

УДК 612.82/.83; 612.821

ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ МІКРОСТРУКТУРИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ НА ЗОРОВІ ВЕРБАЛЬНІ ТА НЕВЕРБАЛЬНІ СТИМУЛИ У ЧОЛОВІКІВ ТА ЖІНОК

Філімонова Н.Б., Куценко Т.В.

За результатами факторного аналізу у жінок виявлено дві функціональні системи оперативної пам'яті – систему запам'ятовування вербальної інформації та систему, яка пов'язана з увагою. У чоловіків виявлено три функціональні системи оперативної пам'яті: 1 – система запам'ятовування нескладної вербальної та невербальної інформації, 2 – система запам'ятовування саме літер, 3 – система запам'ятовування складної невербальної інформації.

Ключові слова: оперативна пам'ять, жінки, чоловіки, вербальні, невербальні стимули.

ВСТУП

На даний момент актуальним є виявлення та дослідження особливостей властивостей пам'яті у жінок і чоловіків [1, 2]. Відмінності у структурі пам'яті між чоловіками та жінками обумовлені статевим диморфізмом мозку [3 – 5]. Показано, що у праворуких чоловіків передній відділ мозолистого тіла (rostrum) більший, ніж у праворуких жінок. У жінок більшим виявився його задній відділ (splenium), а саме – його перешийок (istmus) [3]. В роботі [4] методом ядерно-магнітного резонансу (ЯМР) вимірювався абсолютний обсяг мозолистого тіла та обсяг переднього мозку і їх співвідношення. Показано, що у жінок обсяг переднього мозку менший, ніж у чоловіків. При цьому абсолютний обсяг мозолистого тіла був однаковий, тому відносний обсяг мозолистого тіла до переднього мозку у жінок більший, ніж у чоловіків. Також з використанням методу ЯМР в роботі [5] показано, що у чоловіків процентний вміст сірої речовини було вищим в лівій півкулі, порівняно з правою, а процентний вміст білої речовини, навпаки, був вищим у правій півкулі. У жінок ніякої асиметрії виявлено не було. Автори пов'язують це з особливостями когнітивних функцій та меншою функціональною асиметрією у жінок.

Дослідження властивостей оперативної пам'яті у чоловіків та жінок не виявило значущих відмінностей у абсолютних значеннях показників [6 – 7]. Припускаючи, що анатомічні відмінності можуть супроводжуватись функціональними, ми висунули припущення, що однаковий результат за показниками оперативної пам'яті досягається за рахунок різної організації процесів, які цей результат забезпечують. Саме тому ми вирішили дослідити особливості організації мікроструктури оперативної пам'яті на зорові вербальні та невербальні стимули у чоловіків та жінок.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

В дослідженні взяли участь 60 студентів (30 жінок та 30 чоловіків) біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка у віці 20 ± 2 роки, всі праворукі. Кожний з обстежуваних послідовно проходив 4 комп'ютерні субтести оцінки розвитку короточасної пам'яті. В першому субтесті оцінювалась оперативна пам'ять на літери (Л). Обстежуваному для запам'ятовування пред'являлась деяка множина приголосних літер, кількість яких у цій множині послідовно зростала від 2 до 7. Певна кількість літер у субтесті повторювалась по 10 разів з випадковою комбінацією різних приголосних. Час експозиції кожної множини літер складав 1.5 с, після чого літери згасали, а через 1 с з'являлась тестова літера, стосовно якої необхідно було відповісти, чи була вказана літера в попередній множині (для чого треба було правою рукою натиснути клавішу “/”), чи її там не було (для чого треба було натиснути лівою рукою клавішу “z”). Всі інші субтести організовані за аналогічною схемою. В другому субтесті оцінювалась оперативна пам'ять на цифри (Ц), в третьому субтесті – на прості геометричні фігури (Г1): круг, еліпс, квадрат, ромб, та інші (рис.1), а в четвертому субтесті – на геометричні фігури з двома ознаками (Г2): форма (круг, еліпс, квадрат та прямокутник) і зафарбування вертикальної або горизонтальної половини фігури (рис.2). В усіх субтестах реєструвався час реакції в мс з точністю до 10 мс, після чого обчислювався середній час реакції на певну кількість подразників (ЛП) в мс з точністю до 1 мс; крім того, фіксувалась правильність / помилковість відповіді.

