

УДК 612.8

М.П. Бондаренко (Рассомагіна), В.І. Кравченко
О.В. Бондаренко, М.Ю. Макаруч

ЕЕГ-КОРЕЛЯТИВНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ ЕМОЦІЙНОГО СТРУП ТЕСТУ НА ФОНІ ПРЕД'ЯВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ IAPS

Метою дослідження стало вивчення особливостей аналізу інформації різного ступеня складності у лівих та правих з використанням псевдослів, емоційного Струп-тесту окремо та на фоні картинок різної валентності та рівнем активації (arousal) з міжнародної бази IAPS. В обстеженні взяли участь 70 студентів обох статей.

За однакових умов емоційний Струп тест на фоні зображень IAPS (позитивних, еротичних, нейтральних, негативних) викликає більше зон активації та більшу кількість когерентних зв'язків, ніж на чорному фоні. Аналіз картинки здатний інтерферувати з аналізом слова, що відображається в виникненні реверсії ефекту Струпа, але не впливає на точність виконання завдання. Ефект Струпа, що виражається в подовженні часу називання емоційно-забарвленого слова проявляється лише за умови його демонстрації на фоні еротичної картинки та відносно нейтрального слова на фоні нейтральної картинки. Розподіл уваги та контроль точності виконання завдання у правих забезпечується на частотах тета ритму. Всі слова на фоні зображень IAPS аналізувались довше, ніж аналогічні слова на чорному фоні.

Ключові слова: емоційний Струп-тест, IAPS, псевдослова.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах стрімкого розвитку новітніх технологій мегабайти різномірної інформації щосекунди надходять до аналізуючих систем головного мозку людини, які часто не справляються з подібними об'ємами, що може бути однією з причин виникнення хронічної втоми [1] та розсіяності уваги [2] на робочому місці та, як наслідок, низької продуктивності праці. Загально визнаним є факт, що через обмежену потужність ресурсів обробки інформації стимулам необхідно змагатись за ресурси сенсорного аналізу [3, 4]. Зокрема, емоційні стимули здатні захоплювати ресурси обробки візуальної інформації, привертати увагу на відміну від емоційно-нейтральних стимулів [5, 6]. Класичною моделлю для дослідження мимовільної та вибіркової уваги є емоційний Струп-тест [7], в літературі відомий як модифікація класичного Струп-тесту [8]. На сьогоднішній день, посилюючись на феномен Струпа, відомо, що час називання кольору, яким написано слово, за умови неузгодження з семантичним значенням слова, зростає [5]. Із розпізнаванням слів найчастіше пов'язують задню ділянку скронево-потиличної кори лівої півкулі (visual word form area, VWFA) – прилеглу до веретенної звивини. Активація цієї зони відбувається при появі стимулів, що складаються з літер незалежно від їх розташування у просторі [9]. Також в автоматичному (мимовільному) аналізі лексичних одиниць задіяна задня нижня скронева звивина разом із VWFA [10]. З аналізом емоційного контексту стимулів загалом, і слів зокрема пов'язують тим'яноскроневі ділянки неокортекса та мигдалину, що активуються через реципрокні зв'язки. Також показано, що при обробці емоційно значущих слів відбувається більша активація лівої екстрастріарної кори порівняно із нейтральними стимулами [11], а при появі на екрані цільових слів із негативним зареєстровано активність дорзолатеральної префронтальної кори та передньої поясної звивини [12].

В наших попередніх дослідженнях було показано, що за умови сприйняття емоційної інформації через недомітане око обстежувані сильно відволікались на емоційний контекст слова, що пред'являлось у центрі чорного екрану, хоч головним завданням було реагувати на колір слова. Аналіз спектральної потужності говорить про

емоційне збудження опосередковане генералізованим зростанням СП тета-ритму, а відносно більша кількість помилок – про погіршення точності виконання завдання [13]. Натомість, сприйняття інформації через домінантне око супроводжується відмінним паттерном мозкової активності – зростання СП потужності бета-ритму, відсутність помилок, точність виконання завдання [14], що говорить про наявність певного механізму захисту уваги від відволікаючої інформації. Оскільки в повсякденному житті людина сприймає інформацію обома очима, в даній роботі ми показали відмінності в мозковій обробці слів та псевдослів на фоні чорного екрану та картинок з міжнародної бази афективних зображень IAPS. Вивчення нейрофізіологічних механізмів, що лежать в основі перемикування фокусу уваги з основного завдання на другорядне є підґрунтям для розробки програм захисту людини від відволікаючої інформації.

Методика

В дослідженні як обстежувані брали участь 70 студентів обох статей, віком 18–22 років (45 правшів, 45 лівшів). Експеримент складався з 2 етапів. На першому етапі обстежувані (n= 30: 15 правшів, 15 лівшів) виконували 2 тести: 1) так званий «емоційний» тест (ТЕ), в якому треба було визначати колір написання емоційно забарвлених та нейтральних слів; 2) наступний тест був аналогічним першому, але при цьому обстежуваним потрібно було визначити колір написання «псевдослів», які були набором літер, позбавлених будь-якого сенсу (ТПсл). На другому етапі вже зовсім другі обстежувані (n= 40: 20 правшів, 20 лівшів) виконували 4 завдання (Т1-Т4). У 4 тестах завдання було однакове - виконати «емоційний» тест (ТЕ), що включав реакції на емоційно забарвлені та нейтральні слова. У всіх тестах обстежуваним слід було визначити яким кольором написане слово, не читаючи його, на фоні різних картинок. При цьому обстежувані мали натиснути певну клавішу правою рукою, якщо слово було написане червоними літерами або лівою рукою, якщо слово було написане зеленими літерами. У всіх тестах завдання було однакове, відрізнялось лише валентністю та рівнем активації (arousal) фонові картинка. У якості фонових картинок використовували зображення з банку Міжнародної системи афективних зображень (IAPS). З цього ряду зображень були відібрані чотири групи стимулів: позитивні (для першого тесту (Т1)), еротичні (для другого тесту (Т2)), нейтральні (для третього тесту ((Т3) та негативні (для четвертого тесту ((Т4).

