

УДК 612.8; 612.82/.83

Г.Д. Сагайдак, Н.Б. Філімонова, І.Г. Зима

ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ТЕСТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЗА СУБТЕСТОМ «АРИФМЕТИЧНІ ЗАДАЧІ» ТЕСТУ СТРУКТУРИ ІНТЕЛЕКТУ АМТХАУЕРА

Проблема. Інтелект визначає успішність у навчанні, оволодінні професією та включає в собі вербальні, математичні та інші здібності. Важливим є те, що відсутність математичної грамотності знижує якість життя сильніше, ніж відсутність грамотності звичайної. Питання дослідження математичного інтелекту та здібностей людей до арифметики постає досить гостро. Крім того, відомо, що чоловічий та жіночий мозок функціонують по різному.

Мета. Дослідити відмінності в електричній активності головного мозку у осіб різної статі під час проходження субтесту «Арифметичні задачі» тесту структури інтелекту Амтхауера.

Методи дослідження. У дослідженні добровільно взяли участь 20 чоловіків та 20 жінок, правші, віком 20 ± 3 років, студенти 1-5 курсів КНУ імені Тараса Шевченка. Кожен з обстежуваних проходив тестування за допомогою комп'ютерної реалізації субтесту «Арифметичні задачі» тесту структури інтелекту Амтхауера, що використовується для оцінки математичної складової 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) обчислювали повну потужність спектру. Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету STATISTICA 8.0 (StatSoft, USA, 2008). Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Шапіро-Вілка. Оскільки розподіл практично всіх параметрів за критерієм Шапіро-Вілка був відмінний від нормального ($p < 0,05$), для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона, для опису вибіркового розподілу вказували (M_e) і нижній (25%) та верхній (75%) квартилі: M_e [25%; 75%].

Основні результати дослідження. Було виявлено, що при вирішенні арифметичних задач у жінок формувалась фронто-парієтальна система контролю вхідного інформаційного потоку при активації префронтальної кори, що здійснювала регуляцію когнітивних функцій. Підвищена активність в задній асоціативній корі та правих скроневих ділянках, свідчила про те, що арифметичні задачі жінки вирішували асоціативно. Також спостерігалась підвищена активність в зоні лівої ангулярної звивини, яка активується саме при вирішенні математичних завдань. У чоловіків при вирішенні арифметичних задач було виявлено фактично два інформаційних потоки (вербальний та образний), координуючу роль між якими відігравала передня поясна кора, при цьому була сформована широка фронто-парієтальна нейромережа із залученням скроневих ділянок обох півкуль.

Наукова новизна результатів дослідження. Було досліджено роботу головного мозку чоловіків та жінок під час вирішення субтесту «Арифметичні задачі» тесту структури інтелекту Амтхауера.

Висновки. Жінки скоріше вирішували арифметичні задачі асоціативно із залученням лівої ангулярної звивини У чоловіків безпосередня обробка математичних завдань здійснювалась в правій потиличній зоні, яка пов'язана з створенням образних метафор та інтермодальними асоціаціями.

Ключові слова: ЕЕГ, чоловіки, жінки, інтелект, тест Амтхауера, арифметичні задачі

Вступ

Коли говорять про інтелект як про певну здібність, то, в першу чергу, спираються на його адаптаційне значення для людини і вищих тварин [1]. Його часто розглядають як вроджену здібність, яка визначає успішність у навчанні та оволодінні професією та включає в собі вербальні, математичні та інші здібності. Важливим є те, що відсутність математичної грамотності знижує якість життя сильніше, ніж відсутність грамотності звичайної. Спеціальне дослідження, проведене у Великобританії, показало, що люди, що мають серйозні труднощі з арифметикою, менше заробляють, частіше хворіють і частіше порушують закони [2]. За допомогою близнюкового аналізу було показано, що арифметичні здібності в значній мірі (як мінімум на 30%) залежать від генів, а не від умов розвитку. Крім того, з'ясувалося, що вони успадковуються окремо від інших генетично зумовлених здібностей. Все це, дозволяє припустити, що в арифметичних здібностей повинна бути своя власна нейрологічна основа: можливо, існує специфічний відділ мозку, який відповідає саме за арифметику [2].

