

УДК 612.82/.83; 612.821

Л.В. Купа, Н.Б. Філімонова

ЗМІНИ АКТИВНОСТІ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЧОЛОВІКІВ ПРИ ВИКОНАННЯ ВЕРБАЛЬНИХ СУБТЕСТІВ ЛОГІЧНОГО ВІДБОРУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ РИС ТЕСТУ АМТХАУЕРА

У дослідженні добровільно взяли участь 22 чоловіки, правші, віком від 18-23 років, студенти 1-4 курсів КНУ імені Тараса Шевченка. Кожен з обстежуваних проходив 2 комп'ютерні субтести: субтест №1 "Логічний відбір" тесту структури інтелекту Амтхауера, який досліджує індуктивне мислення, відчуття мови, та субтест №2 "Визначення загальних рис" – визначення здібності до абстрагування, узагальнення, оперування вербальними поняттями. Обидва ці субтести відносять до дослідження вербального компоненту інтелекту. В усіх обстежуваних реєстрували електроенцефалограму (ЕЕГ) під час проведення тестування. В кожному відведенні для частотних діапазонів ЕЕГ- дельта (0,5-3,9 Гц), тета (4,0-7,9 Гц), альфа (8-12,9 Гц), бета1 (13,0-19,9 Гц) та бета2 (20,0-35 Гц) обчислювались середня потужність спектру та домінуюча частота спектру. В результаті проведеного дослідження було виявлено, що при дослідженні активності головного мозку чоловіків субтести вербального інтелекту за Амтхауером "Логічний відбір" та "Визначення загальних рис" вирішувались в рамках однієї нейромережі, однак при логічному відборі в більшому ступені була синхронізована активація центральної та тім'яної зони лівої півкулі і потиличної зони, що забезпечило комплексний логіко - семантичний аналіз вербальної інформації, аналіз сенсу речень і слів з залученням асоціативної кори, а при визначення загальних рис – спостерігалась активація специфічних процесів семантичного аналізу в лівій фронтальній зоні, визначення сенсу слів в зоні Верніке та образного уявлення слів в правій асоціативній корі.

Ключові слова: *тест структури інтелекту Амтхауера, вербальний інтелект, ЕЕГ, чоловіки*

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження здібностей людини є актуальною проблемою, яка обумовлена потребами суспільства в розробці методів виявлення та відсіву найбільш придатних людей на ті або інші робочі місця. Невідповідність можливостей персоналу до вимог виробництва призводить до збільшення затрат та часу на його підготовку, а також до ризиків прийняття ним неефективних, а іноді і хибних рішень. Таке соціальне замовлення стимулює розвиток методів діагностики різних здібностей людини. Виділяють загальні та спеціальні здібності. Загальну здібність, або сукупність загальних здібностей називають обдарованістю та зазвичай ототожнюють з інтелектом. Інтелект часто розглядають як вроджену здібність, яка визначає успішність у навчанні та оволодінні професією та яка включає в собі вербальні, математичні та інші здібності. В якості тесту інтелекту часто використовують тести IQ, Векслера, Standford-Binet Intelligence Test та інш. В ЕЕГ – дослідженнях було показано, що рівень інтелекту корелює з складністю організації мозку та синхронізацією активності в лобовій зоні [8] та вищим рівнем активності мозку в дельта - діапазоні (0.5-4Hz) та нижчим в верхньому альфа – діапазоні (11-14Hz) та нижньому бета – діапазоні (14-25Hz) [9]. Але в цих роботах не було досліджено різні компоненти інтелекту та статеві особливості організації відповідних нейромереж. Серед чисельної кількості різноманітних тестів інтелекту слід виділити тест структури інтелекту Амтхауера, який призначений для вимірювання інтелектуального розвитку осіб у віці від 13 до 61 року [1]. Цей тест був розроблений у 1953 році, а остання його редакція була здійснена у 1973 році. Тест складається з 9 субтестів, які дають можливість отримати повну, цілісну уяву про інтелект людини та дослідити різні його

складові, а саме: вербального, числового та просторового мислення, логічних здібностей та пам'яті. Стандартизація тесту проводилась на вибірці з 4076 обстежуваних, при цьому коефіцієнт ретестової надійності був визначений на рівні 0,83-0,91, а надійність частин тесту за методом "розщеплення" – 0,97, що дає можливість проводити дослідження окремих компонент інтелекту відповідними субтестами. Так, субтест №1 "Логічний відбір" (ЛВ) досліджує індуктивне мислення, відчуття мови, а субтест № 2 "Визначення загальних рис" (ЗР) – здібності до абстрагування, узагальнення, оперування вербальними поняттями. Обидва ці субтести відносять до дослідження вербального компоненту інтелекту.