В ході 1-го етапу експерименту при виконанні двох тестів у всіх обстежуваних реєстрували ЕЕГ за наступною 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 – 2хв., стан спокою (закриті очі) – 2 хв.

В ході 2-го етапу експерименту при виконанні 4 тестів у всіх обстежуваних реєстрували ЕЕГ за наступною схемою: стан спокою (СП 1) – 2 хв., під час виконання Т1 – 2 хв., стан спокою (СП 2) – 2 хв., під час виконання Т2 – 2 хв., стан спокою (СП 3) – 2 хв., під час виконання Т3 – 2 хв., стан спокою (СП 4) – 2 хв., під час виконання Т4 – 2 хв.

Реєстрували середні латентні періоди (ЛП) (окремо для різних типів стимулів – нейтральних та емоційних, на фоні різних картинок) та кількість помилкових реакцій в кожному тесті.

ЕЕГ реєстрували, використовуючи діагностичний комплект «Нейрон-Спектр» (ООО «Нейрософт», Росія), ЕЕГ реєстрували монополярно, як референтний використовували іпсілатеральний 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 (Т3/Т4) та задніх скроневих (Т5/Т6), тім'яних

(P3/P4) та потиличних (O1/O2). Для аналізу ЕЕГ-показників використовувались лише безартефактні фрагменти запису. З допомогою програмного забезпечення «Нейрон Спектр» на основі алгоритму швидкого перетворення Фур'є обчислювали спектральну потужність (СП) для наступних 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. В аналіз брали коефіцієнти когерентності, що перевищували 0,5. Для оцінки рівня внутрішньопівкульної інтеграції використовували наступні 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. C4–O2, Fp1–T3, Fp2–T4, T3–O1, T4–O2; міжпівкульну інтеграцію оцінювали на основі КК між наступними парами відведень: Fp1–Fp2, F3–F4, C3–C4, P3–P4, O1–O2, F7–F8, T3–T4, T5–T6.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету STATISTICA 7.0 (Statsoft, USA, 2004). Оскільки розподіли більшості показників, отриманих в цих дослідженнях, був відмінним від нормального (за критерієм Лілліфора), при порівнянні залежних вибірок застосували непараметричний Т-критерій знакових рангів Вілкоксона, для незалежних вибірок – Мана-Уїтні. 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%]).

Результати та їх обговорення

Оцінка показників спектральної потужності та коефіцієнтів когерентності під час проходження ТЕ, показала, що в групі правшів (рис.1А) за умов бінокулярного зору при виконанні завдання з емоційними словами спостерігається збільшення СП тета-ритму в обох лобних та тім'яно-скроневоїй зонах правої півкулі на фоні зростання СП бета-ритму в префронтальних, потиличних та правій лобній зонах. Під час завдання з такими словами зростає коефіцієнт когерентності на частотах тета-ритму в центральній та тім'яній парах, зниження когерентності тета-ритму в тім'яно-потиличній парі та бета-низькочастотного в префронтально-фронтальній парі правої півкулі, альфа-ритму в фронтально-скроневоїй парі лівої півкулі.

У ліворуких обстежуваних під час виконання цього тесту реєстрували суттєву активність мозку по всьому скальпу, що виражалась у зростанні СП в тета- і бета-діапазонах (рис.1В). Коефіцієнт когерентності в діапазоні альфа ритму достовірно збільшився в тім'яній парі, бета-високочастотного ритму в центральній та тім'яній парах обох півкуль, зменшився в діапазоні альфа ритму в префронтально-фронтальній парі лівої півкулі.

Оцінка показників спектральної потужності та коефіцієнтів когерентності під час проходження тесту з псевдословами (ПС-тест) показала, що в групі правшів (рис.1В) за умов бінокулярного сприйняття спостерігається лише тенденція ($p=0,06$) до зниження потужності низькочастотного бета-діапазону в центральних та скроневих ділянках правої півкулі порівняно із попереднім станом спокою із відкритими очима. КК (рис.1Г) зменшується в бета-низькочастотному діапазоні в центральній та тім'яній парах. В цілому у правшів результати змін як СП, так і когерентності свідчать про значно нижчий рівень навантаження при виконанні цього завдання порівняно із сприйняттям вербальної емоційної інформації першого тесту. Разом з тим, в групі лівшів (рис.1Г) за таких умов спостерігається зростання СП тета-ритму в фронтальних, центральних, тім'яних, задніх скроневих зонах обох півкуль і потиличній зоні лівої півкулі, а також бета-низькочастотного діапазону в зонах C3, P4. КК достовірно зростає

в діапазоні тета-ритму в центральній парі і зменшується в діапазоні альфа-ритму в тім'яній парі та тім'яно-потиличній парі лівої півкулі.

