



Здатність відновлювати інформацію та утримувати її в пам'яті є критичною для цілеспрямованої діяльності, тому багато робіт присвячено дослідженню оперативної пам'яті, в якій інформація зберігається в активному стані. Серед запропонованих моделей оперативної пам'яті можна виділити чотирьохкомпонентну модель Баддлей – Хітча, одним з компонентів якої є епізодичний буфер [7]. Епізодичний буфер використовує багатомодальний код, щоб забезпечити тимчасове утримування інформації від різних допоміжних систем та від довготривалої пам'яті, пов'язуючи її в унітарні епізодичні уявлення, в т. ч. буфер утримує епізоди, які поєднанні за простором та за часом. В 1972 році Ендель Талвінг запропонував термін епізодичної пам'яті, щоб визначити форму пам'яті, яка дозволяє нам пов'язати багато різних типів інформації в просторово – часовий контекст, тобто фактично в модель оперативної пам'яті Баддлей – Хітча в якості складової було включено і короткочасну епізодичну пам'ять. На даний час виділяють асоціативні та стратегічні компоненти епізодичного буферу або епізодичної пам'яті [3]. Дослідження механізмів утворення епізодичного зв'язку за допомогою методів ФМРТ показало, що обробка більшості асоціативних компонент підтримується сенсорними областями та середньою скроневою долею (MTL), а процеси уваги та організаційні процеси – префронтальною корою (PFC). Тобто і MTL, і PFC мають внесок в кодування асоціативної пам'яті, але слугують різним функціям. Повна функція MTL, особливо гіпокампу, полягає у зв'язуванні різних особливостей епізодів в цілісне уявлення та в закріпленні цього уявлення у взаємодії з сенсорно – визначеною корою та з асоціативними областями задне – тім'яної кори. Напроти, області PFC залучені до процесів уваги та оптимізації формування об'єктів пам'яті за рахунок вибору, уточнення та організації семантичних та контекстних особливостей епізоду [2-4, 6-10]. Такі результати було отримано при пред'явленні обстежуваним різних картинок, але відкритим залишається питання, які області головного мозку залучено до створення вербальних асоціацій, та які статеві особливості цього процесу.

**Мета статті** - дослідити зміни електричної активності головного мозку жінок при тестуванні асоціативної пам'яті за схожістю.

### Методика

В дослідженні як обстежувані взяли участь 10 жінок, правші, віком  $21 \pm 3$  рік, студентки 1-5 курсів Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Кожна з обстежуваних проходила 2 комп'ютерні субтести: "Реакція вибору" (РВ) та субтест "Асоціативна пам'ять за схожістю" (АПС) [1, 5]. 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), альфа1 (8,0-9,4 Гц), альфа2 (9,5-10,5 Гц) та альфа3 (10,6-12,9 Гц) обчислювались тонічна (максимальна амплітуда спектру у відведенні – Амаксимальна, мкВ/с; максимальна потужність спектру у відведенні – Смаксимальна, мкВ<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>; середня амплітуда спектру у відведенні – Асередня, мкВ/с; середня потужність спектру у відведенні – Ссередня, мкВ<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>) та фазична (домінуюча частота спектру у відведенні – Fдомінуюча, Гц; середня частота спектру у відведенні – Fсередня, Гц) складові спектру ЕЕГ.

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою пакету STATISTICA 8.0 (StatSoft, USA, 2001). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним  $p=0,05$ . Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Шапіро-Вілка. 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%) квантилі:  $M_e$  [25%; 75%]