Метою статті було встановити чи реалізуються вказані здібності в рамках єдиної нейромережі, тому завданням роботи було дослідити зміни активності головного мозку у чоловіків під час тестування ЛВ та ЗР.

Методика

У дослідженні добровільно взяли участь 22 чоловіки, правші, віком від 18-23 років, студенти 1-4 курсів КНУ імені Тараса Шевченка. Кожен з обстежуваних проходив 2 комп'ютерні субтести: ЛВ та ЗР. В субтесті ЛВ задачею обстежуваного було вибрати слово, яке завершить певне речення. В субтесті було запропоновано 20 завдань, які необхідно було виконати не більше, ніж за 6 хв. В субтесті ЗР в кожному з 20 завдань обстежуваному було запропоновано п'ять слів, чотири з яких були поєднані певним смисловим зв'язком, а п'яте слово – було зайвим. Завданням обстежуваного було вказати це слово. Субтест необхідно було пройти не більше, ніж за 6 хв. В усіх обстежуваних реєстрували електроенцефалограму (ЕЕГ) до початку обстеження (по 3 хв. фоновий запис з заплющеними та відкритими очима) та під час проведення тестування. Для реєстрації та аналізу ЕЕГ використовували комплекс "Нейрон-Спектр-4/ВП" (ЕС-сертифікат № RQ043131-V від 08.11.2004р.). Обстежувані знаходились в звукоізолюваному приміщенні, з ними підтримувався аудіо-зв'язок. Запис ЕЕГ здійснювався монополярно, референтний електрод було розташовано на мочці вуха з кожної сторони, частота квантування ЕЕГ дорівнювала 500 Гц. Було використано мостикові посріблені електроди, які накладались за міжнародною системою 10-20 у 21 стандартному відведенні. В кожному відведенні для частотних діапазонів ЕЕГ - дельта (0,5-3,9 Гц), тета (4,0-7,9 Гц), альфа (8-12,9 Гц), бета1 (13,0-19,9 Гц) та бета2 (20,0-35 Гц) обчислювались середня потужність спектру у відведенні – $S_{\text{середня}}$, $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ та домінуюча частота спектру у відведенні – $F_{\text{домінуюча}}$, Гц. Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Оскільки розподіл практично всіх параметрів був відмінний від нормального ($p < 0,05$), для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона, для опису вибіркового розподілу вказували медіану (M_e) і нижній (25%) та верхній (75%) квартилі: $M_e [25\%; 75\%]$.

Результати та їх обговорення

При виконанні субтесту ЗР порівняно з ЛВ було виявлено значуще зниження потужності в центральній (відведення С3, Сz та С4) та в центральній тім'яній (відведення Рz) зонах (Рис.1). Оскільки активність в дельта – діапазоні формує вхідний сенсорний потік, це є "спеціальні частоти" в сприйнятті, які пов'язані з селективною увагою [7], можна припустити, що при виконанні субтесту ЗР відбулась адаптація до сенсорного потоку, зокрема в сенсо-моторній зоні та до інтегральних характеристик стимулів.

В тета – діапазоні не було виявлено значущих відмінностей в потужності спектру, але домінуюча частота значуще підвищилась в лівій передній скроневій (відведення F7)

та центральній тім'яній (відведення Pz) зонах (Рис.1). Активність в тета – діапазоні пов'язують з координацією міжрегіональних взаємодій при виконанні поставлених завдань та контролем за помилковістю відповідей [2], тобто відсутність значущих змін в тета – діапазоні свідчить про збереження попередньо сформованої нейромережі, тобто субтести і ЛВ, і ЗР виконуються в рамках єдиної нейромережі. В роботі [6] зазначено, що нейромережі різного розміру припускають осциляції різних частот, а саме: більші нейромережі генерують нижчі частоти. Цей аргумент можна привести на користь припущення про певне звуження нейромережі, яка здійснює координацію між зонами Брока та Posterior cingulate cortex.