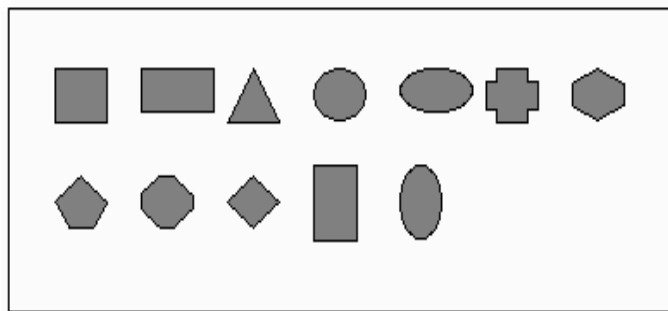


Рис. 1. Прості геометричні фігури, які пред'являлись в третьому субтесті

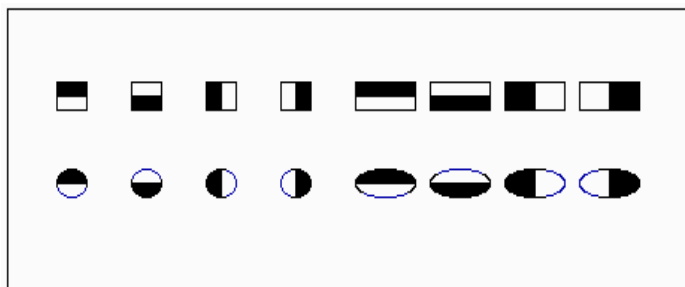


Рис. 2. Геометричні фігури з двома ознаками, які пред'являлись в четвертому субтесті.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Ми застосували мікрострунний підхід для аналізу отриманих результатів, при цьому проаналізували латентні періоди (ЛП) не лише правильних реакцій, але і помилкових, оскільки процес допущення помилок може відображати роботу системи уваги. Обчислювались ЛП вірних реакцій на Л, Ц, Г1 та Г2 для правої і лівої рук для кожної серії з 2 – 7 стимулів, також обчислювались ЛП помилкових реакцій на Л, Ц, Г1 та Г2 для правої і лівої рук для кожної серії з 2 – 7 стимулів. Крім того, обчислювалась відносна кількість помилок для правої і лівої рук для кожної серії з 2 – 7 стимулів для всіх типів стимулів: Л, Ц, Г1 та Г2.

Для того, щоб систематизувати параметри, визначити, на які підгрупи вони розбиваються, які з них є провідними в цих підгрупах, а які показники в певній мірі дублюють інші, було застосовано програму STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Перевірка розподілів досліджуваних психофізіологічних параметрів на узгодженість з нормальним розподілом за критерієм тестом Шапіро-Вілка показала, що більшість з них не є нормально розподіленими величинами з рівнем значущості $p < 0.5$. Тому до аналізу взаємозв'язків між показниками було застосовано ранговий кореляційний аналіз Спірмена. Виявлену множину взаємозв'язків було важко проаналізувати, тому необхідно було дослідити структуру множини отриманих параметрів, щоб за рахунок зменшення розмірності знайти максимально ортогональну підсистему координат. Як один з методів стиснення інформації можна розглядати факторний аналіз, бо це – метод зниження розмірності досліджуваного факторного простору, оскільки кореляція між досліджуваними ознаками означає їх надлишковість, а зведення багатьох надлишкових ознак до небагатьох допоміжних ознак (загальних факторів), вільних від надлишковості і є задачею стиснення інформації (зниження розмірності). Оскільки метод факторного аналізу базується на кореляційній матриці Пірсона [8], то його застосування до досліджуваних параметрів, розподіл яких не є нормальним, може призводити до певного викривлення істинних результатів. Для того, щоб застосування факторного аналізу було коректним, пропонуємо попередньо прологарифмувати отримані показники. Зауважимо, що перехід від параметру до його логарифму призводить до зменшення асиметрії початкового розподілу. В результаті розподіл всіх логарифмованих параметрів став нормальним, або наблизився до нього. В моделі з 14 головними факторами рівень обмеження значень власних чисел коваріаційної матриці даних був обраний не нижчим за одиницю. Модель факторного аналізу розкладає кореляційну матрицю досліджуваних параметрів на самовідтворену та залишкову кореляційні матриці. Якість побудованої моделі характеризується відсотком поясненої варіації, який бажано мати не меншим, ніж 80%, і значеннями недіагональних елементів залишкової кореляційної матриці, які повинні бути близькими до нуля [8].

