

exercises, recording of HRV during fulfillment of the cognitive tasks. The time indicators of mRR, SDNN, RMSSD and pNN50 were characterized by high values of the females of the sympatic type in comparison to the females of parasimpatic type. The AMo and SI indicators were characterized by higher values among the females of parasimpatic type in comparison to the females of the simpatic type. Regardless of the level of vegetative regulation, the parameters mRR, pNN50, SDNN and RMSSD decreased after physical exercises and during the solving of arithmetic tests when compared to the background test, and the AMo and SI indicators – increased. The level of the sympatic regulation increases in the process of mental and physical activity regardless of the initial level of the vegetative regulation of the cardiac activity.

Key words: heart rate variability, the level of parasympatic vegetative regulation, the level of sympatic vegetative regulation.

Стаття надійшла до редколегії
30.04.2013 р.

УДК 612.821.35

Олена Котик,
Олена Дмитроца,
Алевтина Моренко

Коркові активаційні процеси в жінок із різними вихідними характеристиками α -ритму під час виконання звичних рухів

У дослідженні взяли участь 113 здорових жінок віком 19–21 рік із правим профілем слухової та мануальної асиметрії. За значенням медіани розподілу усередненої в усіх частках кори індивідуальної частоти α -активності (ІАЧ) усіх жінок було розділено на дві групи – із високим ($n = 54$, ІАЧ $>10,29$ Гц) та низьким ($n = 59$, ІАЧ $\leq 10,29$ Гц) рівнями ІАЧ. Під час виконання рухів правою рукою в усіх жінок установлюється посилення потужності α_1 -активності в лобовій зоні та блокування α_2 - та α_3 -коливань, передусім у темпоральних і паріетальних ділянках кори. Реалізація рухів лівою рукою характеризується посиленням активаційних змін, установлених під час роботи правою рукою. Характерним є порівняне збільшення потужності α_1 - та α_3 -коливань ЕЕГ, також значущості та генералізованості в корі депресії α -активності.

Ключові слова: індивідуальна α -частота, коркові активаційні процеси, жінки, звичні рухи.

Постановка наукової проблеми та її значення. Виконання рухових навичок виступає об'єктивним чинником повноцінного життя кожної людини та є найкращим індикатором його фізичного стану. Раціональність та успішність звичних мануальних рухів значною мірою визначається «особистісним фактором» [1; 4; 5]. У такому контексті особливий інтерес має вивчення індивідуальних особливостей спонтанної електроенцефалограми (ЕЕГ) людини, визначеної в стані спокою. Вважається, що саме характер спонтанної електричної активності кори тієї або іншої людини визначається генетично зумовленими особливостями структурно-функціональної організації мозку [7; 8; 13]. Серед різних ритмів фоновій ЕЕГ найбільшу інформативність для визначення стану основних психофізіологічних функцій тієї або іншої людини має індивідуальна варіативність амплітудно-частотних характеристик α -ритму ЕЕГ, зокрема частота максимального піку α -активності [1; 9; 11]. Різні частотні α -діпазони мають різні мозкові генератори [1, 4, 11]. За даними літератури [11], переважання у фоновій ЕЕГ людини низько- або високочастотного діапазону α -ритму зумовлює її психомоторні та когнітивні можливості.

Аналіз досліджень цієї проблеми. У цьому напрямку ми вже провели дослідження активності кори головного мозку під час виконання рухових навичок у чоловіків із різним рівнем індивідуальної α -частоти [5]. Згідно з одержаними результатами обстежувані з високою ІАЧ характеризуються більш локальними активаційними процесами в корі, посиленням низхідного контролю з боку фронтальних структур кори. Чоловіки з низькою ІАЧ відзначаються меншою селективністю уваги та більшою інтенсивністю й дифузністю явищ збудження в корі. Аналіз сучасних літературних джерел

указує на недостатню вивченість статевих особливостей коркових механізмів забезпечення мануальної моторики.