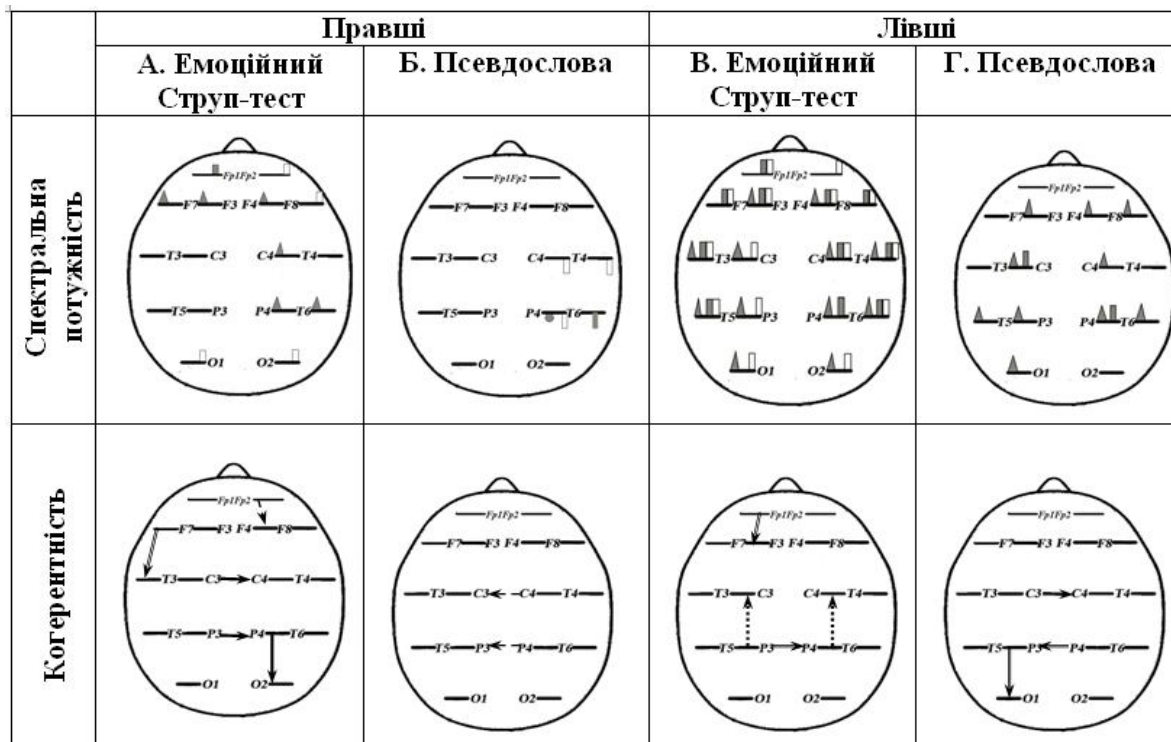


Рис. 1. Топокарти значущих відмінностей спектральної потужності (СП) та когерентності (К) основних ритмів ЕЕГ правшів та лівшів під час 2 різних тестів відносно стану спокою

СП. Горизонтальна лінія - відсутність вірогідної різниці між значеннями СП у відповідних відведеннях. Знак над лінією – зростання СП, знак під лінією – зниження СП.

▲ - зміни СП тета-діапазону, ● - зміни СП альфа-діапазону; ▨ - зміни СП низькочастотного та високочастотного піддіапазонів бета-ритму;

К. Стрілка направлена вгору (або вліво) – збільшення когерентності, стрілка направлена вниз (або вправо) – зменшення когерентності.

— - 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.

Тонка смуга – коефіцієнт когерентності > 0,5.

Товста смуга - коефіцієнт когерентності > 0,7.

Отже, тест з псевдословами несе менше навантаження на аналізуючі системи головного мозку, що відображається в меншій кількості зон активації, а також зниженні когерентних зв'язків як у лівшів, так і правшів порівняно з тестом зі справжніми словами. Оскільки тест з псевдословами не несе ніякого семантичного навантаження, робимо припущення, що обстежувані не перемикали фокус уваги з кольору слова на його значення. До того ж, латентні періоди реакції на псевдослова достовірно менші ніж на справжні слова як для правшів, так і для лівшів (рис.2).

Нагадаємо, що в ході 2-го етапу експерименту обстежувані виконували аналогічний емоційний Струп-тест, але на фоні 4 різних блоків картинок. З рисунків 3 та 5 одразу видно більшу кількість зон активації та когерентних зв'язків під час тесту на фоні зображень IAPS порівняно з тестом на чорному фоні (рис.1), що більш виражено у правшів. Генералізований ріст СП тета ритму спостерігається для всіх блоків картинок (рис.3.А,Б,В,Г), з деяким послабленням для 4-го блоку (негативні

картинки), що може бути пов'язаний з фокусуванням уваги, розумовим напруженням і ефективною обробкою стимулів.

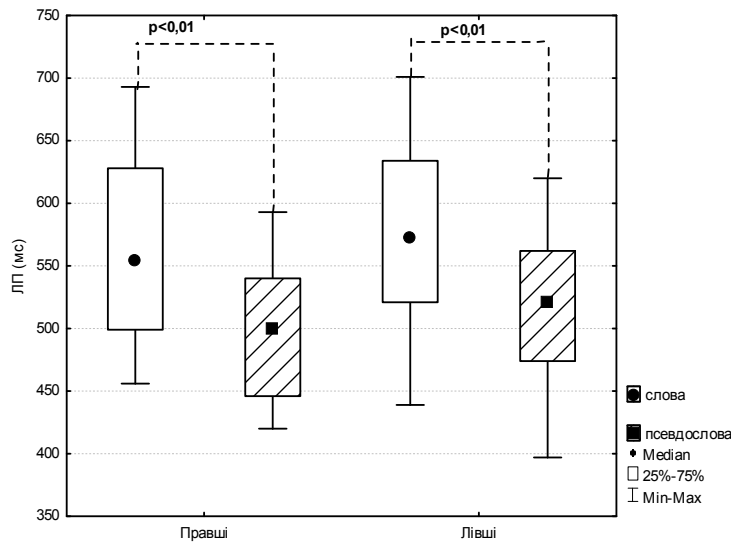


Рис.2 Латентні періоди реакції на справжні слова та псевдослова в групі правшів та лівшів

Примітки: $p < 0,01$ – достовірна різниця між тестами зі слова відносно тесту із псевдословами