Побудовано дві факторні моделі оперативної пам'яті – для чоловіків та для жінок. Для обох моделей мінімальним є 14 загальних факторів, для яких відсоток сумарної поясненої дисперсії дорівнював 80,5 %. Якість моделі факторного аналізу також контролюється значеннями недіагональних елементів залишкової кореляційної матриці – у тому випадку, якщо вони більші, ніж 0.1, це свідчить про неточність моделі та потребу уточнення зв'язку відповідних пар параметрів. В

факторній моделі оперативної пам'яті для жінок найбільшими серед відкинутих виявились кореляційні зв'язки між ЛП вірних реакцій правою рукою на 5 стимулів (Ц) та ЛП помилкових реакцій правою рукою на 5 стимулів (Ц) ($r = 0,26$) і кількістю помилок правої руки на 7 стимулів (Л) та кількістю помилок лівої руки на 7 стимулів (Г2) ($r = 0,25$). В аналогічній моделі для чоловіків найбільшими серед відкинутих виявились кореляційні зв'язки між кількістю помилок лівої руки на 3 стимули (Г1) та кількістю помилок лівої руки на 7 стимулів (Г2) ($r = 0,24$) і між ЛП вірних реакцій правою рукою на 2 стимули (Ц) та ЛП помилкових реакцій правою рукою на 2 стимули (Ц) ($r = 0,19$).

В результаті побудови моделі факторного аналізу з застосуванням стратегії нормалізованого варімакс, як методу обертання факторів, отримано матрицю навантажень загальних факторів на досліджуванні параметри. Навантаження – це коефіцієнти кореляції між відповідними парами “загальний фактор – параметр”. Таким чином, ми отримали розбиття комплексу показників оперативної пам'яті на 14 підгруп за корельованістю з загальними факторами. Інтерпретація результатів факторного аналізу базується на теорії функціональної системи як одиниці інтеграції цілого організму, яка утворюється динамічно для досягнення будь-якої його пристосувальної діяльності і є до певної міри замкненою системою [9]. Будь-який фактор ми асоціюємо з деякою функціональною системою. У жінок в 1 фактор (власне значення = 33,30, а відсоток поясненої варіації – 23,96%) увійшли ЛП вірних та помилкових реакцій на Л та Ц правою і лівою руками для кожної серії з 2 – 7 стимулів, а для Г1 – ЛП вірних правою рукою на 4-5 стимулів (Г1) і лівою рукою на 2, 4, 6 стимулів (Г1), а також кількість помилок лівою рукою на 2-3 стимули (Л). В 2 фактор (власне значення = 14,56, а відсоток поясненої варіації – 10,48%) увійшли ЛП вірних реакцій правою рукою на 2 – 3 стимули (Л), на 5 стимулів (Г1), на 2 та 6 стимулів (Г2), помилкових реакцій правою рукою на 2-4 стимули (Л), помилкових реакцій лівою рукою на 3 стимули (Л), на 2 стимули (Г1). Інші показники увійшли в останні 12 факторів з власними значенням 8, 43 – 3,53 та відсотком поясненої варіації – 6,07 – 2,54%. Це свідчить про відсутність сформованих функціональних систем. Таким чином, для жінок можна говорити про дві основні функціональні системи: функціональну систему обробки та запам'ятовування вербальної інформації та систему, яка пов'язана з увагою, бо в цей фактор увійшли показники, які характеризують якість початку тестування, та певну критичну кількість стимулів [6 – 7]. При цьому відносно запам'ятовування літер і цифр латералізація проявляється не дуже яскраво, в той час, як до другого фактору більше увійшло показників, які характеризують роботу правої руки, тобто лівої півкулі. Показники оперативної пам'яті на геометричні фігури практично не увійшли в ці дві системи, а розпались на купу дрібних факторів.