При створенні тесту Р.Амтхауер виходив із концепції, яка розглядає інтелект як спеціалізовану підструктуру в цілісній структурі особистості. В інтелекті виявляється наявність певних «центрів тяжіння» - вербального, математичного інтелекту, просторової уяви, функцій пам'яті та ін. 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 [1]. Для оцінки математичних здібностей використовувався субтест №6 «Арифметичні задачі».

Було показано, що рівень загального інтелекту корелює з складністю організації мозку та синхронізацією активності в лобній зоні [3] та вищим рівнем активності мозку в Δ - діапазоні та нижчим – в верхньому α та нижньому β - діапазонах [4].

Крім того, останні дослідження показали, що функціонування жіночого мозку має суттєві відмінності від роботи чоловічого [5].

Тому **метою** нашої роботи було дослідити відмінності в електричній активності головного мозку у осіб різної статі під час проходження субтесту «Арифметичні задачі» тесту структури інтелекту Амтхауера.

Методика

У дослідженні, як обстежувані, взяли участь 40 осіб (20 жінок та 20 чоловіків віком 20 ± 3 років, правші), студенти 1-5 курсів Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Обстежувані проходили тестування за допомогою комп'ютерної реалізації субтесту «Арифметичні задачі» (А3). Їм надавалися 20 простих задач, що по суті були не стільки арифметичними, скільки практичними, які необхідно було вирішити не більше, ніж за 10 хв. Тому, обстежуваним, розв'язуючи їх, необхідно було бути уважними до практичного змісту відповідей. За допомогою даного завдання можна охарактеризувати практичне мислення, а також здатність швидко вирішувати формалізовані проблеми [1].

Для виключення моторної складової з реакції обстежуваних під час виконання А3, спочатку обстежувані проходили субтест «Реакція вибору» (РВ) в якому використовували комп'ютерну модифікацію класичної методики дослідження часу реакції вибору при пред'явленні обстежуваному серії з 200 подразників.

В усіх обстежуваних реєстрували електроенцефалограму (ЕЕГ) до початку обстеження (проба з заплющеними та відкритими очима) та під час проведення тестування. Для реєстрації та аналізу ЕЕГ використовували комплекс "Нейрон-Спектр-

4/ВП" (НейроСофт, Росія). Запис ЕЕГ здійснювався монополярно, референтний електрод було розташовано на мочці вуха з кожної сторони, частота квантування ЕЕГ дорівнювала 500Гц. Було використано мостикові посріблені електроди, які накладались за міжнародною системою «10-20%» у 19 стандартних відведеннях. В кожному відведенні для частотних діапазонів ЕЕГ - дельта (0,5-3,9Гц), тета (4,0-7,9Гц), альфа (8,0-12,9Гц), бета1 (13,0-19,9 Гц) та бета2 (20,0-35 Гц) за допомогою програми "Нейрон-Спектр" обчислювали повну потужність спектру у відповідних відведеннях – $S_{\text{повна}}$, $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою пакету STATISTICA 8.0 (StatSoft, USA, 2008). Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Шапіро-Вілка. Оскільки розподіл практично всіх параметрів за критерієм Шапіро-Вілка був відмінний від нормального ($p < 0,05$), для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона, для опису вибіркового розподілу вказували (M_e) і нижній (25%) та верхній (75%) квантилі: M_e [25%; 75%].

Результати та їх обговорення

Під час вирішення АЗ порівняно з РВ у жінок в δ -діапазоні у фронтальній зоні $S_{\text{повна}}$ значуще підвищилася в F4: з 47,5 [30,5; 84,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 55,0 [41,5; 67,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,04$); F7: з 39,5 [25,5; 52,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 48,0 [34,0; 64,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); F8 з 29,5 [23,5; 41,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 53,0 [34,0; 64,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,001$); Fz: з 66,0 [56,5; 78,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 85,5 [70,5; 92,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,009$), а також у відведеннях Pz: з 83,5 [77,5; 89,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 92,5 [81,0; 99,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,009$) та O2: з 68,5 [51,5; 81,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 73,0 [62,5; 88,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,03$) (Рис.1). В δ -діапазоні відбувається формування потоку вхідної інформації [6] та оцінка правильності відповіді [7]. Фронтальна зона є критичною для розподілу уваги, ресурсу часу між різними зонами мозку та контролю відбору інформації [8]. Задня поясна кора відіграє центральну роль в підтримці внутрішньо направленої пізнання та цілісно – мозкової метастабільності та забезпечує адаптивність та стійкість активної нейромережі [9]. Таким чином, можна припустити, що у жінок формується фронто-парієтальна система контролю вхідного інформаційного потоку.