В альфа – діапазоні було виявлено значуще підвищення потужності в лівих фронтальній (відведення F3) та задній скроневій (відведення T5), центральній (відведення Cz), правих тім'яній (відведення P4) та задній скроневій (відведення T6) зонах. Домінуюча частота значуще підвищилась в лівій центральній зоні (відведення C3) та знизилась – правій потиличній зоні (відведення O2) (Рис.1). Підвищення потужності (десинхронізація) в альфа – діапазоні асоціюють з кортикальним пригніченням, але вона також пов'язана з високо-спеціалізованим сприйняттям, увагою та процесами запам'ятовування [6]. В [4] альфа – десинхронізацію розуміють як високо-специфічний фільтр, який пригнічує нерелевантну задачу інформацію, шум та забезпечує вибірккову обробку інформації. Також зазначено, що event-related desynchronization (ERD) досягає максимуму впродовж вікна часу, коли відбуваються процеси релевантні поставленій задачі, наприклад, коли top-down процес ініціює управління виконанням завдання. Саме тому можна припустити, що пошук спільних рис пред'явлених слів у субтесті ЗР активує специфічні процеси семантичного аналізу в лівій фронтальній зоні, визначення сенсу слів в зоні Верніке та образного уявлення слів в правій асоціативній корі.

В бета1 – діапазоні було виявлено значуще зниження потужності в лівій потиличній (відведення O1), в центральній (відведення Cz) та в центральній тім'яній (відведення Pz) зонах. Домінуюча частота значущо підвищилась в лівій передній префронтальній (відведення Fp1) та правій скроневій (відведення T4) зонах і значуще знизилась в правій центральній (відведення C4) зоні (Рис.1). Активність в бета1 – діапазоні пов'язують з зоровою увагою та Активність в бета1 – діапазоні пов'язують з моторною активністю, увагою, семантичним аналізом інформації, попередньою модальною інтеграцією [3]. В роботі [3] наводяться аргументи на користь гіпотези стосовно того, що активність в бета1 – діапазоні обслуговує статус-кво поточного сенсомоторного та когнітивного стану, когнітивного контролю. Активність в бета1 – діапазоні причасна до змісту top-down процесів, вона підвищується надаючи першочергове значення новим сигналам. Отримані результати щодо зниження активності в даному діапазоні при тестуванні здібності визначення загальних рис може свідчити про зниження уваги внаслідок адаптації до стимульного матеріалу, втрату новизни, що узгоджується з результатами в дельта - діапазоні.

В бета2 – діапазоні було виявлено значуще зниження потужності в центральній зоні (відведення Fz, Cz та Pz), лівих центральній (відведення C3), тім'яній (відведення P3) та потиличній (відведення O2) зонах та в правій тім'яній зоні (відведення P4). Домінуюча частота значущо знизилась в лівій півкулі (відведення F7, F3, T3, C3, T5, P3 та O2) та в центральній фронтальній зоні (відведення Fz) (Рис.1). В роботі [5] показано, що активність в бета2 – діапазоні виявляє нейронну мережу високого рівня, яка приймає участь в простій пізнавальній задачі. В бета2 – діапазоні здійснюється синхронізація активності між віддаленими нейронними ансамблями, яка має пряме відношення до пізнання *per se* [5]. Таким чином в другому субтесті відбулось певне пригнічення сформованої на попередньому етапі нейромережі, оскільки, в першому

субтесті при аналізі цілого речення та пошуку відповідного відсутнього слова в більшому ступені була синхронізована активація центральної та тім'яної зони лівої півкулі і потиличної зони, що забезпечило комплексний логіко - семантичний аналіз вербальної інформації, аналіз сенсу речень і слів з залученням асоціативної кори.