Мета і завдання дослідження. У зв'язку із цим та попередньо одержаними нами результатами, виявляється актуальною **мета** цього дослідження: встановлення динаміки коркових активаційних процесів (за даними потужності коливань ЕЕГ в α_1 -, α_2 - і α_3 -піддіапазонах) під час виконання звичних мануальних рухів у жінок із різним рівнем вихідної індивідуальної частоти α -ритму, визначеної в стані спокою. Вибір α -частотної смуги пов'язаний з її функціональним значенням під час сенсорного сприйняття й аналізу кінестезичної інформації [1; 2; 4]. Різні частотні діапазони α -ритму характеризуються відмінним функціональним значенням [6–8; 11; 13].

Такі літературні дані зумовлюють **завдання** нашого дослідження – з'ясування питання про те, як змінює функціонування мозку, м'язів виконання рухових навичок у відповідь на дію певних сигналів в обстежуваних із різною вихідною індивідуальною α -частотою (ІАЧ) ЕЕГ. Усе це є надзвичайно цікавим і з теоретичної точки зору, оскільки зачіпає фундаментальні питання нейрофізіологічного забезпечення цілеспрямованих рухів руки людини, і з точки зору практичного застосування. Справа в тому, що сучасна людина і в повсякденному житті, і у своїй трудовій діяльності найбільше здійснює саме таких рухів.

Організація та методи досліджень. У дослідженні на добровільній основі взяли участь 113 здорових жінок 19–21 років. Усі мали правобічний профіль слухової та мануальної асиметрії, котрий визначали за самооцінкою та спеціально розробленими мануальними тестами [3]. Під час проведення обстежень враховували фазу менструального циклу жінок.

Реєстрацію ЕЕГ («Нейроком», Україна, Харків, свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26.01.2009 р.) здійснювали монополярно за системою 10–20 з референтним об'єднаним вушним електродом. Функціональні проби складала 40 с. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували процедуру ІСА-аналізу. Для безартефактних відрізків ЕЕГ за допомогою швидкого перетворення Фур'є обчислювали спектр потужності коливань (мкВ^2) у α_1 -, α_2 - і α_3 -піддіапазонах, межі котрих визначали індивідуально за методикою Klimesh et al. [11], Angelakis et al. [9]. Для цього в кожній обстежуваній в спокої та при закритих очах виявляли максимальний спектральний пік α -ритму ЕЕГ або індивідуальну частоту α -активності («Individual alpha frequency», ІАЧ, Гц) [9]. Величина усередненої у всіх частках кори ІАЧ у різних обстежуваних варіювала від 9,03 Гц до 11,24 Гц. За значенням медіани ІАЧ ($m_e = 10,29 \pm 0,03$ Гц) усіх жінок було розділено на дві групи – з низьким ($n = 59$, ІАЧ $\leq 10,29$, $x_{\text{сер.}} = 9,90 \pm 0,04$ Гц) і високим ($n = 54$, ІАЧ $> 10,29$, $x_{\text{сер.}} = 10,54 \pm 0,03$ Гц) рівнями ІАЧ. Індивідуальні межі піддіапазонів α -ритму ЕЕГ визначали за алгоритмом [9, 11]: у правий бік від спектрального піку за формулою ІАЧ+2 Гц відкладали α_3 -піддіапазон, зліва від піку за формулою ІАЧ – 2 Гц визначали нижню межу α_2 -піддіапазону, за формулою ІАЧ–4 Гц – нижню межу α_1 -піддіапазону (таблиця 1).

Таблиця 1

Межі піддіапазонів α -ритму ЕЕГ (Гц) у жінок

Піддіапазон α -ритму ЕЕГ	У жінок із низьким рівнем ІАЧ	У жінок із високим рівнем ІАЧ
α_1	$5,89 \pm 0,04 - 7,89 \pm 0,04$	$6,53 \pm 0,03 - 8,53 \pm 0,03$
α_2	$7,90 \pm 0,04 - 9,90 \pm 0,04$	$8,54 \pm 0,03 - 10,54 \pm 0,03$
α_3	$9,91 \pm 0,04 - 11,04 \pm 0,04$	$10,55 \pm 0,03 - 12,55 \pm 0,03$

Одержані значення потужності коливань ЕЕГ у піддіапазонах α -ритму в межах виділених груп жінок усереднювали для кожного відведення і для кожної проби.