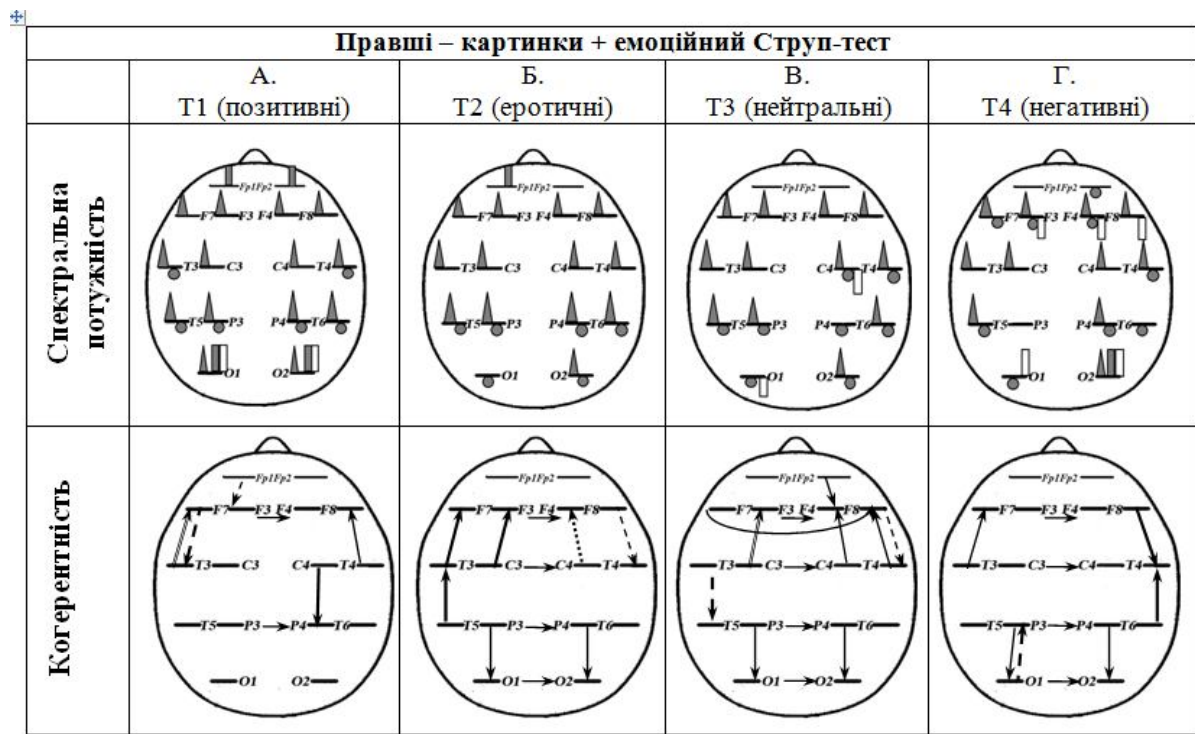


Рис. 3 Топокарти значущих відмінностей спектральної потужності (СП) та когерентності (К) основних ритмів ЕЕГ правшів під час 4 різних тестів відносно стану спокою

Примітки. Див.рис.1

Було описано, що генератором активності тета ритму у середньо-фронтальних зонах є передня поясна кора [15], що залучається у роботу в процесі виявлення

неузгодження між семантичним значенням слова, та його візуальним відображенням на екрані, як у ситуації з кольором написання [16]. Посилена активація тета ритму в скронево-потиличних зонах також була показана під час перегляду афективних зображень з негативною валентністю [17]. Під час першого блоку картинок (рис.3А) спостерігаємо ріст піддіапазонів бета-ритму в перифронтальних та потиличних зонах обох півкуль, що за даними різних авторів, свідчить про обробку мультимодальних стимулів при об'єднанні характеристик подразників в єдине ціле [18]. Також спостерігаємо збільшення цього показника в лівій префронтальній зоні під час 2-го блоку картинок, зменшення в С4 та О1 під час 3-го блоку картинок, збільшення в потиличній зоні та зменшення в фронтальній зоні (F3, F4, F8) під час 4-го блоку картинок. Бета ритм більш виражений в лобних ділянках та інших зонах під час інтенсивної розумової роботи [19], що в 1-му блоці не пов'язане з кольоровим фоном, оскільки аналогічний результат був отриманий в попередній серії експерименту, де фон був чорний (рис.1А). Під час всіх блоків картинок спостерігається зменшення СП альфа ритму переважно в тім'яно-скроневих (рис. 3 А,Б,Г,Д), потиличних (рис.3 Б,В,Г) зонах. Альфа-ритм частотою 8-13 Гц реєструється у стані спокійного неспання і звичайно є більш вираженим над потиличною і тім'яною зонами [19]. Блокування чи послаблення альфа-ритму спостерігається при зростанні уваги, особливо до зорових стимулів, та при розумовому навантаженні [20]. Оскільки стимули в експерименті були мультимодальними, обстежувані мали ігнорувати не тільки семантичне значення слів (рис.1), а ще й фонову картинку, що в різних блоках відрізнялась валентністю та рівнем збудження (arousal), зниження СП альфа ритму можна пов'язати з аналізом цієї картинки, оскільки таких змін не спостерігалось під час першого етапу дослідження.

Розглянемо середні латентні періоди реакції (ЛП) окремо на нейтральні та емоційно-значущі слова на фоні 4 різних блоків картинок (рис.4). Ми не отримали різниці для нейтральних та емоційно-значущих слів в межах одного тесту, тобто ефект Струпа не спостерігався, але під час аналогічного порівняння на фоні різних блоків картинок різниця була достовірною. ЛП на нейтральні слова на фоні позитивної картини достовірно більший, ніж на емоційні слова на фоні позитивної та еротичної картинок, на нейтральне слово на фоні еротичної картини більший, ніж на емоційне слово на фоні нейтральної картини. Водночас, ЛП на емоційне слово на фоні еротичної та позитивної картинок більше ніж на нейтральне слово на фоні нейтральної картини (табл.1).

Відомо, що в «емоційних Струп-завданнях» було продемонстровано довший час називання кольору заборонених слів проти емоційно-нейтральних слів [21], ми ж отримали протилежний результат, - в окремих випадках час називання нейтрального слова більший ніж емоційно-забарвленого. Отримані результати можна пояснити двома шляхами: 1) обстежувані читали нейтральні слова, підсилені позитивною картинкою, та ігнорували емоційно-забарвлені (як в Т1) – з рис. 3А видно збільшення когерентних зв'язків на частоті альфа ритму в зоні F7-T3, яка відповідає зоні Брока, в той час як під час тесту на чорному фоні когерентний зв'язок зменшується (рис.1А); 2) фон грає ключову роль в подовженні ЛП реакції (як в Т3), оскільки і нейтральні слова, і еротично-забарвлені на фоні нейтральної картини мають найменший ЛП реакції (табл.1). Ми отримали ефект Струпа, подовження часу називання емоційно-забарвленого слова лише за умови його демонстрації на фоні еротичної картини та відносно нейтрального слова на фоні нейтральної картини. Отже, обстежувані не можуть ігнорувати фонову картинку, беручи її в аналіз разом з семантичним значенням слова. Якщо рівень активації (arousal), що несе картинка низький (нейтральна картинка) реакція на слова на її фоні відбувається швидше, ніж на фоні картини з високим рівнем активації (еротична картинка).

