л. А. Жаворонкова // Журнал высшей нервной деятельности. – 2007. – № 6. – С. 645–662.
3. Рассомагіна М. П. Електрична активність головного мозку під час монокулярної презентації вербальних стимулів в емоційному Струп-тесті / М. П. Рассомагіна, В. І. Кравченко // Вісн. Київ. ун-ту. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – 2013. – № 16. – С. 37–41.
4. Rassomagina M. Electrophysiological correlates of monocular dominant eye perception of verbal stimuli in emotional Stroop-test / M. Rassomagina, V. Kravchenko, M. Makarchuk // Lietuvos mokslų akademija. Biologija. – 2014. – № 60(2). – P. 79–95.
5. Рассомагіна М. П. Електрофізіологічні кореляти аналізу вербальних стимулів при їх монокулярному сприйнятті / М. П. Рассомагіна, В. І. Кравченко, М. Ю. Макарчук // Вісн. Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2014. – № 65. – С. 348–354.
6. Брагина Н. Н. Функциональные асимметрии человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. – М. : Медицина, 1998. – 240 с.
7. Abbassi E. Processing the emotions in words: The complementary contributions of the left and right hemispheres / E. Abbassi, K. Kahlaoui // Psychonomic Society. – 2011.
8. Николаев А. Р. Исследование корковых взаимодействий в коротких интервалах времени при поиске вербальных ассоциаций / А. Р. Николаев, Г. А. Иваницкий, А. М. Иваницкий // Журнала высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2000. – № 1.
9. Posner M. I. Constructing neuronal theories of mind / M. I. Posner, M. K. Rothbart // Large-scale neuronal theories of the brain / Eds. C.Koch et al. – Cambridge, Mass: MIT Press, 1994. – P. 183.
10. Gray J. A. The contents of consciousness: A neuropsychological conjecture / J. A. Gray // Behav. And Brain Sci. – 1995. – №.18 (4). – P. 659–722.
11. Abbassi E Processing the emotions in words: The complementary contributions of the left and right hemispheres / E. Abbassi, K. Kahlaoui // Psychonomic Society. – 2011.

**Бондаренко (Рассомагіна) М., Кравченко Виктория, Макарчук Николай. Когерентные связи основных ритмов ЭЭГ головного мозга правой и левой при монокулярном восприятии доминантным или недоминантным глазом вербальной эмоциональной информации.** Проведена сравнительная оценка когерентных связей основных ритмов ЭЭГ у 60 испытуемых (30 левшей с доминантным левым глазом и 30 правшей с доминантным правым глазом) при монокулярном выполнении Струп-теста в условиях предъявления эмоционально значимых слов или псевдослов. При монокулярном просмотре эмоциональных слов и псевдослов происходит изменение коэффициентов когерентности только в пределах одного полушария, поэтому при таких условиях межполушарные взаимодействия ухудшаются. Монокулярное распознавание цвета эмоциональных слов сопровождается изменениями когерентности в обоих полушариях мозга, наиболее выражено у левшей. Выполнение аналогичных задач с псевдословами ведет к снижению КК в контралатеральном открытому глазу полушарие в право- и леворуких испытуемых. Задания с псевдослова вызывают меньшую нагрузку на соответствующие структуры мозга, чем задания с эмоциональными словами, о чем свидетельствует снижение когерентных связей при выполнении теста с псевдослова.

**Ключевые слова:** Струп-тест, доминантный глаз, недоминантный глаз, монокулярное зрение, эмоциональные вербальные стимулы, когерентность.

**Bondarenko (Rassomagina) M., Kravchenko Viktoriya, Makarchuk Mukola. Coherent Connections of the Basic EEG Rhythms in Right-handers and Left-handers During Monocular Perception of Verbal Emotional Information Through Dominant and Non Dominant Eye.** The comparative estimation of coherent connections of the main EEG rhythms in 60 subjects (30 left-handers with left dominant eye and 30 right-handers with right dominant eye) was performed using Stroop-test with emotional words and meaningless words. During monocular vision of emotional words and meaningless words changes of coherence only within one hemisphere was observed, so under these conditions interhemispheric interactions are deteriorated. Monocular recognition of the color of the emotional words accompanied by coherence changes in both hemispheres of the brain, the most pronounced in left-handers. Instead, performance of the similar tasks with meaningless words leads to a decrease of the coherence connections in the contralateral (to the opened eye) hemisphere in right-handers and left-handers. Task with meaningless words causes less influence on the relevant brain structures than the task with emotional words, as evidenced by the reduction of coherent connections during the test with meaningless words.

**Key words:** Stroop-test, dominant eye, nondominant eye, monocular vision, emotional verbal stimuli, coherence.

Стаття надійшла до редколегії  
22.01.2015 р.