Під час експерименту обстежувані були у звуко- і світлонепроникній кімнаті із закритими очима, у положенні напівсидячи в кріслі з підголовником. Передпліччя були зафіксовані на підлікотниках. Для відстеження функціонального стану та реакцій обстежуваних на стимули використовували систему відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. ЕЕГ реєстрували в експериментальних ситуаціях у такій послідовності:

- у стані функціонального спокою (фон);
- під час рухів згинання / розгинання пальців кисті правої руки;
- під час рухів згинання / розгинання пальців кисті лівої руки.

Почергове згинання й розгинання пальців кисті жінки здійснювали без зусилля у відповідь на звукові стимули.

Як звукові стимули використовували звуки електронної версії барабанного бою (програмне забезпечення Finale 2006). Їх подавали бінаурально за допомогою чотирьох колонок, які знаходились у різних кутках кімнати на відстані 1,2 м від правого та лівого вух обстежуваної. Тривалість кожного стимулу складала 2 мс, гучність на виході колонок не перевищувала 55–60 дБ (регламентували за допомогою шумоміра DE-3301 № 0507011882, свідоцтво про державну реєстрацію № В 025-2009, дійсне до 21 грудня 2014 р.). Додатково гучність звуків відрегульовували індивідуально до досягнення комфортного рівня. Темп подання стимулів становив 2 Гц (120 уд/хв).

Для виключення крайових ефектів запис ЕЕГ під час усіх тестових проб починали через 15 с після початку діяльності та припиняли за 5 с до її завершення.

Аналізуючи результати, ми якісно оцінювали динамічні процеси, що мали місце в корі головного мозку відповідно до умов тестування. При цьому особливу увагу приділяли визначенню рівня значущості ($p \leq 0,05$ і $p \leq 0,001$), топографічної локалізації та поширеності в корі відмінностей. Статистичну обробку змін потужності α -піддіапазонів ЕЕГ визначали за усередненими даними, порівнюючи з фоном та іншими тестами за допомогою t -критерію Стьюдента (програмне забезпечення Microsoft Excel). Локалізацію та поширеність змін у корі визначали візуально за топокартами.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Під час виконання рухів правою та лівою руками в усіх жінок виявляється посилення потужності $\alpha 1$ -активності ЕЕГ у лобовій зоні ($p \leq 0,05$), що, очевидно, є свідченням збільшення рівня їх вибіркової уваги й зосередженості [5; 6; 8] за цих умов (рис. 1: 1–2, 1–3).

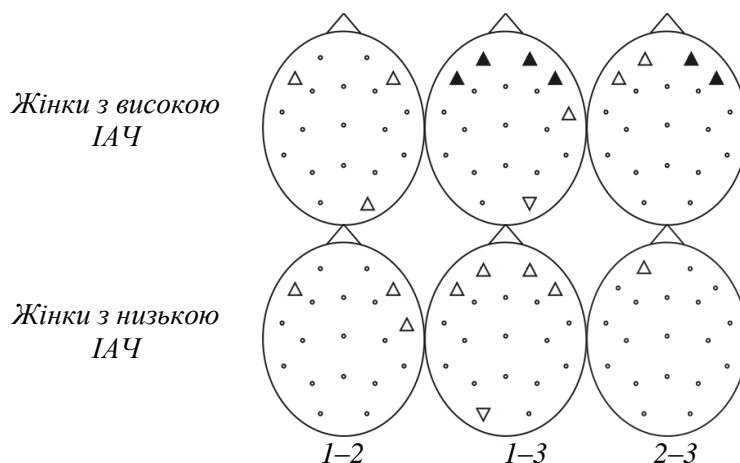


Рис. 1. Динаміка потужності $\alpha 1$ -піддіапазону ЕЕГ під час виконання рухів правою та лівою руками в жінок із різним рівнем вихідної індивідуальної α -частоти (ІАЧ)

Примітки до рис. 1–4:

1 – стан функціонального спокою; 2 – виконання рухів правою рукою; 3 – виконання рухів лівою рукою; до рис. 1–3:

▲▲▼▼ зростання (зниження) показників у другому тесті, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$.