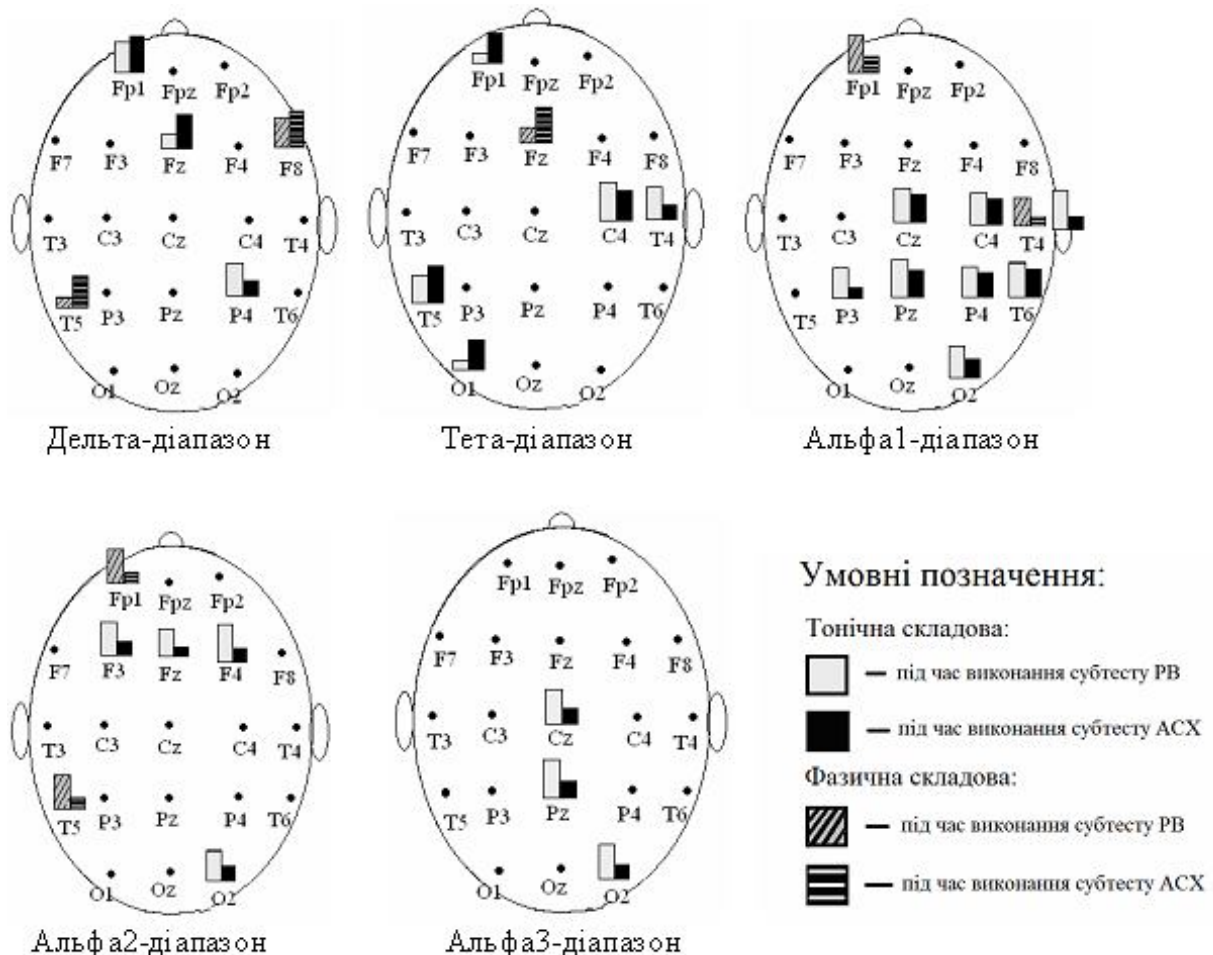
### Результати та їх обговорення

Було проведено статистичний аналіз як тонічних, так і фазичних показників ЕЕГ у обстежуваних при проходженні субтесту АПС порівняно з субтестом РВ. В якості відправної точки ми використовували субтест РВ, оскільки відомо, що в стані спокою активність деяких структур мозку є набагато вищою, ніж при виконанні зовнішньо обумовленого завдання, бо в цьому випадку активуються дефолтні мережі. Дефолтні мережі значною мірою варіюються у різних людей та і в різний час [6], тому актуальним є визначення початкового рівня активності головного мозку, порівняно з яким можна було б досліджувати специфічні зміни такої активності при виконанні певного завдання. З метою уніфікувати початковий стан обстежуваних спочатку пред'являвся субтест РВ, впродовж якого пригнічувались дефолтні мережі та активувалась зовнішня увага. При тестуванні асоціативної пам'яті обстежуваним для запам'ятовування пред'являлись пари слів, після чого на екрані комп'ютера з'являлось перше слово пари, а обстежувані повинні були серед множини слів на екрані комп'ютера знайти номер другого слова пари, набрати цей номер на клавіатурі та натиснути клавішу "ENTER" [5]. Таким чином, при проходженні субтесту АПС у обстежуваних активувались не тільки зони мозку, які відповідали за асоціативне запам'ятовування, але і за сприйняття зорових стимулів та моторику реалізації відповіді. Але при проходженні субтесту РВ також були задіяні аналогічні зони мозку, тому порівнюючи зміну електричної активності мозку обстежуваних при проходженні субтесту АПС порівняно з РВ, ми виключили з аналізу вплив рухової активності та сприйняття зорових стимулів.