Для чоловіків В 1 фактор (власне значення = 31,29, а відсоток поясненої варіації – 22,19%) увійшли ЛП вірних реакцій правою рукою на 2 – 4 стимули (Ц), на 2 – 3 стимули (Г1), ЛП помилкових реакцій правою рукою на 2 – 3 стимули (Ц), ЛП вірних реакцій лівою рукою на 2 – 4 стимули (Ц), на 2-6 стимули (Л), на 2 – 3 стимули (Г1) та ЛП помилкових реакцій лівою рукою на 2-3 стимули (Ц), на 2-6 стимулів (Л) та кількість помилок правою рукою на 4 стимули (Г2) та лівою рукою

на 6 стимулів (Ц). В 2 фактор (власне значення = 12,91, а відсоток поясненої варіації – 9,16%) увійшли ЛП вірних реакцій правою рукою на 3-7 стимулів (Л), на 2 стимули (Г2), ЛП помилкових реакцій правою рукою на 3-6 стимулів (Л) та кількість помилок правою рукою на 3 – 6 стимулів (Л). В 3 фактор (власне значення = 9,251, а відсоток поясненої варіації – 6,56%) увійшли ЛП вірних реакцій правою рукою на 6-7 стимулів (Г1), на 3 – 4, 6 – 7 стимулів (Г2) ЛП помилкових реакцій правою рукою на 7 стимулів (Г1), на 4 і 6 стимулів (Г2) ЛП вірних реакцій лівою рукою на 6 стимулів (Г1 та Г2) та ЛП помилкових реакцій на 6-7 стимулів (Г2). Інші показники увійшли в останні 11 факторів з власними значенням 8, 01 – 3,68 та відсотком поясненої варіації – 5,68 – 2,61%. Таким чином, для чоловіків можна виділити три основні функціональні системи, пов'язані з процесами оперативної пам'яті. Перша - функціональна система обробки та запам'ятовування нескладної вербальної та невербальної (геометричні фігури з однією ознакою) інформації (2 – 4 стимули), друга – функціональна система запам'ятовування саме літер, а третя система – функціональна система запам'ятовування геометричних фігур як однією, та і з двома ознаками. Ця система включається при запам'ятовуванні більш складної невербальної інформації – геометричних фігур з однією ознакою – для 6 – 7 стимулів та геометричних фігур з двома ознаками. Обробка нескладної як вербальної, так і невербальної інформації відбувається в обох півкулях, процеси запам'ятовування літер більш виражені в лівій півкулі (права рука), а складні геометричні фігури – в обох півкулях. Можливо, розпізнавання та обробка невербальної інформації відбувається в правій півкулі [10], однак процес тестування побудовано таким чином, що необхідно прийняти рішення по наявності/відсутності фігури в пред'явленій раніше послідовності. Можливо, таке рішення відбувається з залученням лівої півкулі, де процес прийняття рішення вербалізується у “внутрішній” мові і саме тому ми не отримали чіткої латералізації при запам'ятовуванні геометричних фігур.