Іншою складовою частиною коркових процесів є блокування $\alpha 2$ - та $\alpha 3$ -активності, переважно в темпоральних і парієтальних ділянках ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$) (рис. 2, 3: 1–2, 1–3).

Це зумовлюється сенсорно-просторовими відображеннями сенсорних впливів та власних автоматизованих рухів [4; 10; 12]. Процеси збудження мають більшу значущість у лівій, контрлатеральній до руху, півкулі. Відмічена динаміка у високочастотних жінок є локальнішою, ніж в обстежуваних із низькою ІАЧ. Це може свідчити про переважання неспецифічних активаційних регуляторних процесів у низькочастотних обстежуваних.

Реалізація мануальних рухів лівою рукою в усіх жінок характеризується посиленням закономірностей, установлених під час роботи правою рукою (рис. 1, 2, 3: 2–3). Порівняне збільшення потужності $\alpha 1$ -хвиль у лобовій зоні ($p \leq 0,05$) та $\alpha 3$ -коливань – у лівих центральній та тім'яній частках кори ($p \leq 0,05$) вказує і на посилення коркового контролю, і на збільшення просторової уваги до виконуваної діяльності [2; 6; 8; 10]. У жінок, передусім із низькою ІАЧ, реєструється зростання значущості й дифузності явищ депресії α -активності в задніх коркових зонах ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$), що

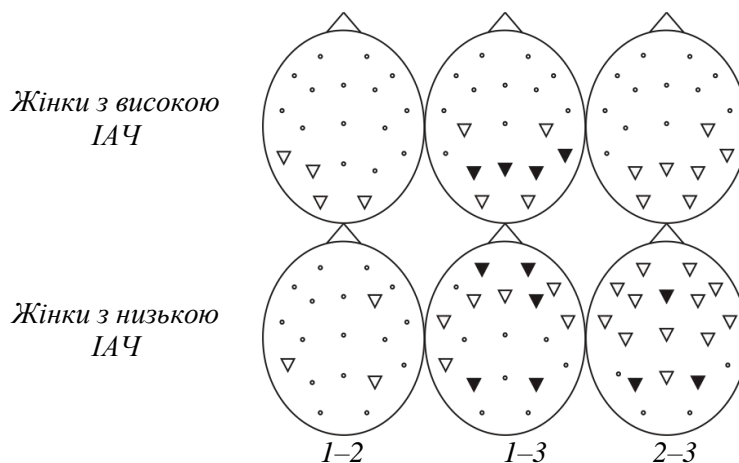


Рис. 2. Динаміка потужності $\alpha 2$ -піддіапазону ЕЕГ під час виконання рухів правою та лівою руками в жінок із різним рівнем вихідної індивідуальної α -частоти

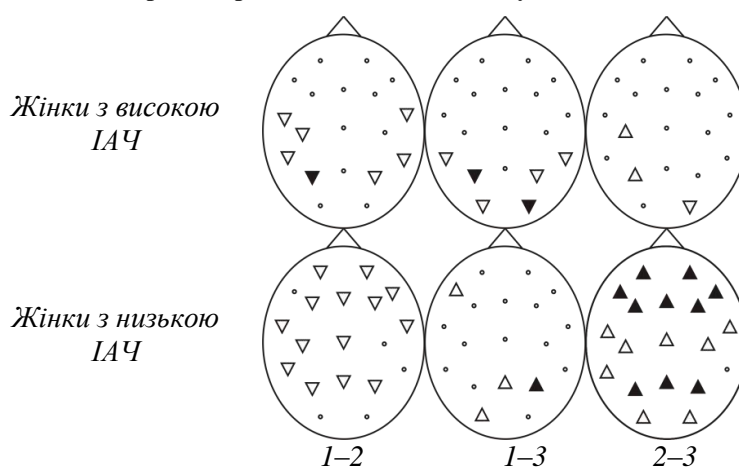


Рис. 3. Динаміка потужності $\alpha 3$ -піддіапазону ЕЕГ під час виконання рухів правою та лівою руками в жінок із різним рівнем вихідної індивідуальної α -частоти