В θ -діапазоні $S_{\text{повна}}$ значуще підвищилася у префронтальній зоні в Fp1 з 21,0 [17,0; 27,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 25,0 [19,5; 30,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,03$); Fp2: з 21,5 [13,5; 26,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 23,5 [17,0; 31,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,03$) та у відведенні F8 з 9,1 [7,1; 12,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 11,0 [8,3; 14,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,04$) (Рис.1). Активність в θ -діапазоні пов'язують з організацією нейромережі під задачу та контролем за помилковістю відповідей [7]. Таким чином, у жінок при вирішенні арифметичних задач спостерігалась активація префронтальної кори, що здійснювала контроль над когнітивними функціями, причому активацію правої передньої скроневої зони пов'язують з виділенням цілі [10].

В α -діапазоні відбулася синхронізація майже по всьому скальпу (Рис.1). Оскільки активність в α -діапазоні пов'язують з високо-спеціалізованим сприйняттям, увагою та процесами запам'ятовування [11], можна говорити про те, що у жінок до обробки математичних завдань було залучено майже всі ділянки мозку.

Значуще зниження $S_{\text{повна}}$ в $\beta 1$ -діапазоні в лівій півкулі (Рис. 1) свідчило про те, що жінки не залучали вербальний логіко-семантичний аналіз для вирішення математичних завдань.

В $\beta 2$ -діапазоні було виявлено значуще підвищення $S_{\text{повна}}$ в F8 з 5,97 [4,75; 7,75] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 11,5 [9,75; 16,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,04$); T4 з 5,05 [3,75; 7,25] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 5,85 [4,55; 7,8] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,04$); T6 з 6,2 [4,1; 10,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 8,15 [5,85; 10,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$); P3 з 10,0 [8,75; 15,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 11,5 [9,75; 16,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$) P4 з 12,5 [7,1; 15,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 23,6 [22,1; 24,25] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,00009$); Pz з 13,5 [10,0; 16,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 14,0

[13,0; 16,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); O1 з 11,5 [8,45; 17,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 14,5 [11,0; 21,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,009$); O2 з 17,5 [10,075; 23,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 19,0 [14,5; 31,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,003$) (Рис. 1). Активність в $\beta 2$ -діапазоні пов'язують з пізнанням по-суті (*per se*) та безпосередньою обробкою інформації в локальних нейромережах [12]. Скроневі ділянки мозку пов'язують з створенням асоціацій та асоціативною пам'яттю [13]. Оскільки було виявлено підвищення активності в задній асоціативній корі та правих скроневих ділянках, можна припустити, що арифметичні задачі жінки вирішували асоціативно. Також спостерігалась підвищена активність в зоні лівої ангулярної звивини, яка за даними [14] активується саме при вирішенні математичних завдань.