ВИСНОВКИ

1. У жінок виявлено дві функціональні системи, які реалізують процеси оперативної пам'яті – функціональну систему обробки та запам'ятовування вербальної інформації та систему, яка пов'язана з увагою. Не було виявлено окремої функціональної системи оперативної пам'яті на геометричні фігури.
2. У чоловіків виявлено три функціональні системи, які реалізують процеси оперативної пам'яті – функціональна система обробки та запам'ятовування нескладної вербальної та невербальної (геометричні фігури з однією ознакою) інформації (2 – 4 стимули), друга – функціональна система запам'ятовування саме літер, а третя система – функціональна система запам'ятовування складної невербальної інформації (геометричні фігури з однією ознакою: 6 – 7 стимулів та геометричні фігури з двома ознаками).

Список літератури

1. Duff s.j., Hampson e. A sex difference on a novel spatial working memory task in humans // *brain and cognition* – 2001. – V. 47, issue 3, december. – p. 470-493.
2. Barrett L. F., Tugade M.M. Individual Differences in Working Memory Capacity and Dual-Process Theories of the Mind // *Psychol Bull* – 2004, July/ – №130(4). – P.553-573..
3. Phillips K.A., Sherwood C.C., Lilak A.L. Corpus Callosum Morphology in Capuchin Monkeys Is Influenced by Sex and Handedness // *PLoS ONE* – 2007. – v. 2(8) – P.e792.
4. Witelson S.F., Goldsmith Ch.H. The relationship of hand preference to anatomy of the corpus callosum in men // *Brain Research* – 1991. – № 545. – P.175-182.
5. Gur R.C., Turetsky B.J., Matsui M., Jan M., Bilker W., Hughelt P., Gur R.E. Sex differences in brain gray and white matter in healthy young adult: correlation with cognitive performance // *J. Neuroscience* – 1999. – №15. – P.4065-4072.
6. Філімонова Н.Б., Куценко Т.В., Макарчук М.Ю. Особливості обробки зорової вербальної та невербальної інформації в оперативній пам'яті людини // *Фізика живого* – 2006. – Т.14. – № 3. – С. 75 – 86.
7. Філімонова Н.Б., Куценко Т.В. Вплив типу та кількості стимулів на систему обробки інформації у оперативній пам'яті жінок // *Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки* – 2008. – Вип. 128. – С.127 – 136
8. Макарчук М.Ю., Філімонова Н.Б., Кравець Т.В. Основні фактори психофізіологічного стану людини // *Вісник Київського університету (серія Біологія)* – 2008. – Вип. 53. – С. 59– 62
9. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука. – 1980. – 196 с
10. Repovš G., Baddeley A. The multi-component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology // *Neuroscience* – 2006. – V. 139, Issue 1, 28 April – P. 5-21

Філімонова Н.Б., Куценко Т.В. Факторний аналіз мікροструктури оперативної пам'яті на зрительні вербальні та невербальні стимули у чоловіків та жінок // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского, Серия „Биология, химия”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 2. – С. 134-139.

По результатам факторного аналізу у жінок виявлені дві функціональні системи оперативної пам'яті – систему запам'ясування вербальної інформації та систему, пов'язану з увагою. У чоловіків виявлено три функціональні системи оперативної пам'яті: 1- система запам'ясування нескладної вербальної та невербальної інформації, 2 – система запам'ясування іменних слів, 3 – система запам'ясування складної невербальної інформації.

Ключевые слова: оперативная память, женщины, мужчины, вербальные, невербальные стимулы.

Filimonova N.B., Kutsenko T.V. Factor analysis of a microstructure of the working memory on visual verbal and nonverbal stimuli for men and women // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 2. – P. 134-139.

On results a factor analysis for women two functional systems of working memory are exposed - system of memorizing of verbal information and system, related to attention. For men three functional systems of main memory are exposed: 1- system of memorizing of the simple verbal and nonverbal information, 2 - system of memorizing exactly of letters, 3 - system of memorizing of difficult nonverbal information.

Keywords: working memory, women, men, verbal, nonverbal stimuli.

Поступила в редакцію 12.05.2009 г.