пов'язується з посиленням висхідних аферентних потоків імпульсів. У низькочастотних жінок за цих умов простежується поширення депресії $\alpha 2$ -активності в передніх (лобно-скроневих) структурах кори, а також збільшення потужності $\alpha 3$ -частотної смуги в лівій лобовій та тім'яно-потиличній зоні ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$). Такі особливості вказують на посилення когнітивних стратегій обробки сенсорної і моторної інформації, що має компенсаторний характер при нижчому рівні довільної селекції інформації за цих умов [3; 6; 7]. На нашу думку, вони забезпечують ідентифікацію аферентних інформаційних потоків та їх співставлення з низхідними імпульсами з боку фронтальної кори про стару програму (модель) діяльності, пов'язану зі звичними рухами правою (ведучою) рукою. Подібна специфіка коркових динамічних процесів свідчить про більшу суб'єктивну складність поставленого завдання для жінок цієї групи та залучення додаткових механізмів обробки інформації для його реалізації. Ми припускаємо, що це пов'язано з нижчою пластичністю нервових процесів у жінок цієї групи, їх меншою здатністю до зміни старих установок на нові.

Міжгрупові відмінності потужності коливань ЕЕГ в $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ - та $\alpha 3$ -піддіапазонах під час виконання рухів. Жінки з високою ІАЧ протягом усього тестування відзначаються нижчою потужністю $\alpha 1$ - і $\alpha 2$ -піддіапазонів ЕЕГ загалом у корі ($p \leq 0,001$), ніж низькочастотні особи (рис. 4: 1–3).

Натомість, потужність $\alpha 3$ -активності в жінок із високим рівнем ІАЧ є, відповідно, вищою в лівій тім'яній частці ($p \leq 0,05$) у стані спокою, у лобовій і тім'яній областях кори ($p \leq 0,05$) – під час моторної діяльності правою рукою (рис. 4: 1–3). Виконання рухів лівою рукою супроводжується порівняним зростанням показників у $\alpha 3$ -піддіапазоні в жінок із низькою ІАЧ у правих лобовій, скроневій, центральній зонах ($p \leq 0,05$), а також тім'яно-потиличних структурах кори обох півкуль ($p \leq 0,001$), порівняно з жінками з високим рівнем ІАЧ (рис. 4: 3). Означені відмінності рівня потужності α -піддіапазонів ЕЕГ

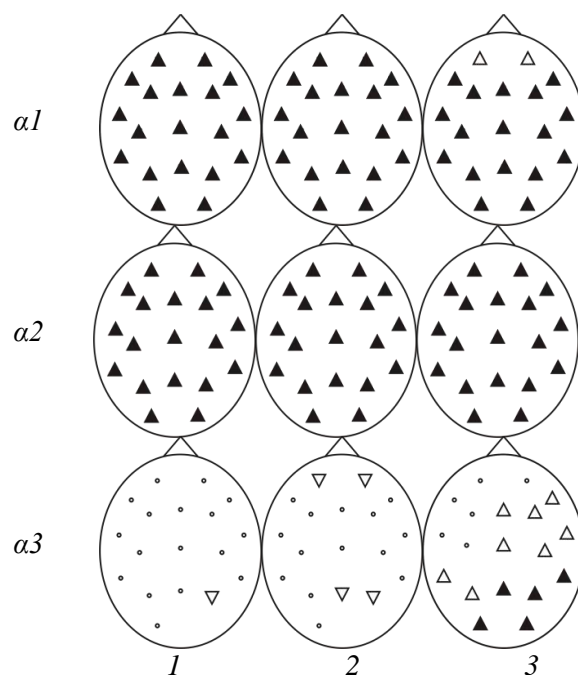


Рис. 4. Міжгрупові відмінності потужності коливань ЕЕГ в $\alpha 1$ -, $\alpha 2$ - і $\alpha 3$ -піддіапазонах під час виконання рухів у жінок