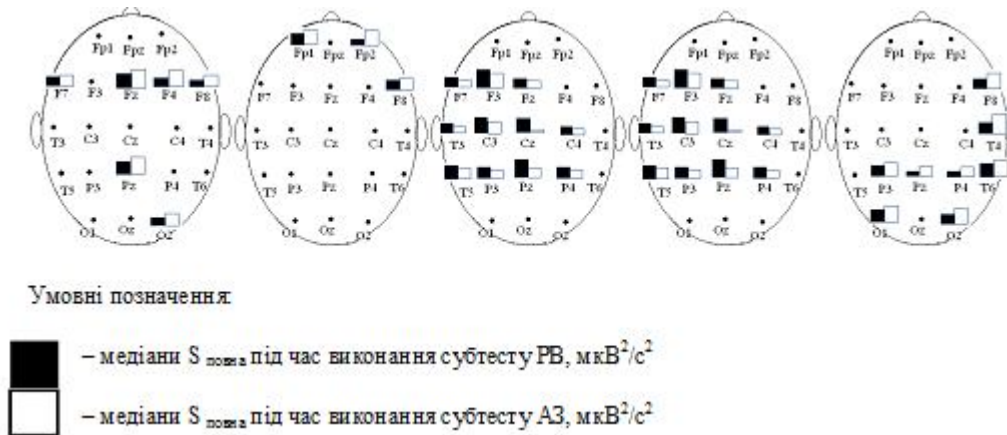


Рис. 1. Значущі відмінності в активності головного мозку жінок при виконанні завдання «Арифметичні задачі» (АЗ) в порівнянні із завданням «Реакція вибору» (РВ) ($n=20$), $p < 0,05$

У чоловіків було виявлено, що в δ -діапазоні $S_{\text{повна}}$ значуще збільшилась в T4 з 32,0 [27,0; 41,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 40,0 [30,0; 59,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); T5: з 38,0 [32,0; 48,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 46,5 [32,5; 60,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); T6 з 37,5 [26,0; 56,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 47,5 [32,0; 62,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,003$); P3 з 53,0 [46,5; 72,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 69,5 [59,5; 81,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,004$); F7 з 49,0 [38,0; 66,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 71,0 [59,0; 97,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,0001$); F8 з 48,0 [33,5; 86,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 84,0 [51,5; 117,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,004$); Fz з 67,5 [60,0; 100,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 89,0 [72,5; 116,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); O1 з 51,5 [45,5; 71,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 59,0 [48,0; 81,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,04$); O2 з 51,0 [45,0; 63,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 61,0 [44,0; 71,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,04$) (Рис.2). Таким чином, у чоловіків було виявлено фактично два інформаційних потоки, координуючу роль між якими відігравала передня поясна кора. Перший – вербальний потік формувалась в лівій зоровій корі (сприйняття стимулів) та лівій ангулярній звивині (сприйняття чисел [14]) та її усвідомлення в артикуляційній петлі, сформованій зонами Брока (проговорювання інформації) та Верніке (розуміння сенсу). Другий – образний: права зорова кора та скроневі ділянки правої півкулі [13], які пов'язані із створенням і пошуком асоціацій.

В θ -діапазоні спостерігалось значуще зростання $S_{\text{повна}}$ в T3 з 12,0 [9,5; 15,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 13,5 [10,0; 16,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$) F7 з 14,0 [10,0; 15,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 17,0 [15,0; 21,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,0002$); Pz з 25,0 [19,5; 38,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 30,5 [24,5; 37,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,03$) та O2 з 16,0 [14,0; 23,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 19,5 [16,5; 27,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,001$); F8: з 13,0 [10,5; 16,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 18,0 [15,0; 23,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,0003$) (Рис.2). Зорова увага керується одразу обома факторами, а саме top-down - когнітивним та bottom-up – сенсорним. Top-down контроль регулює відносну силу сигналів з різних інформаційних каналів, які основані на безпосередніх цілях та попередньому досвіді. Bottom-up контроль автоматично підвищує реакцію на біологічно значущі стимули. [15]. Таким

чином, у чоловіків для вирішення арифметичних задач була сформована широка фронто – парієтальна неймережа із залученням скроневих ділянок обох півкуль. Отримані результати узгоджуються з дослідженням [16], в якому було показано, що для здійснення арифметичного підрахунку потрібна співпраця передньої поясної кори, орбітальної частини нижньої лобної звивини і хвостатого ядра.

Значуще зниження $S_{повна}$ в α -діапазоні спостерігалось в F4 з 14,5 [10,5; 22,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 12,5 [10,5; 18,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,03$); P3: з 19,0 [13,0; 48,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 14,0 [10,0; 25,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,03$); P4 з 22,0 [12,5; 52,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 16,0 [12,0; 26,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$); Pz з 26,0 [19,0; 77,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 21,5 [15,0; 42,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$); Cz з 22,5 [16,0; 41,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 18,5 [14,0; 30,50] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$); C3 з 17,5 [11,5; 27,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 13,5 [10,0; 28,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$) та O1 з 23,5 [11,5; 54,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 15,0 [10,0; 24,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,002$). Підвищення активності в лівій префронтальній зоні (Fp1 з 21,5 [19,0; 24,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 24,0 [21,0; 28,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$)), як в θ - так і в α -діапазонах дають можливість говорити про залучення цієї ділянки до процесів top-down – контролю, оскільки коливання в θ - та α -діапазонах пов'язані реципрокно [11]. Синхронізація в α -діапазоні в задній асоціативній корі та в правій фронтальній зоні, яка пов'язана з арифметичними розрахунками [16] свідчила про включення цих ділянок для вирішення поставлених завдань.