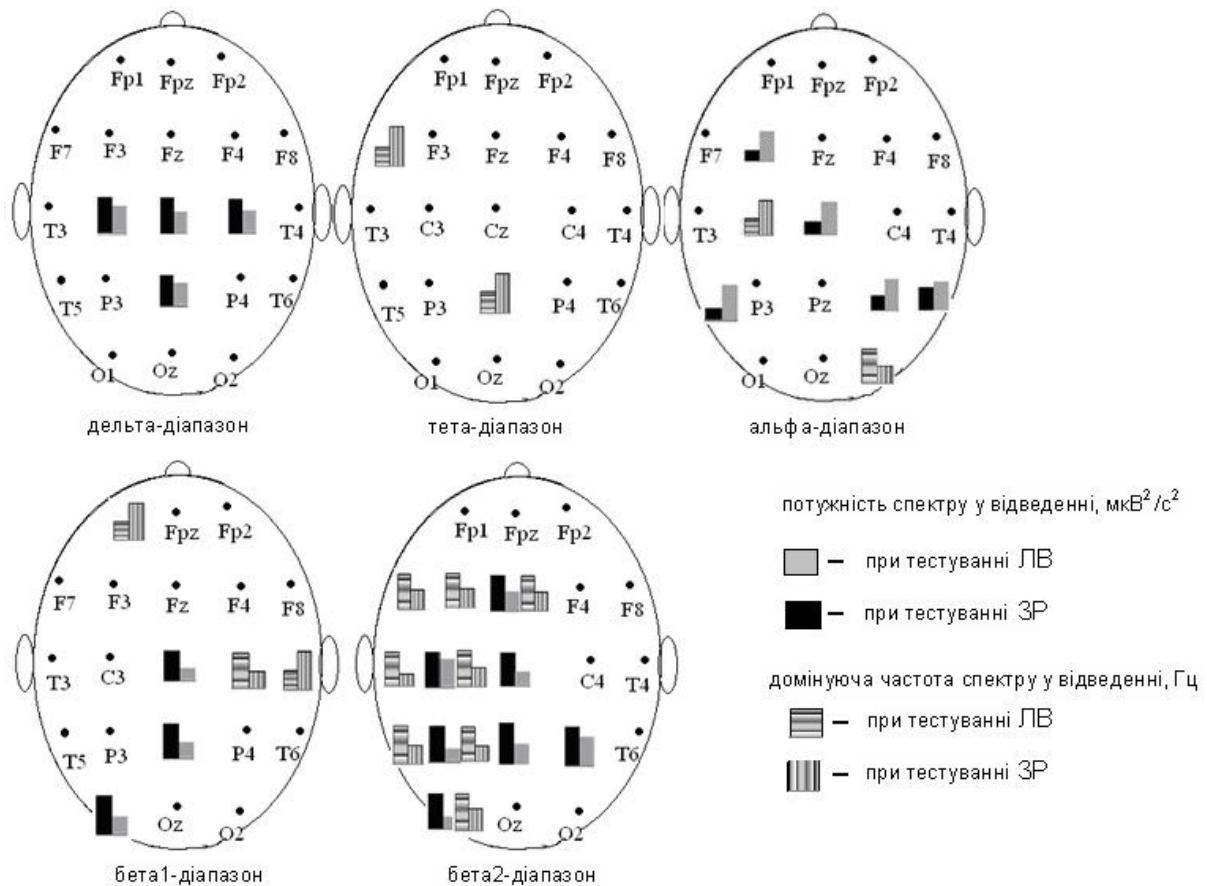


Рис.1. Значущі зміни електричної активності мозку чоловіків при проходженні субтесту "Логічний відбір" (ЛВ) порівняно з субтестом "Визначення загальних рис" (ЗР), ($n=22$, $p \leq 0,05$)
Примітка: стовпчики на рисунку показують значення відповідних медіан

Висновки

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що при дослідженні активності головного мозку чоловіків субтесту вербального інтелекту за Амтхауером "Логічний відбір" та "Визначення загальних рис" вирішувались в рамках однієї нейромережі, однак при логічному відборі в більшому ступені була синхронізована активація центральної та тім'яної зони лівої півкулі і потиличної зони, що забезпечило комплексний логіко - семантичний аналіз вербальної інформації, аналіз сенсу речень і слів з залученням асоціативної кори, а при визначення загальних рис – спостерігалась активація специфічних процесів семантичного аналізу в лівій фронтальній зоні, визначення сенсу слів в зоні Верніке та образного уявлення слів в правій асоціативній корі.

Література

1. Дружинин В.Н. Психология общих способностей (Psychology of the general abilities) / В.Н.Дружинин / - СПб.: Питер, 2007/ – 368 с.
2. Bernat E. Separating cognitive processes with principal components analysis of EEG time-frequency distributions /E. Bernat, D. Lindsay, B.Holroyd, W.Gehring // Proc. of SPIE. –2008. – V. 7074. – P. 326-333.

3. Engel A.K. Beta-band oscillations-signalling the status quo? / A.K.Engel, P.Fries // *Neurobiology* - 2010. - V. 20(2). - P.156-65.
4. Klimesch W. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis / W. Klimesch, P.Sauseng, S.Hanslmayr // *Brain Research Reviews*. – 2007. - V.53(1). – P.63-88.
5. Kukleta M. Cognitive Network Interactions and Beta-2 Coherence in Processing Non-Target Stimuli in Visual Oddball Task / M.Kukleta, M.Brázdil, R.Roman, P.Bob, I.Rektor // *Physiol. Res.* - 2009. – V.58. – P.139-148.
6. Sauseng P. What does phase information of oscillatory brain activity tell us about cognitive processes? / P. Sauseng, W. Klimesch // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – 2008. - V.32 (5). - P.1001-1013.
7. Schroeder C.E. Low-frequency neuronal oscillations as instruments of sensory selection / C.E. Schroeder, P. Lakatos // *Trends in Neurosciences*. - 2009. - V.32 (1). -P.9-18.
8. Thatcher R.W. EEG and Intelligence: Relations Between EEG Coherence, EEG Phase Delay and Power / R.W.Thatcher, D.North, C.Biver // *Clinical Neurophysiology*. - 2005. – V. 116. – P. 2129–2141.
9. Tongran L. The Relationship between EEG Band Power, Cognitive Processing and Intelligence in School-Age Children / L.Tongran; S.Jiannong; Z.Daheng; Y. Jie // *Psychology Science*. – 2008. - V. 50, No. 2. – P. 259-268.