Примітки:

$\Delta \blacktriangle \nabla \bullet$ вищі (нижчі) показники в жінок із низькою ІАЧ, порівняно з особами з високою ІАЧ, відповідно, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$.

між групами жінок можуть указувати на статус відносно вищого тону нейронів кори та їх готовності до активності і осіб із високою ІАЧ [1; 11; 12]. Обстежувані з низькою ІАЧ відзначаються меншою фоною функціональною активністю мозку. Разом із тим, вища потужність $\alpha 3$ -активності ЕЕГ під час рухів лівої руки в жінок цієї групи може свідчити про досягнення високої інтенсивності процесів неспецифічної активації [2; 6; 11].

Висновки і перспективи подальших досліджень. Під час виконання рухів правою рукою в усіх жінок встановлюється посилення потужності $\alpha 1$ -активності в лобовій зоні та блокування $\alpha 2$ - та $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ, передусім у темпоральних і парієтальних ділянках кори.

Реалізація рухів лівою рукою в усіх жінок характеризується посиленням активаційних змін, установлених під час роботи правою рукою. Характерним є порівняне збільшення потужності $\alpha 1$ - та $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ, також значущості та генералізованості в корі депресії α -активності.

Активаційні процеси в жінок із високим рівнем ІАЧ під час тестування є більш економічними та локальними. Жінки з низьким рівнем ІАЧ за цих умов відзначаються вищою значущістю й дифузністю активаційних змін.

Джерела та література

1. Базанова О. Индивидуальные показатели альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность / О. Базанова, Л. Афтанас // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2007. – Т. 93, № 1. – С. 14–26.
2. Болдырева Г. Н. фМРТ-ЭЭГ-исследование реакций мозга здорового человека на функциональные нагрузки / Г. Н. Болдырева, Л. А. Жаворонкова, Е. В. Шарова [и др.] // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, №3. – С. 20–30.
3. Жаворонкова Л. А. Правши-левши. Междуполукулевая асимметрия биопотенциалов мозга человека / Л. А. Жаворонкова. – М. : Наука, 2006.
4. Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга / А. Р. Лурия. – [3-е вид.]. – М. : Академ. проект, 2000.
5. Моренко А. Г. Потужність піддіапазонів α -ритму ЕЕГ під час фоностимуляції та слухомоторної діяльності у чоловіків з різним рівнем індивідуальної α -частоти / А. Г. Моренко // Наук. вісн. ВНУ ім. Лесі Українки. Сер. : Біол. науки. – 2012. – № 2. – С. 83–89.

6. Русалов В. Электрофизиологическое исследование мотивации выбора у человека / В. Русалов, М. Русалова, Е. Стрельникова // Успехи физиол. – 2002. – Т. 33, № 2. – С. 68–82.
7. Частотна структура електроенцефалограми людини під час запам'ятовування вербальної інформації / [С. Крижановський, С. Тукаєв, Н. Піскорська та ін.] // Фізика живого. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 36–41.
8. Deco G. Neuro-cognitive visual system for object recognition based on testing of interactive attentional top-down hypotheses / G. Deco, B. A. Schürmann // Perception. – 2000. – V. 29. – P. 1249–1264.
9. Angelakis E. Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness / E. Angelakis, J. Lubar, S. Stathopoulou [et al.] // Clinical Neurophysiology. – 2004. – V. 115. – P. 887–897.
10. Jakobs O. Effects of timing and movement uncertainty implicate the temporo-parietal junction in the prediction of forthcoming motor actions / O. Jakobs, L. E. Wang, M. Dafotakis [et al.] // NeuroImage. – 2009. – V. 47, № 2. – P. 667–677.
11. Klimesch W. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis / W. Klimesch, P. Sauseng, S. Hanslmayr // Brain Research Reviews. – 2007. – V. 53. – P. 63–88.
12. Revest P. A. Transendothelial electrical potential across pial vessels in anaesthetised rats: a study of ion permeability and transport at the blood-brain barrier / P. A. Revest, H. C. Jones, N. J. Abbott // Brain Research. – 1994. – V. 652, № 1. – P. 76–84.
13. Zietsch B. P. Common and specific genetic influences on EEG power bands delta, theta, alpha, and beta / B. P. Zietsch, J. L. Hansen, N. K. Hansell [et al.] // Biological Psychology. – 2007. – V. 75, № 2. – P. 154–64.