В $\beta 1$ -діапазоні було виявлено значуще зниження $S_{повна}$ в T3 з 5,7 [3,2; 8,6] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 4,1 [3,0; 6,1] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); T5 з 5,2 [3,6; 6,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 4,3 [3,1; 5,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,004$) та C3 з 6,3 [4,9; 9,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 5,9 [4,6; 7,9] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,02$) (Рис.2). В правій потиличній ділянці $S_{повна}$ значуще підвищилась - O2: з 8,9 [6,9; 10,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 10,0 [8,0; 16,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$) (Рис.2), що може свідчити про активацію образного сприйняття арифметичних завдань.

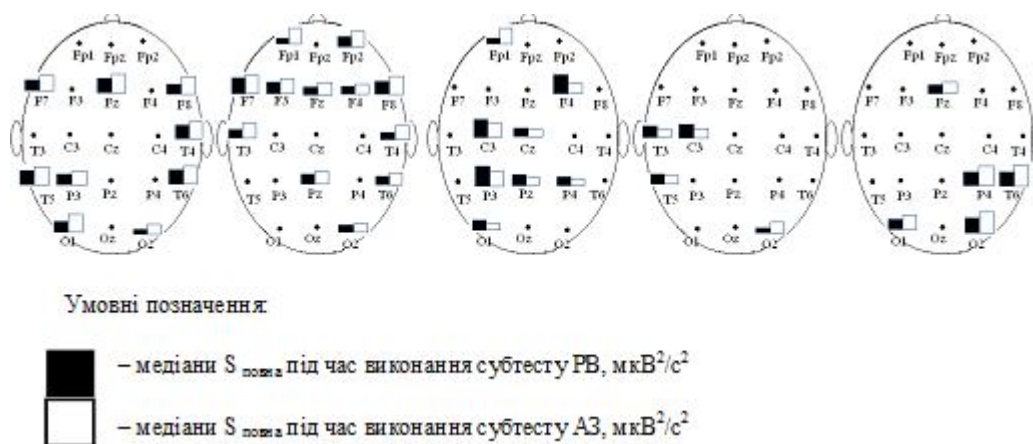


Рис. 2. Значущі відмінності в активності головного мозку чоловіків при виконанні завдання «Арифметичні задачі» (АЗ) в порівнянні із завданням «Реакція вибору» (PB) ($n=20$), $p < 0,05$

В $\beta 2$ -діапазоні було виявлено значуще підвищення $S_{повна}$ в P4 з 8,2 [6,0; 14,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 9,8 [8,4; 12,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$); T6 з 8,3 [4,2; 12,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 9,8 [5,5; 15,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,003$); Fz з 9,1 [6,7; 14,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 10,5 [7,4; 15,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,01$) та O1 з 9,8 [6,3; 13,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 10,5 [7,6; 15,0] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,002$); O2: з 13,5 [8,7; 18,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ до 19,0 [10,2; 25,5] $\text{мкВ}^2/\text{с}^2$ ($p=0,004$) (Рис.2). Таким чином, було виявлено, що безпосередня обробка математичних завдань здійснювалась в правій потиличній зоні, яка пов'язана зі створенням образних метафор [14] та інтермодальними асоціаціями. При цьому зазначимо активне залучення передньої поясної кори до контролю уваги.

Висновки

В результаті поведеного дослідження було виявлено, що при вирішенні арифметичних задач у жінок формувалась фронто - парієтальна система контролю вхідного інформаційного потоку при активації префронтальної кори, що здійснювала регуляцію когнітивних функцій, при цьому завдання жінки вирішували асоціативно з залученням лівої ангулярної звивини.

