

## ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНІ КОРЕЛЯТИ АНАЛІЗУ ВЕРБАЛЬНИХ СТИМУЛІВ ПРИ ЇХ МОНОКУЛЯРНОМУ СПРИЙНЯТТІ

**М. Рассомагіна, В. Кравченко, М. Макарчук**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ННЦ «Інститут біології»  
пр. Академіка Глушкова, 2, корп. 12, Київ 03022, Україна  
e-mail: masha\_r26@ukr.net*

Досліджено особливості монокулярного сприйняття емоційних стимулів через неведуче око. Виявлено зростання спектральної потужності тета-діапазону в завданні з використанням емоціогенної лексики, за умови презентації слів у неведуче око. Показано зникнення різниці латентних періодів реакції правої та лівої руки на емоційні слова при сприйнятті інформації через неведуче око. Виявлено, що нерелевантна до завдання емоційна інформація здатна викликати емоційне напруження обстежуваних при експозиції у неведуче око. Виконання завдання зі словами викликало більшу активацію тім'яно-потиличної зони в іпсилатеральній відкритому оку півкулі мозку порівняно із тестом, що включав тільки псевдослова.

*Ключові слова:* недомінантне око, Струп-тест, емоційні стимули, ЕЕГ.

Зорову домінантність визначають як тенденцію надавати перевагу візуальній інформації, що надходить з одного (домінантного) ока, на відміну від інформації з іншого (недомінантного) ока [10]. Виділяють три статистично незалежні фактори, що лежать в основі визначення домінантного ока, а саме: око з кращою гостротою зору; око, що домінує під час біокулярного суперництва; око, що використовується при прицілюванні. Дослідники виявили, що ці три фактори є незалежними, а зорова домінантність, вирахована за допомогою одного критерію, не збігається з такою за допомогою іншого критерію [6]. У той же час в ряді досліджень було виявлено єдине прицільно-домінуюче око для кожної протестованої людини у групі тестів на прицільне домінування [13]. Фізіологічні основи розділення вхідної інформації від лівого та правого ока за зоровою домінантністю наразі не є достатньо вивченими. На сьогодні відомо, що у приматів більша частина волокон зорового тракту з лівого та правого ока закінчуються на монокулярній пластинці бічного колінчастого тіла. Від цих ядер далі йдуть проекції в первинну зорову кору (V1) і, відображаючи входи інформації від лівого чи правого ока, закінчуються в зоні С4, де організуються в колонки зорової домінантності. У кортикальних пластах вище та нижче зони С4 нейрони варіюють у силі відповіді на стимуляцію сітківки обох очей, від відповіді лише на стимули з одного ока до однакових відповідей на подразники від двох зорових каналів [9]. Таким чином лише в зоні С4 клітини отримують іннервацію ексклюзивно від одного ока. В фМРТ дослідженнях було показано, що зони, які отримують проекції від домінантного ока, більше активуються в умовах монокулярного споглядання недомінантним оком, ніж зони, які отримують проекції від недомінантного ока під час стимуляції домінантного ока [8]. У обстежуваних з «домінантним правим оком» монокулярна стимуляція правого ока активує більшу частину первинної зорової кори, на відміну від стимуляції лівого ока. Подібна асиметрія не спостерігалася для обстежуваних із «домінантним лівим оком» [13], ймовірно з причини більш амбілатерального представлення вербальних функцій у лівшів, порівняно з правшами [2]. У наших попередніх дослідженнях було показано, що презентація вер-

бальних стимулів різного типу супроводжувалася відмінним патерном мозкової активності залежно від презентації стимулів у домінантне чи недомінантне око в осіб із ведучою правою рукою. Виконання завдання за наявності емоційних слів у тесті супроводжувалося зростанням спектральної потужності (СП) в тета-діапазоні, що відображає емоційне напруження, при їх презентації у ліве око, в той час як виконання аналогічного завдання при презентації у праве око супроводжувалося ростом високочастотних компонентів спектра ЕЕГ, що відображає когнітивні процеси, контрольовані низхідною (top-down) системою уваги, яка активується внутрішніми процесами, на відміну від автоматичної уваги [4]. Оскільки емоційні слова чинять виражений вплив на обстежуваних при експозиції саме у недомінантне око, важливим є розділення внеску домінантного зорового каналу й асиметричних структур півкуль головного мозку в обробку емоційних стимулів, адже відомо, що в обробці емоційних слів беруть участь обидві півкулі, спочатку ліва, що залучена до автоматичного аналізу вербальної інформації, пізніше права, що відповідає вже за контрольований аналіз [5].