Котык Елена, Дмытроца Елена, Моренко Алевтина. Кортиковые активационные процессы у женщин с различными выходными характеристиками α -ритма при выполнении привычных движений. Среди различных ритмов фоновой ЭЭГ наибольшую информативность для определения состояния основных психофизиологических функций того или иного человека имеет индивидуальная вариативность амплитудно-частотных характеристик α -ритма ЭЭГ, в частности частота максимального пика α -активности. В исследовании приняли участие 113 здоровых женщин в возрасте 19–21 года с правым профилем слуховой и мануальной асимметрии. По значению медианы распределения усредненной во всех долях коры индивидуальной частоты α -активности (ИАЧ) все женщины были разделены на две группы – с высоким ($n = 54$, ИАЧ $> 10,29$ Гц) и низким ($n = 59$, ИАЧ $\leq 10,29$ Гц) уровнями ИАЧ. При выполнении движений правой рукой у всех женщин устанавливается усиление мощности α_1 -активности в лобной зоне и блокировка α_2 - и α_3 -колебаний, прежде всего в темпоральных и париетальных областях коры. Реализация движений левой рукой характеризуется усилением активационных изменений, установленных во время работы правой рукой. Характерно сравнительное увеличение мощности α_1 - и α_3 -колебаний ЭЭГ, также значимости и генерализированности в коре депрессии α -активности. Активационные процессы у женщин с высоким уровнем ИАЧ во время тестирования являются более экономичными и локальными. Женщины с низким уровнем ИАЧ при этих условиях отличаются большей диффузностью активационных изменений.

Ключевые слова: индивидуальная α -частота, корковые активационные процессы, женщины, привычные движения.

Kotyk Olena, Dmytrotsa Olena, Morenko Alevtyna. Cortical Activation Processes in Women with Different Output Characteristics of α -rhythm in the Performance Habitual movements. Among the various background EEG rhythms most informative to determine the state of the main physiological functions of a person is an individual variation of amplitude–frequency characteristics of α -rhythm EEG, including the frequency of the maximum peak of α -activity. The study involved 113 healthy women aged 19–21 years with the right profile of auditory and manual asymmetry. By the median of distribution averaged in all particles of the cortex of individual α -frequency activity (IAF) of all women were divided into two groups – with high ($n = 54$, IAF $> 10,29$ Hz) and low ($n = 59$, IAF $\leq 10,29$ Hz) levels IAF. Registration monopolar EEG was performed by a system 10–20. Functional tests accounted for 40 s. When performing movements with his right hand for all women increased installed capacity α_1 -activity in the frontal zone and blocking α_2 - and α_3 -oscillations, especially in the temporal and parietal areas of the cortex. Implementation of motions with your left hand is characterized by increased activation changes established during right hand. It is significant power increase compared to α_1 - and α_3 -EEG oscillations are of importance and spread depression in the cortex α -activity. Activation processes in women with high IAF during testing is more economical and local. Women with low IAF under these conditions observed greater activation diffusivity changes.

Key words: individual α -frequency, cortical activation processes, women, habitual movements.

Стаття надійшла до редколегії
17.09.2013 р.