При проходженні субтесту АПС порівняно з РВ в дельта-діапазоні в префронтальній зоні у відведенні Fp1  $A_{\text{середня}}$  значуще підвищилась з 4,40 [ 3,40; 5,10 ] мкВ/с до 5,35 [ 4,80; 6,00 ] мкВ/с ( $p=0,03$ ). У правій лобовій зоні у відведенні F8  $F_{\text{середня}}$  підвищилась з 1,15 [ 1,10; 1,40 ] Гц до 1,40 [ 1,40; 1,60 ] Гц ( $p=0,01$ ), а в Fz  $A_{\text{середня}}$  підвищилась з 3,60 [ 3,10; 4,00 ] мкВ/с до 4,20 [ 4,00; 4,40 ] мкВ/с ( $p=0,03$ ). У правій тім'яній зоні в Р4  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 3,85 [ 3,40; 4,20 ] мкВ/с до 3,40 [ 3,30; 3,40 ] мкВ/с ( $p=0,04$ ). В лівій скроневої зоні у відведенні T5  $F_{\text{середня}}$  підвищилась з 1,35 [ 1,20; 1,50 ] Гц до 1,45 [ 1,40; 1,60 ] Гц ( $p=0,01$ ) (Рис.1). Значуще підвищення електричної активності мозку людини в дельта-діапазоні в лівій префронтальній та фронтальній центральній зонах свідчить про активацію процесів відбору вербальної входної інформації, яка є важливою для подальшого запам'ятовування та підвищення рівня виконуючої уваги, яку пов'язують з активацією передньої поясної звивини [9]. Зниження активності в правій тім'яній зоні свідчило про пригнічення інформаційного потоку в праву сомато-сенсорну асоціативну кору, яка пов'язана саме із запам'ятовуванням асоціативно пов'язаних зображень, що було показано методом ФМРТ [2]. Зміни фазичної складової ЕЕГ можна інтерпретувати відповідно до концепції, яка викладена в [4]: тонічна складова відображає зміни в психофізіологічному та емоційному стані людини, а фазична – є стимул-залежною. Оскільки, згідно [8] більші нейромережі генерують нижчі частоти, а більш локальні мережі – більш високі, підвищення домінуючої частоти в лівій задне-скроневої та

правій передне–скроневій зонах можливо пов'язано з формуванням більш локальних неймереж, одна з яких пов'язана з зоною Верніке, а інша – правою передне - скроневою зоною. Взагалі, скроневій зоні відводять центральну роль в епізодичній пам'яті та моделях контексту інформації [3], при цьому виявлено, що права передне – скронева зона залучена до пошуку нових слів, що можливо пов'язано не тільки з визначенням сенсу слова, але і пошуку асоціацій [2 -3]. Крім того, права передне – скронева область пов'язана з передне–центральною зоною, розташування якої приблизно відповідає передній поясній звивині, яка реалізує функцію виконуючої уваги.

При проходженні субтесту АПС порівняно з РВ в тета-діапазоні у префронтальній зоні у відведенні Fp1  $A_{\text{середня}}$  підвищилась з 1,80 [ 1,40; 1,80 ] мкВ/с до 2,00 [ 1,70; 2,20 ] мкВ/с ( $p=0,01$ ). У лобовій зоні у відведенні Fz  $F_{\text{домінуюча}}$  підвищилась з 5,20 [ 5,00; 5,50 ] Гц до 5,45 [ 5,20; 5,70 ] Гц ( $p=0,04$ ). У центральній зоні у відведенні C4  $S_{\text{середня}}$  знизилась з 1,90 [ 1,40; 2,60 ] мкВ2/с2 до 1,50 [ 1,30; 1,60 ] мкВ2/с2 ( $p=0,03$ ). У лівій потиличній зоні в O1  $A_{\text{середня}}$  підвищилась з 1,50 [ 1,40; 2,00 ] мкВ/с до 1,70 [ 1,50; 2,20 ] мкВ/с ( $p=0,01$ ). У правій скроневій зоні в T4  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 0,81 [ 0,70; 1,10 ] мкВ/с до 0,72 [ 0,60; 0,90 ] мкВ/с ( $p=0,04$ ) та у лівій скроневій зоні в T5  $S_{\text{повна}}$  підвищилась з 7,00 [ 4,60; 10,00 ] мкВ2/с2 до 9,45 [ 6,40; 10,00 ] мкВ2/с2 ( $p=0,04$ ) (Рис.1).