Метою роботи було проаналізувати, чи відрізняється мозкова обробка вербальних стимулів за умови їх монокулярного сприйняття через недомінантне око, і зокрема порівняти патерни електричної активності мозку при перегляді слів різного змісту лівим оком у правшів і правим оком у лівшів. Ми використовували завдання, розроблені на основі емоційного Струп-тесту, в якому обстежуваним треба розпізнавати колір написання слів, не читаючи їх. Даний феномен активно вивчався впродовж попереднього десятиріччя [11], і, незважаючи на деякі протиріччя [3] між дослідженнями авторів, в цілому показано, що емоційні слова викликають «захоплення» уваги людини, незважаючи на свідому установку людини ігнорувати семантичне значення слів. Це виявляється подовженням часу реагування на такі слова порівняно з нейтральними, подовженням часу реакції на нейтральні слова, що презентуються одразу після «заборонених» слів, кращим пригадуванням емоційних слів при несподіваному проханні їх відтворити, більшою кількістю помилок у тестах, що містять емоційні слова, тощо [12]. Досліджуване питання є актуальним, адже розуміючи вплив семантичного значення слова за умов його нерелевантності, можна діяти на підсвідомість людини, не привертаючи її прямої уваги до проблеми. Це є корисним інструментом у психотерапії (лікування залежностей, фобій), а також як дієвий спосіб привертання уваги в комерційній і соціальній рекламі.

#### **Матеріали та методи**

В обстеженні брали участь 60 студентів обох статей, віком 18–22 років. Згідно з профілем міжпівкульної асиметрії, який визначали за методикою [1], обстежувані були поділені на 4 групи, кожна з яких складалася з 15 осіб. Дві монокулярні групи (перша: обстежувані з ведучою правою рукою і неведучим лівим оком, друга: обстежувані з ведучою лівою рукою і неведучим правим оком) виконували завдання, користуючись одним оком, і дві біокулярні групи, сформовані з аналогічних обстежуваних, виконували завдання, використовуючи обидва ока. Обстежувані виконували спочатку перший тест, який складався зі суміші емоційно забарвлених і нейтральних слів (ТЕ), другий тест був аналогічний, лише складався із «псевдослів» – набору літер, що нагадували слова, проте були позбавлені сенсу (ТПсл). Через 10 хв після закінчення першого тесту обстежуваних просили відтворити по пам'яті слова, який вони бачили на екрані.

В обох тестах обстежуваним слід було визначити, яким кольором написане слово, не читаючи його. Відповідною реакцією мало бути натискання певних клавіш правою (якщо слово написане червоними літерами) або лівою рукою (якщо слово написане зеленими літерами). Реєстрували латентні періоди (ЛП) (середній для правої та лівої рук, окремо

для різних типів стимулів – нейтральних і емоційних) та кількість помилкових реакцій у кожному тесті.

У ході експерименту відбувалася реєстрація ЕЕГ за такою схемою: у 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. Для роботи використовували діагностичний комплект «Нейрон-Спектр» (ООО «Нейрософт», Росія), ЕЕГ реєстрували монополярно, 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), латеральнофронтальних (F7/F8), центральних (C3/C4), передніх (T3/T4) та задніх скроневих (T5/T6), тім'яних (P3/P4) і потиличних (O1/O2). Для аналізу ЕЕГ-показників використовували тільки безартефактні фрагменти запису. За допомогою програмного забезпечення «Нейрон Спектр» на основі алгоритму швидкого перетворення Фур'є обчислювали спектральну потужність 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.

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакету STATISTICA 7.0 (Statsoft, USA, 2004). Оскільки розподіл більшості показників, отриманих у 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 приймали рівним  $p=0,05$ . Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид (Me [25%; 75%]).