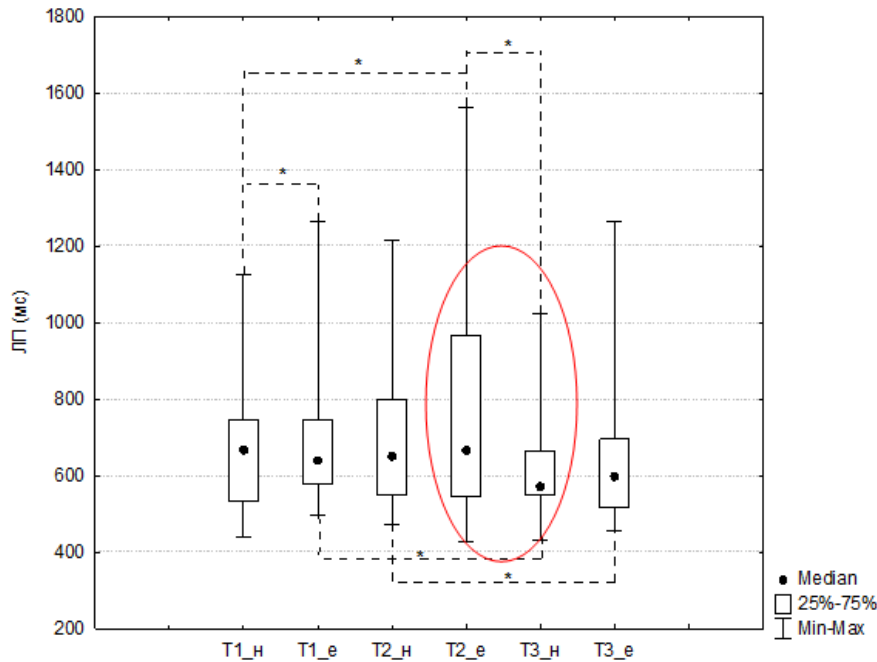


Рис. 4 Латентні періоди реакції на нейтральні та емоційні слова в емоційному Струп-тесті на фоні різних картинок в групі правшів

Примітки:

T1_n – нейтральні слова в T1

T1_e – емоційно-зabarвлені слова в T1

T2_n – нейтральні слова в T2

T2_e – емоційно-зabarвлені слова в T2

T3_n – нейтральні слова в T3

T3_e – емоційно-зabarвлені слова в T3

Таблиця 1

Латентні періоди реакції на слова в групі правшів під час T1, T2, T3
(Медіана та кватили 25% і 75%)

	T1 (позитивна картинка)	T2 (еротична картинка)	T3 (нейтральна картинка)
Нейтральні слова	669 [532;746]	635 [514;750]	573 [551;664]
Емоційно-зabarвлені слова	642 [578;745]	632 [546;882]	598 [515;695]

У лівшів спостерігається схожий паттерн активації під час T1 (рис.5), але тут спостерігаємо поступовий ефект звикання та впрацьовування, що виражається у зменшенні зон активації та когерентних зв'язків поступово від T1 до T4, чого не спостерігалось у правшів. Аналіз комплексу параметрів когерентності ЕЕГ у правшів і лівшів в стані спокійного неспанья свідчить про наступне: 1) максимальні відмінності спектрів когерентності ЕЕГ між правшами і лівшами проявляються у вигляді більш високих значень в домінуючій півкулі, більшою мірою для альфа-діапазону; 2) збільшення міжпівкульної різниці середніх рівнів когерентності ЕЕГ як у правшів, так і у 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 як у правшів, так і у лівшів, переважно за

рахунок поєднання тета-діапазону. Зазначені вище EEG-феномени ймовірно, 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 EEG, мабуть, переважаючим є принцип додатковості, узгодженості з елементами позитивного зворотного зв'язку [22].

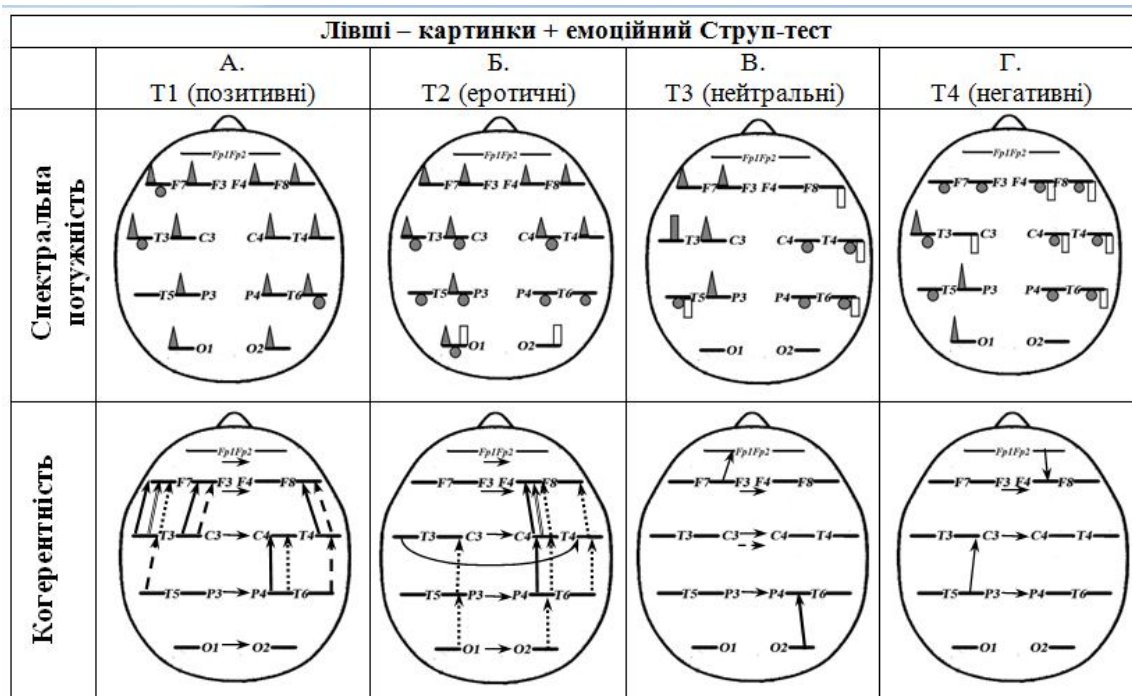


Рис. 5. Топокарти значущих відмінностей спектральної потужності (А) та когерентності (Б) основних ритмів EEG лівшів під час 4 різних тестів відносно стану спокою