**Рис.1.** Значущі зміни електричної активності мозку жінок при проходженні субтесту "Асоціації за схожістю" порівняно з субтестом "Реакція вибору" ( $n=10$ ,  $p \leq 0,05$ ) Примітка: стовпчики на рисунку показують значення відповідних медіан

Активність в тета – діапазоні пов'язують з формуванням великої межрегіональної нейромережі, в рамках якої відбувається вирішення відповідної когнітивної задачі та оцінка правильності відповіді. В результаті запам'ятовуванні пар слів у жінок було виявлено підвищення активності в лівій передній префронтальній, лівій задне – скроневої та лівій потиличній зонах, що свідчило про формування нейромережі, яка об'єднала центри уваги та когнітивного контролю з зоною Верніке та лівою асоціативною зоровою корою. В [2] методом ФМРТ було показано, що для асоціативного запам'ятовування зорових стимулів залучаються середні структури скроневої долі, префронтальна кора, тім'яні долі та латеральні потиличні зони. Таким чином, отримані нами результати узгоджуються з результатами [2], однак, оскільки в наших досліджах запам'ятовувались пари слів, а не картинок, нами було отримано підвищення активності не в скроневої, а - в задне–скроневої долі, яка пов'язана з зоною Верніке, що свідчить про залучення жінками слухової пам'яті до асоціативного зв'язування вербальної інформації: аналізу складних слів та конструювання відношень між словами [10]. Відомо, що міжпівкульні зв'язки між лівою та правою скроневиими зонами свідчать про залучення зон інсули, які відповідальні за планування артикуляційних рухів в процесі виконання завдання [10]. Тому зниження активності в правій скроневої зоні можливо свідчило про зменшення внеску артикуляційних рухів в формування відповіді при тестуванні асоціативної пам'яті, у той час, як при проходженні субтесту РВ, можливо, при формуванні реакції на стимул обстежувані проговорювали слова "квадрат" або "трикутник". Отримані результати узгоджуються з уявленнями про ієрархічну організованість префронтальної кори, яка керує ієрархічною організацією різних зон мозку, в т.ч. реалізує top-down когнітивний контроль через модуляцію процесів переробки інформації від фронтальних до потиличних зон мозку та їх вертання знов до фронтальних зон, де саме і приймається рішення щодо відповіді при тестуванні [2].

При проходженні субтесту АПС порівняно з РВ в альфа1-діапазоні у префронтальній зоні у відведенні Fp1  $F_{\text{домінуюча}}$  знизилась з 8,15 [7,60; 8,30] Гц до 7,75 [7,40; 8,10] Гц ( $p=0,04$ ). У центральній зоні у відведенні C4  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,55 [1,20; 1,80] мкВ/с до 1,25 [0,94; 1,50] мкВ/с ( $p=0,02$ ), а в Cz  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,70 [1,20; 2,00] мкВ/с до 1,35 [0,98; 1,60] мкВ/с ( $p=0,02$ ). У лівій тім'яній зоні в P3  $A_{\text{максимальна}}$  знизилась з 1,40 [0,86; 1,80] мкВ/с до 1,20 [0,99; 1,40] мкВ/с ( $p=0,03$ ), у правій тім'яній зоні в P4  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,45 [1,20; 2,00] мкВ/с до 1,20 [1,10; 1,30] мкВ/с ( $p=0,04$ ), а у відведенні Pz  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,40 [1,10; 1,50] мкВ/с до 0,97 [0,89; 1,10] мкВ/с ( $p=0,03$ ). У правій потиличній зоні в O2  $S_{\text{максимальна}}$  знизилась з 3,10 [1,30; 4,70] мкВ<sup>2</sup>/с<sup>2</sup> до 1,80 [1,20; 2,40] мкВ<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>. У правій скроневої зоні в T4  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,03 [0,80; 1,30] мкВ/с до 0,88 [0,64; 1,30] мкВ/с ( $p=0,04$ ), а  $F_{\text{домінуюча}}$  знизилась з 8,30 [8,20; 8,40] Гц до 8,20 [8,00; 8,30] Гц ( $p=0,03$ ), та у відведенні T6  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,00 [0,63; 1,20] мкВ/с до 0,76 [0,50; 0,88] мкВ/с ( $p=0,01$ ) (Рис.1).