### Результати і їхнє обговорення

Аналіз змін електричної активності мозку в групах з відкритим неведучим оком під час проходження тесту зі словами (ТЕ) щодо стану спокою виявив характерні зміни спектральних компонентів ЕЕГ (рис. 1, А).

У обстежуваних, які проходили тест із відкритим лівим оком (праворукі), виявлено генералізоване зростання СП тета-ритму у всіх ЕЕГ-відведеннях, окрім передньолобних, щодо стану спокою (відкриті очі). Це може відображувати ріст емоційного напруження обстежуваних під час виконання завдання. Схожа картина відмічається й у лівшів (рис. 1, Б), зростання СП тета-ритму супроводжується зниженням потужності альфа-ритму в правому центральному, тім'яних, задніх скроневих відведеннях, локальне зростання СП бета-високочастотного діапазону в Fp2, P4.

В обстежуваних, що дивилися лівим оком (правші), у тесті з псевдословами відзначали ріст СП тета-ритму в середньофронтальних і лівій скроневій зонах, а також зниження СП бета1-піддіапазону в лівих лобних зонах, а також падіння СП тета-ритму в правому латеральнофронтальному та лівому задньоскроневому відведеннях відносно попереднього стану перепочинку.

У групі з відкритим правим оком (лівші) зростання СП тета-ритму має лівоцентральне орієнтування, що, згідно з теорією «розщеплення центральної ямки» [7], може бути пов'язане з переважним потраплянням стимулів у праве поле зору. У цій же групі спостерігається зниження СП альфа-ритму в префронтальних зонах, а також у відведеннях F3 та T6.

В обох групах при виконанні тесту з псевдословами порівняно з тестом зі словами спостерігається підвищення СП альфа-ритму, що у правшів має лівоорієнтованих харак-

тер, у лівшів – правоорієнтований, тобто іпсилатерально до відкритого неведучого ока. Підтвердження цих спостережень можна знайти у дослідженнях інших авторів. Так, ранне розпізнавання емоційних слів порівняно з нейтральними з’являється після 100–140 мс демонстрації стимулу, коли топографія емоційних слів, представлених у правому зоровому полі, демонструє двобічну активацію в латеральних потиличних регіонах, з більшою активацією у правій півкулі. Скальптопографія в інших умовах (емоційні слова пред’являються в лівому зоровому полі, а нейтральні – в кожному з зорових полів) показує активацію аналогічних регіонів, але головним чином у лівій півкулі [5].