У чоловіків при вирішенні арифметичних задач було виявлено фактично два інформаційних потоки (вербальний та образний), координуючу роль між якими відігравала передня поясна кора, при цьому була сформована широка фронто – парієтальна нейромережа з залученням скроневих ділянок обох півкуль. Безпосередня обробка математичних завдань здійснювалась в правій потиличній зоні, яка пов'язана з створенням образних метафор та інтермодальними асоціаціями.

Література

1. Елисеєв О.П. Тест структури інтелекта (TSI) Амтхауэра: Практикум по психологии личности – Питер, 2001 – 560 с.
2. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. / Дружинин Владимир Николаевич. – М.: Наука, 1994. – 320 с.
3. R.W. Thatcher. EEG and intelligence: Relations between EEG coherence, EEG phase delay and power / R.W. Thatcher, D. North, C. Bivera. // *Clinical Neurophysiology* – 2005. - № 116. – P.2129-2141.
4. Liu T. The relationship between EEG band power, cognitive processing and intelligence in school-age children / Liu T., Shi J., Zhao D., Yang J.// *Psychology Science Quarterly*. - 2008. - Vol. 50, № 2. - P. 259-268.
5. Cahill L. His brain, Her brain / Cahill L. // *Scientific American* – 2005 – Vol. 292 – № 5 – P.41-47
6. 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.
7. 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.
8. Amir Raz. Anatomy of Attentional Networks / Amir Raz // *The anatomical record*. –2004. – P.21-36.
9. R. Leech. The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease. / R. Leech, D. J. Sharp // *Brain*. – 2014. – 134. – P.12-32.
10. Hampshire A. The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control / Hampshire A., Samuel R. Chamberlain, Martin M. Mont, [et al.]. // *Neuroimage*. – 2010. – 50. – P.1113-1119
11. 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
12. 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.
13. Kurth-Nelson Z. Temporal structure in associative retrieval. / Kurth-Nelson Z., Barnes G., Sejdinovic D., [et al.] // *Neuroscience*. – 2015. – 18p.
14. Рамачандран Вилейанур С. / Рождение разума. Загадки нашего сознания. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – С.80-83
15. Ling Lia. Role of frontal and parietal cortices in the control of bottom-up and top-down attention in humans / Ling Lia, Caterina Grattona, Dezhong Yaob, Robert T. Knighta // *Brain research*. – 2010. – P.173-184.
16. Zago L. How verbal and spatial manipulation networks contribute to calculation: an fMRI study. / Zago L, Petit L, Turbelin MR, [et al.] // *Neuropsychologia*. – 2008 - 46(9) – P.2403-2414.

References

1. Eliseev O.P. The test structure of intelligence (TSI) Amthauer: Workshop on the psychology of personality - Peter, 2001 - 560 p
2. Druzhinin V.N. Psychology of general abilities. / Vladimir Druzhinin. - M. : Nauka (Science), 1994. - 320 p.
3. R.W. Thatcher. EEG and intelligence: Relations between EEG coherence, EEG phase delay and power / R.W. Thatcher, D. North, C. Bivera. // *Clinical Neurophysiology* – 2005. - № 116. – P.2129-2141.

4. Liu T. The relationship between EEG band power, cognitive processing and intelligence in school-age children / Liu T., Shi J., Zhao D., Yang J.// Psychology Science Quarterly. - 2008. - Vol. 50, № 2. - P. 259-268.
5. Cahill L. His brain, Her brain / Cahill L. // Scientific American – 2005 – Vol. 292 – № 5 – P.41-47
6. 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.
7. 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.
8. Amir Raz. Anatomy of Attentional Networks / Amir Raz // The anatomical record. – 2004. – P.21-36.
9. R. Leech. The role of the posterior cingulate cortex in cognition and disease. / R. Leech, D. J. Sharp // Brain. – 2014. – 134. – P.12-32.
10. Hampshire A. The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control / Hampshire A., Samuel R. Chamberlain, Martin M. Mont, [et al.]. // Neuroimage. – 2010. – 50. – P.1113-1119
11. 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
12. 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.
13. Kurth-Nelson Z. Temporal structure in associative retrieval. / Kurth-Nelson Z., Barnes G., Sejdinovic D., [et al.] // Neuroscience. – 2015. – 18p.
14. Ramachandran Vileyanur C / Birth mind. Mysteries of our consciousness. - M.: ZAO "Olympus-Business", 2006. - P.80-83.
15. Ling Lia. Role of frontal and parietal cortices in the control of bottom-up and top-down attention in humans / Ling Lia, Caterina Grattona, Dezhong Yaob, Robert T. Knighta // Brain research. – 2010. – P.173-184.
16. Zago L. How verbal and spatial manipulation networks contribute to calculation: an fMRI study. / Zago L, Petit L, Turbelin MR, [et al.] // Neuropsychologia. – 2008 - 46(9) – P.2403-2414.