При проходженні субтесту АПС порівняно з РВ в альфа2-діапазоні у префронтальній зоні у відведенні Fp1  $F_{\text{домінуюча}}$  знизилась з 9,40 [9,30; 9,80] Гц до 8,75 [8,00; 9,40] Гц ( $p=0,01$ ). У лівій лобовій зоні в F3  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 1,10 [1,10; 1,40] мкВ/с до 0,98 [0,87; 1,10] мкВ/с ( $p=0,03$ ), а у правій лобовій зоні в F4  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 0,85 [0,78; 1,50] мкВ/с до 0,79 [0,66; 1,00] мкВ/с ( $p=0,04$ ). У центральному відведенні лобової зони Fz  $A_{\text{максимальна}}$  знизилась з 1,20 [1,10; 1,50] мкВ/с до 1,10 [0,987; 1,20] мкВ/с ( $p=0,04$ ). У правій потиличній зоні в O2  $S_{\text{максимальна}}$  знизилась з 3,90 [1,60; 4,60] мкВ<sup>2</sup>/с<sup>2</sup> до 1,80 [1,20; 2,10] мкВ<sup>2</sup>/с<sup>2</sup> ( $p=0,01$ ). У лівій скроневої зоні у відведенні T5  $F_{\text{середня}}$  знизилась з 9,80 [9,60; 9,80] Гц до 9,60 [9,50; 9,70] Гц ( $p=0,03$ ) (Рис.1).

При проходженні субтесту АПС порівняно з РВ в альфа3-діапазоні у центральній зоні у відведенні CzA2  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 0,75 [ 0,67; 0,84 ] мкВ/с до 0,64 [0,61; 0,75] мкВ/с ( $p=0,03$ ). В тим'яній зоні у відведенні Pz  $A_{\text{середня}}$  знизилась з 0,89 [0,81; 1,00] мкВ/с до 0,78 [0,67; 1,00] мкВ/с ( $p=0,01$ ). В правій потиличній зоні в O2  $A_{\text{максимальна}}$  знизилась з 1,35 [1,30; 1,90] мкВ/с до 1,15 [0,94; 1,50] мкВ/с ( $p=0,04$ ) (Рис.1).

Зниження активності в альфа-діапазоні у фронтальній, правій скроневій, тим'яній та правій потиличній зонах свідчило про підвищення міжрегіональної взаємодії при асоціативному запам'ятовуванні та, відповідно, зниження спеціалізації процесів обробки інформації [4, 8].

### Висновки

В результаті проведеного дослідження було виявлено, що запам'ятовування асоціацій за схожістю у жінок відбулося із залученням слухової пам'яті та вербального аналізу зорової інформації при активації процесу уваги та когнітивного контролю. При цьому підвищувалась межрегіональна взаємодія та, відповідно знизувалась спеціалізація процесів обробки інформації в правій скроневій, тим'яній та правій потиличній зонах.

### Література

1. Філімонова Н. Взаємозв'язки між показниками асоціативної і оперативної пам'яті у жінок та чоловіків / Н.Філімонова, М.Макарчук, Т.Мірошник, К.Качуріна // Вісник Київського університету. Серія Біологія. - 2009.-Вип.54.- С.6-9.
2. Hales J.B. The timing of associative memory formation: frontal lobe and anterior medial temporal lobe activity at associative binding predicts memory / J. B. Hales, J. B. Brewer // Journal of neurophysiology. – 2011. - V.105 (4). - P.1454-1463.
3. Kahana M.J. Associative Retrieval Processes in Episodic Memory / M.J.Kahana, M.W.Howard, S.M. Polyn // Cognitive Psychology of Memory. – 2008. – V.2. – P. 1–24.
4. Klimesch, W. Eeg alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance // Brain Research Reviews. – 1999. - V.29 (2-3). - P.169-195.
5. Макарчук М.Ю., Філімонова Н.Б. Пропорція золотого перетину в здійсненні сенсомоторної реакції та реакції вибору як психофізіологічна характеристика здатності до обробки інформації в ЦНС людини / М.Ю.Макарчук, Н.Б.Філімонова // Фізика живого – 2003.-Т.11– № 2 –С.5-13.
6. Preminger S. Stimulus-free thoughts induce differential activation in the human default network / S.Preminger, T. Harmelech, R. Malach // NeuroImage. – 2011. - V.54 (2). - P.1692-1702.
7. Repov Š.G., Baddeley A. The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology / Š.G.Repov, A.Baddeley // Neuroscience. – 2006. – V. 139, Is. 1. – P. 5-21.
8. 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.
9. 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.
10. Werkle-Bergner M. Cortical EEG correlates of successful memory encoding: Implications for lifespan comparisons. Review / M.Werkle-Bergner, V.Müller, Shu-Chen Li, U.Lindenberger // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2006. - V.30. - P. 839–854