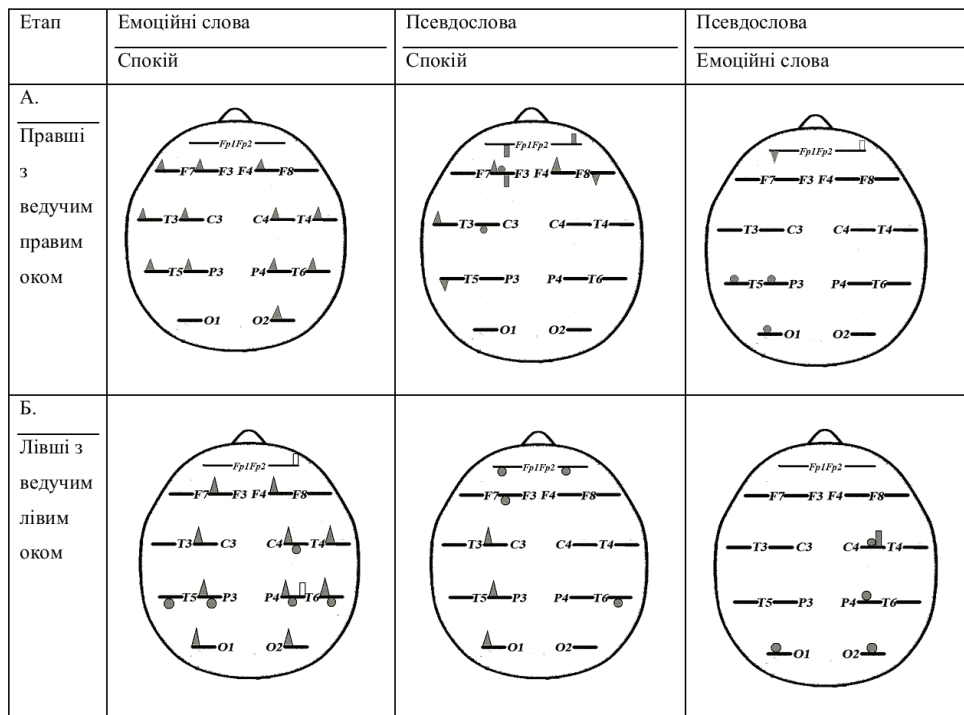


Рис. 1. Топокарти значущих відмінностей спектральної потужності (СП) основних ритмів ЕЕГ праворуких обстежуваних з **відкритим неведучим лівим оком** (n=15) (А) та ліворуких обстежуваних з **відкритим неведучим правим оком** (n=15) (Б) на різних етапах експерименту. Горизонтальною лінією вказана відсутність вірогідної різниці між значеннями СП у відповідних відведеннях. Знак над рисочкою – зростання показника, знак під рисочкою – зниження показника.  $\Delta$  – зміни СП тета-діапазону;  $\bullet$  – зміни СП альфа-діапазону;  $\square$  – зміни СП низькочастотного та високочастотного піддіапазонів бета-ритму.

Так, у обстежуваних, що виконували тест із відкритим лівим оком, відмічали зростання СП альфа-ритму в лівих скронево-потиличних зонах, що відображає зниження рівня активації мозку порівняно з першим завданням, зниження СП тета-ритму в лівій префронтальній зоні та підвищення СП високочастотного бета-ритму в правій префронтальній зоні. Фактично, спостерігаємо локальну кіркову активацію в правій префронтальній зоні. Можна припустити, що обробка інформації в цьому тесті потребує менших зусиль від обстежуваних в обох тестових групах, що також підтверджується значуще меншою кількістю помилок 3 [1, 7] порівняно з тестом зі словами 6 [4, 10] (див. таблицю). Складається таке враження, що нерелевантна завданню емоційна інформація, яка потрапляє до мозку через

недомінантний зоровий канал, здатна викликати більше емоційне напруження обстежуваних [4].

Кількість помилок і пригаданих слів після виконання завдання із використанням справжніх слів (Медіана; 25%; 75%)

Група	Кількість вірно відтворених слів, шт.			Кількість помилок	
	Емоційні слова	Нейтральні слова	Всього	Тест зі словами	Тест із псевдословами
Правші з ведучим правим оком					
Ліве око відкрите (n=15)	5 [4;6] **	2 [1;2]	6 [5;8]	6 [4;10] #	3 [1;7]
Контроль (n=15)	5 [2;6] **	1 [0;2]	5 [3;8]	5 [5;6] #	3 [2;5]
Лівші з ведучим лівим оком					
Праве око відкрите (n=15)	3 [2;3] **	0 [0;1]	4 [2;4]	4 [3;7] #	2[2;3]
Контроль (n=15)	4 [2;6] **	0 [0;1]	4 [2;6]	5 [2;6]	3 [0;6]

**Примітки.** \*\* –  $p < 0,01$  достовірність різниці порівняно з нейтральними словами; # –  $p < 0,05$  достовірність різниці порівняно з тестом із псевдословами.

На користь даного твердження свідчать показники ЛП сенсомоторних реакцій (рис. 2). Так, у групі правшів, що виконували завдання (ТЕ) з відкритим недомінантним лівим оком ЛП лівої руки на емоційні слова значуще не відрізняється від ЛП правої руки за рахунок підвищення часу називання кольору емоційного слова як правою, так і лівою рукою. Це може бути доказом активного залучення систем обох півкуль в аналіз емоційного контексту саме у групі з активним недомінантним оком, адже у групі бінокулярів (контроль) різниця ЛП правої та лівої рук зберігається (що є логічним з огляду розташування мовного центру в лівій півкулі).