Примітки. Див.рис.1

Можна припустити, що анатомічні відмінності між правшами та лівшами в розташуванні мовного центру, різниця амплітудно-частотних характеристик альфа-ритму в стані спокійного неспання, зменшення амплітуди в лівій півкулі для правшів, та потилично-тім'яних відділах правої півкулі для лівшів, свідчать про неоднакові нервові механізми, що лежать в основі функціонування центрів семантичного аналізу в межах двох груп, і можливо про різні стратегії оброблення такої інформації.

ЛП на нейтральні слова на фоні позитивної картинки менше, ніж на емоційно-забарвлені слова на фоні еротичної та негативної картинок (рис.6), що логічно з огляду на більш високий рівень активації (arousal) двох останніх картинок, відносно позитивної картинки. На нейтральні слова на фоні нейтральної картини ЛП менше, ніж на емоційно-забарвлені слова на фоні негативної картини. На нейтральні слова на фоні еротичної картини ЛП більший, ніж на емоційно-забарвлені слова на фоні нейтральної картини, що узгоджується з отриманими даними для групи правшів, та припущенням щодо ключової ролі фонові картини з високим рівнем активації (arousal) в такого роду завданнях. На нейтральні слова на фоні негативної картини ЛП більше, ніж на емоційно-забарвлені слова на фоні нейтральної картини. На нейтральні слова ЛП більше, ніж на емоційно-забарвлені слова на фоні нейтральної картини, аналогічний результат ми спостерігали у правшів, але на фоні позитивної картини – реверсія ефекту Струпа.

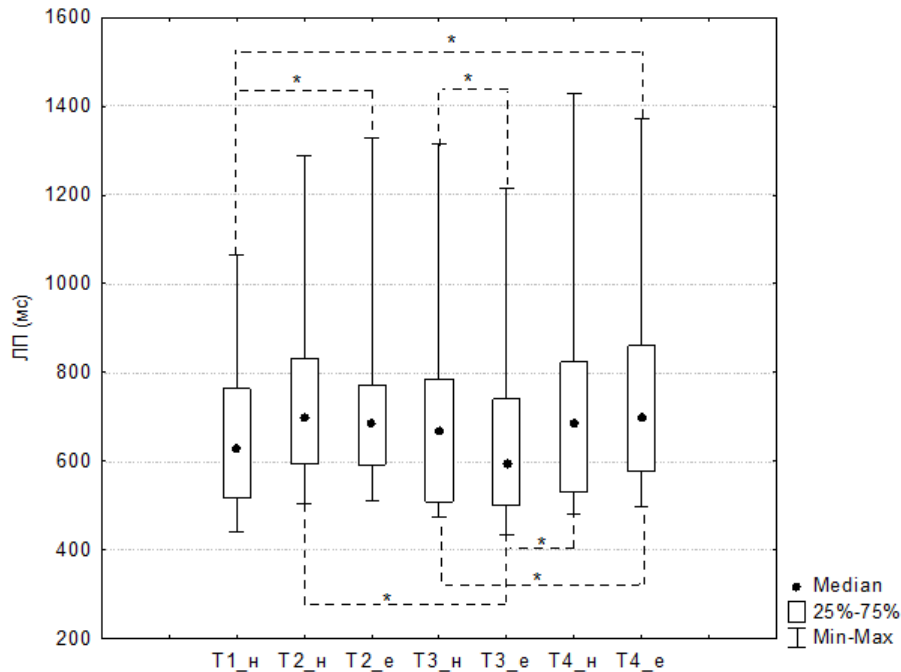


Рис.6. Латентні періоди реакції на нейтральні та емоційні слова в емоційному тесті Струпа на фоні різних картинок в групі лівшів

Примітки:

T4_n – нейтральні слова в T3

T4_e – емоційно-зabarвлені слова в T3

Див. рис.4

Таким чином, хоча у лівшів та правшів нервові механізми, що лежать в основі функціонування центрів семантичного аналізу мають деякі відмінності та дві групи можливо мають різні стратегії оброблення такої інформації, загальні спільні риси прослідковуються. Отже, під час виконання емоційного Струп-тесту на фоні картинок IAPS розподіл уваги та контроль точності виконання завдання у правшів забезпечується, ймовірно, передньою поясною звивиною на частотах тета ритму, що присутній під час всіх чотирьох тестів, оскільки під час виконання аналогічного завдання на чорному фоні такого генералізованого зростання СП тета ритму по всьому скальпу не спостерігалось. Для лівшів характерний ефект звикання та зменшення зон активації поступово від T1 до T4. Еротичні та негативні картини підсилюють активуючий ефект емоційно-зabarвленого слова, що відображається в подовженні часу реакції на такі слова. Всі слова на фоні зображень IAPS аналізувались довше (табл.1 та табл.2), ніж аналогічні слова на чорному фоні (рис.2), що говорить про одночасний аналіз зображень. Звертає на себе увагу той факт, що хоча картини в тесті і спричиняють більше навантаження та залучення більшої кількості аналізуючих зон головного мозку, вони не впливають на точність виконання завдання, що відображається в відсутності різниці в кількості помилок між 4-ма тестами в обох групах. Це говорить про фокусування уваги на точність виконання завдання, не дивлячись на подвійну кількість відволікаючих факторів (картинки, семантичне значення слова).