Аннотация. *Купа Л.В., Філімонова Н.Б. Изменения активности головного мозга мужчин при выполнении вербальных субтестов логического отбора и определения общих черт теста Амтхауэра. В исследовании добровольно взяли учат 22 мужчины, правши, в возрасте от 18-23 лет, студенты 1-4 курсов КНУ имени Тараса Шевченко. Каждый из обследуемых проходил 2 компьютерных субтеста: субтест №1 "Логический отбор" теста структуры интеллекта Амтхауэра, который исследует индуктивное мышление, ощущение языка, и субтест № 2 "Определения общих черт" - определения способности к абстрагированию, обобщению, оперированию вербальными понятиями. Оба этих субтеста относят к исследованию вербального компоненту интеллекта. У всех обследуемых регистрировали электроэнцефалограмму (ЕЕГ) во время проведения тестирования. В каждом отведении для частотных диапазонов ЕЕГ- дельта(0,5-3,9 Гц), тета (4,0-7,9 Гц), альфа(8-12,9 Гц), бета1(13,0-19,9 Гц) и бета2(20,0-35 Гц) вычисляли среднюю мощность спектра и доминирующую частоту спектра. В результате проведенного исследования было выявлено, что при исследовании активности головного мозга мужчин субтесты вербального интеллекта по Амтхауэру "Логический отбор" и "Определение общих черт" решались в рамках единой нейросети, однако при логическом отборе в большей степени была синхронизированная активация центральной и теменной зоны левого полушария и затылочной зоны, что обеспечило комплексный логико - семантический анализ вербальной информации, анализ смысла предложений и слов с привлечением ассоциативной коры, а при определении общих черт - наблюдалась активация специфических процессов семантического анализа в левой фронтальной зоне, определение смысла слов в зоне Вернике и образного представления слов в правой ассоциативной коре.*

Ключевые слова: *тест структуры интеллекта Амтхауэра, вербальный интеллект, ЭЭГ, мужчины*

Summary. *Kupa L.V., Filimonova N.B. Changes of activity of cerebrum of men at implementation of verbal subtests of logical selection and determination of general lines of test of Amthauer. As the surveyed 22 men, right-handed persons, age 18-23 years, the students of 1-4 courses of the Kyiv National Taras Shevchenko University took part in research. Each of the surveyed passed 2 computer subtests: subtest №a 1 "Logical selection" of the Intelligent Structure Test (IST), that investigates the inductive thinking, feeling of language, and subtest № 2 "Definition of the common features" - determinations of capacity for abstracting, generalization, operating verbal concepts. Both these subtests attribute to research of verbal to the component intellect. In all inspected registered an electroencephalogram (EEF) during realization of testing. In every taking for the frequency ranges of EEG- delta(0,5-3,9 Hz), theta (4,0-7,9 Hz), alpha(8-12,9 Hz), beta 1(13,0-19,9 Hz) and beta 2(20,0-35 Hz) the mean power of spectrum and the dominant frequency of spectrum was calculated. As a result of undertaken a study it was educed that at research of activity of cerebrum of men subtests of verbal intellect the "Logical selection" of IST and "Determination of general lines" decided within the framework of the common neuronetwork, however at logic selection in a greater*

degree there was a synchronized activation of the central and parietal zone of the left hemisphere and an occipital zone that has provided complex logical - semantic analysis of the verbal information, the analysis of sense of offers and words with attraction of an associative cortex, and at definition of the common features - activation of specific processes of the semantic analysis in the left frontal zone, definition of sense of words in zone Wernicke and figurative representation of words in the right associative cortex was observed.

Keywords: *Intelligent Structure Test (IST), verbal intellect, EEG, men*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Одержано редакцією

03.02.2014

Прийнято до публікації

14.03.2014