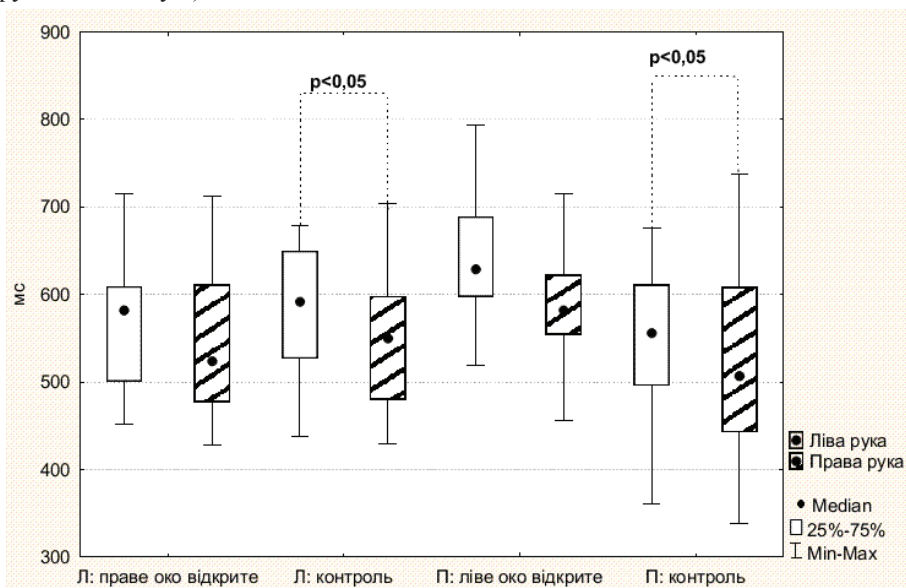


Рис. 2. Латентні періоди реакції на емоційні слова в різних групах обстежуваних. Л: лівші, з неведучим правим оком; П: правші, з неведучим лівим оком.

Аналогічно спостерігаємо відсутність статистично значущої різниці ЛП лівої та правої руки на емоційні слова у групі лівшів під час виконання завдання з відкритим недомінантним правим оком.

Несподіване прохання пригадати слова, що були використані у першому завданні, виявило вірогідно краще відтворення емоційних слів порівняно з нейтральними у всіх групах, що вказує на преференцію мозкових ресурсів в обробці емоційної лексики порівняно з нейтральною (див. таблицю). При цьому відмінностей у кількості пригаданих слів між різними групами не спостерігалось. Слова, які містять емоційно значущі для людини компоненти, викликають «захоплення» уваги, незважаючи на свідому установку ігнорувати семантичне значення слів, про що свідчить більший відсоток пригаданих емоційних слів у всіх групах, аналогічно даним наших попередніх досліджень [4]. Для відповіді на питання, чи ріст СП тета-ритму при баченні через недомінантне око пов'язаний зі специфікою незвичної стимуляції недомінантного ока доцільним буде дослідити групи ліворуких і праворуких обстежуваних в умовах сприйняття інформації через домінантне око.

Генералізований ріст спектральної потужності тета-ритму по всіх зонах відбувався при презентації емоційних стимулів у недомінантне око як у групі лівшів, так і у групі правшів в обох півкулях, що відображає емоційне напруження обстежуваних. Неможливість ігнорувати емоційний контекст позначається більшою кількістю помилок під час проходження тесту з емоційними словами стосовно тесту із псевдословами. При виконанні завдання з відкритим неведучим оком латентний період реакції лівої руки на емоційні слова значуще не відрізняється від такої праві руки для лівшів і правшів. Це може бути доказом активного залучення обох півкуль в аналіз емоційного контексту саме у групі з відкритим недомінантним оком.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Брагіна Н. Н., Доброхотова Т. А. Функциональные асимметрии человека. М.: Медицина. 1988. 240 с.
2. Доброхотова Т. А., Брагіна Н. Н. Левши. М.: Книга, 1994. 231 с.
3. Костенко С. С., Кравченко В. І., Макарчук М. Ю. Тест для оцінки явища інтерференції при обробці нерелевантних емоційно-значущих вербальних стимулів // Наук. вісн. Волин. ун-ту. Біол. науки. 2008. Вип. 3. С. 70–73.
4. Рассомагіна М. П., Кравченко В. І. Електрична активність головного мозку під час монокулярної презентації вербальних стимулів в емоційному Струп-тесті // Вісн. Київ. ун-ту. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. 2013. Вип. 16. С. 37–41.
5. Abbassi E., Kahlaoui K., Wilson M. A., Joannette Y. Processing the emotions in words: the complementary contributions of the left and right hemispheres // Cogn. Affect. Behav. Neurosci. 2011. Vol. 11(3). P. 372–385.
6. Coren S., Kaplan P. Patterns of ocular dominance // Am. J. Optom. Physiol. Optics. 1979. Vol. 50. P. 283–292.
7. Ellis A., Brysbaert M. Split fovea theory and the role of the two cerebral hemispheres in reading: a review of the evidence // Neuropsychologia. 2010. Vol. 48. N 2. P. 353–365.
8. Goodyear B., Menon R. EPI BOLD fMRI Reveals Ocular Dominance Dependence on Dominant Eye // 6<sup>th</sup> Annual meeting, International Society of Magnetic Resonance in Medicine, Sydney, 1998.
9. Hubel H., Wiesel N. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex // Physiol. Lond. 1962. Vol. 160. P. 106–154.
10. Khan A., Crawford J. Ocular dominance reverses as a function of horizontal gaze angle // Vision Res. 2001. Vol. 41. N 14. P. 1743–1748.
11. Kissler J., Assadollahi R., Herbert C. Emotional and semantic networks in visual word processing: insights from ERP studies // Prog. Brain Res. 2006. Vol. 156. P. 147–183.
12. MacKay D., Shafto M., Taylor J. et al. Relations between emotion, memory, and attention:

evidence from taboo stroop, lexical decision, and immediate memory tasks // Mem. Cognit. 2004. Vol. 32. N 3. P. 474–488.

13. Rombouts A., Barkhof F., Sprenger M. et al. The functional basis of ocular dominance: Functional MRI (fMRI) finding // Neurosci. Lett. 1996. Vol. 221. P. 1–4.

*Стаття: надійшла до редакції 03.10.13*

*доопрацьована 30.12.13*

*прийнята до друку 16.01.14*

### ELECTROPHYSIOLOGICAL CORRELATES OF VERBAL STIMULI ANALYSIS DURING THEIR MONOCULAR PERCEPTION

**M. Rassomagina, V. Kravchenko, M. Makarchuk**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv  
Educational and Scientific Centre «Institute of Biology»  
2, Academician Glushkov Ave., Kyiv 03022, Ukraine  
e-mail: masha\_r26@ukr.net*

Peculiarities of monocular analyses of emotional words thought nondominant eye was investigated. Revealed increase of theta- activation in task which contains emotional connotation in case of nondominant eye perception. It was showed disappearance of difference in latency of response between left and right hand when emotional information is perceived through nonleading eye. Revealed, that irrelevant emotional information in this task can cause emotional tension in subject while exposing in nondominant eye. The greater activation of parietal-occipital area of the ipsilateral to opened eye hemisphere was found during task with real words compared to the test which included only meaningless words.

*Keywords:* nondominant eye, Stroop test, emotional stimuli, EEG.

### ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ АНАЛИЗА ВЕРБАЛЬНЫХ СТИМУЛОВ ПРИ ИХ МОНОКУЛЯРНОМ ВОСПРИЯТИИ

**М. Рассомагіна, В. Кравченко, Н. Макарчук**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
НУЦ «Институт биологии»  
пр. Акад. Глушкова, 2, корп. 12, Киев 03022, Украина  
e-mail: masha\_r26@ukr.net*

Исследовали особенности монокулярного восприятия эмоциональных стимулов через недоминантный глаз. Был выявлен рост спектральной мощности тета-диапазона в задании с использованием эмоциогенной лексики, при презентации слов в недоминантный глаз. Показано исчезновение разницы латентных периодов реакции правой и левой руки на эмоциональные слова при восприятии информации через недоминантный глаз. Обнаружено, что иррелевантная заданию эмоциональная информация способна вызвать эмоциональное напряжение испытуемых при экспозиции в недоминантный глаз. Выполнение задания со словам вызвало большую активацию теменно-затылочной зоны в ипсилатеральном открытому глазу полушарии мозга по сравнению с тестом, включавшим только псевдослова.

*Ключевые слова:* недоминантный глаз, Струп-тест, эмоциональные стимулы, ЭЭГ.