**Аннотация.** *Мавромати Т.Е., Филимонова Н.Б. Электрическая активность головного мозга женщин при исследовании ассоциативной памяти. В исследовании в качестве обследуемых приняли участие 10 женщин, правши, возрастом  $21 \pm 3$  года, студентки 1-5 курсов Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Каждая из обследуемых проходила 2 компьютерных субтеста: "Реакция выбора" (РВ) и субтест "Ассоциативная память по сходству" (АПС). У всех обследуемых регистрировали электроэнцефалограмму (ЭЭГ) до обследования (по 3 мин. фоновая запись с закрытыми и открытыми глазами) и во время проведения тестирования. В каждом отведении для частотных диапазонов ЭЭГ - дельта (0,5-3,9 Гц), тета (4,0-7,9 Гц), альфа1 (8,0-9,4 Гц), альфа 2 (9,5 - 10,5 Гц) и альфа3 (10,6-12,9 Гц) вычислялись тоническая и фазична составляющие спектра ЭЭГ. С целью унифицировать исходное состояние обследуемых сначала предъявлялся*

субтест РВ, в течение которого подавлялись дефолтные сети и активировалось внешнее внимание. Поскольку при прохождении субтеста АПС у обследуемых активировались не только зоны мозга, отвечающие за ассоциативное запоминание, но и за восприятие зрительных стимулов и за моторику реализации ответа, мы анализировали изменения электрической активности мозга обследуемых при прохождении субтеста АПС по сравнению с РВ, исключая таким образом из анализа влияние двигательной активности и восприятия зрительных стимулов. В результате проведенного исследования было выявлено, что запоминание ассоциаций по сходству у женщин произошло с привлечением слуховой памяти и вербального анализа зрительной информации при активации процесса внимания и когнитивного контроля. При этом повышалось межрегиональное взаимодействие и, соответственно, снижалась специализация процессов обработки информации в правой височной, теменной и правой затылочной зонах.

**Ключевые слова:** ассоциативная память по сходству, ЭЭГ, вербальные стимулы, женщины

**Summary. Mavromati T.E., Filimonova N.B. Electric activity of cerebrum of women at research of annex storage.** As the surveyed 10 women, right-handed persons, age  $21 \pm 3$  years, the students of 1-5 courses of the Kyiv National Taras Shevchenko University took part in research. Each of the surveyed passed 2 computer subtests: "Choice reaction" (CR) and "Associative Memory by Similarity" subtest (AMS). At all surveyed it was registered the electroencephalogram (EEG) before the test (for 3 min. background record with the closed and open eyes) and during carrying out testing. In each assignment for frequency ranges of EEG - the delta (0,5-3,9 Hz), a theta (4,0-7,9 Hz), alpha 1 (8,0-9,4 Hz), an alpha 2 (9,5 - 10,5 Hz) and alpha 3 (10,6-12,9 Hz) were calculated the tonic and phasic components of EEG. With the purpose to unify an initial condition surveyed at first the CR subtest during which default networks were suppressed was shown and the external attention was activated. Since the passage of the subtests in the APS subjects not only activated areas of the brain that are responsible for associative memory, but also for the perception of visual stimuli and motor realization of the answers we analyzed changes in brain electrical activity of subjects in passing subtests AMS compared with CR, thus excluding from analysis the influence of motor activity and the perception of visual stimulus. As a result, the study found that memory associations by similarity in women occurred involving auditory memory and verbal analysis of visual information in the activation process of attention and cognitive control. It was raised interregional interaction and thus decreased specialization of information processing in the right temporal, parietal and right occipital areas.

**Keywords:** associative memory by similarity, EEG, verbal stimuli, women

**Відділ "Фізіології мозку та психофізіології" НДІ фізіології імені академіка Петра Богача  
Навчально-наукового центру «Інститут біології»  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка**

Одержано редакцією 15.12.2012  
Прийнято до публікації 9.01.2013