Таблиця 2

Латентні періоди реакції на слова в групі лівшів під час T1, T2, T3, T4
(Медіана та квартилі 25% і 75%)

	T1 (позитивна картинка)	T2 (еротична картинка)	T3 (нейтральна картинка)	T4 (негативна картинка)
Нейтральні слова	630 [517;764]	698 [594;833]	670 [509;785]	687 [531;823]
Емоційно-забарвлені слова	646 [550;723]	686 [593; 772]	597 [500;741]	700 [578;861]

Висновки

За однакових умов емоційний Струп тест на фоні зображень IAPS (позитивних, еротичних, нейтральних, негативних) викликає більше зон активації та більшу кількість когерентних зв'язків, ніж на чорному фоні. Аналіз картинки здатний інтерферувати з аналізом слова, що відображається в виникненні реверсії ефекту Струпа, але не впливає на точність виконання завдання. Ефект Струпа, що виражається в подовженні часу називання емоційно-забарвленого слова проявляється лише за умови його демонстрації на фоні еротичної картинки та відносно нейтрального слова на фоні нейтральної картинки. Розподіл уваги та контроль точності виконання завдання у правшів забезпечується на частотах тета ритму. Всі слова на фоні зображень IAPS аналізувались довше, ніж аналогічні слова на чорному фоні.

Література

- Hou R. Attention processes in chronic fatigue syndrome: attentional bias for health-related threat and the role of attentional control / R. Hou, R. Moss-Morris, A. Risdale, et al. // *Behav. Res. Ther.* – 2014. – Vol.52. – P. 9-16.
- Killeen P.R. Absent without leave; a neuroenergetic theory of mind wandering / P.R. Killeen // *Front. Psychol.* – 2013. – Vol.4. – P. 373.
- Kastner S. The neural basis of biased competition in human visual cortex / S. Kastner, L. Ungerleider // *Neuropsychologia.* – 2001. – Vol.39. – P. 1263–1276.
- Petersen S.E. The attention system of the human brain: 20 years after / S.E. Petersen, M.I. Posner // *Annu. Rev. Neurosci.* – 2012. – Vol.35. – P. 73–89.
- Keil A. Additive effects of emotional content and spatial selective attention on electrocortical facilitation / A. Keil, S. Moratti, D. Sabatinelli, et al. // *Cereb. Cortex.* – 2005. – Vol.15. – P. 1187–1197.
- Lang P. Emotion, motivation, and the brain: reflex foundations in animal and human research / P. Lang, M. Davis // *Prog. Brain. Res.* – 2006. – Vol. 156. – P. 3–29.
- Kalanthroff E. Anxiety, Emotional Distraction, and Attentional Control in the Stroop Task / E. Kalanthroff, A. Henik, N. Derakshan, M. Usher // *Emotion.* – 2015. – Vol.16. – P. 12-17.
- Stroop J. Studies of interference in serial verbal reactions / J. Stroop // *Experimental Psychology.* – 1935. – Vol.18. – P. 643-662.
- Cohen L. Language-specific tuning of visual cortex? Functional Properties of the Visual Word Form Area / L. Cohen, S. Lehericy, F. Chochon, et al. // *Brain.* – 2002. – Vol. 125, №5. – P. 1054–1069.
- Dien J. Combined ERP/fMRI evidence for early word recognition effects in the posterior inferior temporal gyrus / J. Dien, E. Brian, D. Molfese, B. Gold // *Cortex.* – 2013. – Vol. 49, №9. – P. 2307–2321.
- Sabatinelli D. Parallel amygdala and inferotemporal activation reflect emotional intensity and fear relevance / D. Sabatinelli, M. Margaret, R. Jeffrey, J. Peter // *NeuroImage.* – 2005. – Vol.24. – P. 1265–1270.
- Compton J. Paying attention to emotion: an fMRI investigation of cognitive and emotional Stroop tasks / J. Compton, T. Banich, A. Mohanty, et al. // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* – 2003. – Vol. 3, №2. – P. 81–96.
- Рассомагіна М. Електрофізіологічні кореляти аналізу вербальних стимулів при їх монокулярному сприйнятті / М. Рассомагіна, В. Кравченко, М. Макаруч // *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* – 2014. – Вип. 65. – С. 348–354.
- 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. – Vol. 60, №2. – P. 79–95.
15. Onton J. Frontal midline EEG dynamics during working memory / J. Onton, A. Delorme, S. Makeig // *Neuroimage*. – 2005. – Vol.27. – P. 341–356.
 16. Rammsayer T. Extraversion-related differences in response organization: Evidence from lateralized readiness potentials / T. Rammsayer, J. Stahl // *Biological Psychology*. – 2004. – Vol.66. – P. 35-49.
 17. Makarchuk N. Modifications of EEG Activity Related to Perception of Emotionally Colored, Erotic, and Neutral Pictures in Women during Different Phases of the Ovulatory (Menstrual) Cycle / N. Makarchuk, K. Maksimovich, V. Kravchenko, S. Kryzhanovskii // *Neurophysiology*. – 2011. – Vol. 42, №5. – P. 362–370.
 18. Engel A. Beta-band oscillations – signalling the status quo? / A. Engel, P. Fries // *Curr. Opin. Neurobiol.* – 2010. – Vol. 20, №2. – P. 156–165.
 19. Kandel E.R. Principles of Neural Science: 4-th Edition / E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell. – N.Y.: McGraw-Hill Companies Inc., 2000. – 1414 p.
 20. Cacioppo J.T. Handbook of psychophysiology / J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, G. G. Berntson. – N.Y.: Cambridge University Press, 2007. – 914 p.
 21. Aquino M., Arnell K. Attention and the processing of emotional words: Dissociating effects of arousal / M. Aquino, K. Arnell // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2007. – Vol. 14, №3. – P. 430-431.
 22. Жаворонкова Л.А. Правши и левши: особенности межполушарной асимметрии мозга и параметров когерентности EEG / Л.А. Жаворонкова // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2007. – № 6. – С. 645–662.