Summary. *Sahaydak H.D., Filimonova N.B., Zyma I.H. Electrical activity of the human brain during testing mathematical intelligence for subtest "arithmetic operations" of Amthauer test.*

Introduction. *Intelligence defines success in study and skills development and includes the verbal, math and other skills. It is important that the lack of mathematical literacy reduces the quality of life more than the usual lack of literacy. Survey questions mathematical intelligence and abilities of human to arithmetic appears fairly sharply. In addition, it is known that male and female brains function differently.*

Purpose. *The aim of our study was to investigate differences in the electrical activity of the brain in human of different sexes when passing subtest "Arithmetic Problems" of the Intelligent Structure Test by Amthauer.*

Methods. *As the surveyed 20 men and 20 women, right-handed persons, age 20±3 years, the students of 1-5 courses of the Kyiv National Taras Shevchenko University took part in research. Each of the surveyed passed computer implementation subtest "Arithmetic Problems" of the Intelligent Structure Test by Amthauer that is used to assess the mathematical component of intelligence. In all inspected registered an electroencephalogram (EEG) 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 full power of spectrum was calculated. Statistical analysis was performed using STATISTICA 8.0 (StatSoft, USA, 2008). Normal distribution was checked interchangeable Shapiro-Wilk test. Almost all the parameters was different from the normal ($p < 0,05$). The(Me) and lower (25%) and upper (75%) quartiles: Me [25%; 75%] was using for a description of the sampling distribution.*

Results. *The formation of the flow of incoming information and evaluation correctness response are in δ -band. In women formed the fronto-parietal system monitor entering information flow when activated prefrontal cortex that carried out the regulation of cognitive functions. Organization of neural network and control the error of answers are associated with activity in the θ -band. In the α -band synchronization took place nearly the entire scalp. α -activity is associated with a range of highly specialized perception, attention and memorization processes. We can say that women were involved all areas of the brain in processing mathematical problems. Significant reduction of the power in β 1-*

band in the left hemisphere indicating that women are not attracted verbal logical-semantic analysis to solve mathematical problems. Activity in the β_2 -band associated with per se and direct local information processing in neural networks. Temporal areas of the brain associated with the creation of associations and associative memory. It was found increased activity in the posterior associative cortex and right temporal plots. Suggests that, women solve arithmetic problems associated. Also left angular gyrus area was activity, when woman solving math problems.

In men have been identified are actually two information streams (verbal and shaped), while solving arithmetic problems. Anterior cingulate cortex performs coordinating role between this streams. Also was formed a broad front-parietal neural network involving the temporal regions of both hemispheres. The verbal flow formed in the left visual cortex (perception incentives), left angular gyrus (perception of numbers) and Brocka and Wernicke areas. The imagery flow formed in the right visual cortex and temporal areas of the right hemisphere that are associated with the creation and finding associations. Synchronization in the α -band associated with arithmetic calculations and showed the inclusion the posterior associative cortex and right frontal zone to these processes. The immediate processing of mathematical tasks carried out in the right occipital area, which is associated with the creation of imaginative metaphors and intermodal association.

Originality. It has been studied brain function of men and women, while the test solutions "Arithmetic problem" of the Intelligent Structure Test by Amthauer

Conclusion. Women decide arithmetic problems using associations involving the left angular gyrus. In man, the immediate processing of mathematical tasks carried out in the right occipital area, which is associated with the creation of imaginative metaphors and intermodal association.

Keywords: EEG, men, women, intelligence, test by Amthauer, arithmetic problems.

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

Одержано редакцією 28.09.2015
Прийнято до публікації 29.10.2015