References

1. Hou, R., Moss-Morris, R., Risdale, A., et al. (2014). Attention processes in chronic fatigue syndrome: attentional bias for health-related threat and the role of attentional control. *Behaviour Research and Therapy*, 52, 9-16
2. Killeen, P. R. (2013). Absent without leave; a neuroenergetic theory of mind wandering. *Frontiers in Psychology*, 4, 373
3. Kastner, S., & Ungerleider, L. (2001). The neural basis of biased competition in human visual cortex. *Neuropsychologia*, 39, 1263–1276
4. Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73–89.
5. Keil, A., Moratti, S., Sabatinelli, D., et al. (2005). Additive effects of emotional content and spatial selective attention on electrocortical facilitation. *Cerebral Cortex*, 15, 1187–1197
6. Lang, P., & Davis, M. (2006). Emotion, motivation, and the brain: reflex foundations in animal and human research. *Progress in Brain Research*, 156, 3–29
7. Kalanthroff, E., Henik, A., Derakshan, N., & Usher, M. (2015). Anxiety, Emotional Distraction, and Attentional Control in the Stroop Task. *Emotion*, 16, 12-17
8. Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Experimental Psychology*, 18, 643-662
9. Cohen, L., Lehericy, S., Chochon, F., et al. (2002). Language-specific tuning of visual cortex? Functional Properties of the Visual Word Form Area. *Brain*, 125(5), 1054–1069
10. Dien, J., Brian, E., Molfese, D., & Gold, B. (2013). Combined ERP/fMRI evidence for early word recognition effects in the posterior inferior temporal gyrus. *Cortex*, 49(9), 2307–2321
11. Sabatinelli, D., Margaret, M., Jeffrey, R., & Peter, J. (2005). Parallel amygdala and inferotemporal activation reflect emotional intensity and fear relevance. *NeuroImage*, 24, 1265–1270
12. Compton, J., Banich, T., Mohanty, A., et al. (2003). Paying attention to emotion: an fMRI investigation of cognitive and emotional Stroop tasks. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(2), 81–96
13. Rassomagina, M., Kravchenko, V., & Makarchuk, M. (2014). Electrophysiological correlates of the analysis of verbal stimuli during their monocular perception. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya Biologichna*, 65, 348–354 (in Ukr.)
14. Rassomagina, M., Kravchenko, V., & Makarchuk, M. (2014). Electrophysiological correlates of monocular dominant eye perception of verbal stimuli in emotional Stroop-test. *Lietuvos mokslų akademija. Biologija*, 60(2), 79–95
15. Onton, J., Delorme, A., & Makeig, S. (2005). Frontal midline EEG dynamics during working memory. *Neuroimage*, 27, 341–356
16. Rammsayer, T., & Stahl J. (2004). Extraversion-related differences in response organization: Evidence from lateralized readiness potentials. *Biological Psychology*, 66, 35-49
17. Makarchuk, N., Maksimovich, K., Kravchenko, V., & Kryzhanovskii, S. (2011). Modifications of EEG Activity Related to Perception of Emotionally Colored, Erotic, and Neutral Pictures in Women during Different Phases of the Ovulatory (Menstrual) Cycle. *Neurophysiology*, 42(5), 362–370.
18. Engel, A., & Fries, P. (2010). Beta-band oscillations – signalling the status quo? *Current*

Opinion in Neurobiology, 20(2), 156–165

19. Kandel E. R., Schwartz J. H., & Jessell T. M. (2000). *Principles of Neural Science: 4-th Edition*. N.Y.: McGraw-Hill Companies Inc.
20. Cacioppo J. T., Tassinary L. G., & Berntson G. G. (2007). *Handbook of psychophysiology*. N.Y.: Cambridge University Press
21. Aquino, M., & Arnell, K. (2007). Attention and the processing of emotional words: Dissociating effects of arousal. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 430-431
22. Zhavoronkova, L.A. (2007). Right-handers and left-handers: hemispheric asymmetry in the brain and parameters of EEG coherence. *Journal of Higher Nervous Activity*, 6, 645–662 (in Rus.)

Summary. *Bondarenko (Rassomagina) M., Kravchenko V., Bondarenko O., Makarchuk N. EEG-correlates of analysis of information during emotional Stroop test on the background of IAPS images.*

Introduction. *Chronic fatigue and absent-mindedness are causes of low productivity at the workplace. Definition of the main distracters of attention and conditions of influence gives opportunity to increase workforce productivity in the future.*

The purpose of the research was to investigate the analysis of information with varying degree of difficulty in left-handed and right-handed subjects using meaningless words, emotional Stroop test on the black background and on the background of pictures from International Affective Picture System (IAPS).

Methods. *Volunteers were asked to name the color of letters (red / green) as quickly as possible, when the word was presented in the center of the black screen while ignoring the semantic meaning of the words and react using right or left hand accordingly. Subject performed the task with mixed neutral (cup, spoon, jacket) and emotional (love, sex, death) words (emotional Stroop test), then the task with meaningless “pseudowords” (the set of letters looked like word but without meaning). The Russian-language stimuli used in the tasks consisted of equal number of letters both in words and meaningless words. During second stage of the research other participants performed the emotional Stroop test on the background of IAPS images (positive, erotic, neutral, negative). 70 students of both sexes took part in the investigation.*

Results. *The emotional Stroop test on the background of IAPS images provoked more quantity of activation zones and coherence than on the black background. Stroop effect, resulting in the extension of time response to emotional words was shown only if it had been demonstrated on the background of erotic pictures against neutral words on the background of neutral images. Distribution of attention and control of accuracy was provided on the theta rhythm frequencies for right-handers. All the words on the background of IAPS image were analyzed longer than the same words on the black background.*

Originality. *Simultaneous analysis of double distracters of attention (affective emotional images and emotional words) have not been previously considered. The reversion of Stroop effect was found.*

Conclusion. *Analysis of the image is able to interfere with the analysis of the words that appears like reversion of Stroop effect, but does not affect the accuracy of the assignment.*

Key words: *emotional Stroop test, IAPS, meaningless.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Одержано редакцією 02.02.2016
Прийнято до публікації 05.02.2016