

Фізіологія людини і тварин

УДК 612.822.3+612.821-005

СТАТЕВІ ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПОТУЖНОСТІ α -РИТМУ ЕЕГ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ЛЮДИНОЮ СЛУХО-МОТОРНИХ КООРДИНАЦІЙ З КОРОТКИМИ ЧАСОВИМИ ІНТЕРВАЛАМИ**А. Моренко**

*Волинський національний університет імені Лесі Українки
Проспект Волі, 13, Луцьк 43021, Україна
e-mail: alevmore@gmail.com*

У 30 здорових і праворуких чоловіків і жінок 17–21 років вивчали спектральну щільність потужності α -ритму ЕЕГ в умовах реалізації слухо-моторних координацій з інтервалами часу у 250, 500 і 1000 мс. Слухо-моторна оцінка інтервалів у 250 мс в обох статевих групах супроводжується значимим збільшенням спектральної щільності потужності α -ритму в корі. Виконання слухо-моторних координацій з інтервалами 500 мс характеризується зниженням показників у центральних, задніх скроневих, тім'яних і потиличних частках у чоловіків та по всьому «скальпу» у жінок. Слухо-моторна оцінка інтервалів 1000 мс забезпечується подальшим зменшенням показників у лівій лобно-скроневій зоні у чоловіків та по всьому «скальпу» у жінок. Жінки вирізняються нижчими значеннями і більшою генералізованістю змін спектральної щільності потужності α -ритму при переході до слухо-моторної діяльності, ніж чоловіки.

Ключові слова: слухо-моторні координації, α -ритм, часові інтервали.

Важливою проблемою сучасної психофізіології є вивчення регуляторних механізмів інтеграції сенсорного сприйняття і моторики, що забезпечують цілеспрямовану орієнтацію органів чуттів людини для подальших дій [1–10]. Особливий інтерес становлять питання щодо центрального забезпечення відчуття людиною часу, зокрема, в діапазоні коротких часових тривалостей (до 1000 мс) [8–10]. Отже, саме в цьому діапазоні значною мірою здійснюється поточна діяльність людини [9]. У психофізіологічній літературі всередині цього порівняно невеликого часового інтервалу передбачається існування щонайменше двох механізмів кодування тривалості. Перший механізм, для часових інтервалів до 400–500 мс, працює без участі уваги при оцінці топологічних характеристик стимулів (їх порядку у часі, одночасності-різночасності). Другий механізм, для інтервалів від 400–500 мс, пов'язаний з увагою, пам'яттю та іншими когнітивними факторами [8–10]. Поряд із тим, сучасна наукова література містить недостатні відомості про те, як саме показники пам'яті й уваги впливають на сприйняття часу в межах білясекундних інтервалів [9]. У зв'язку з цим виявляється актуальним простеження особливостей динаміки коркового електрогенезу при оцінці часових інтервалів до 500 мс, у 500 мс, від 500 мс.

При вивченні особливостей сприйняття часу людиною велику увагу приділяють слуховій і м'язово-суглобовій перцепції. Механізми, що забезпечують взаємодію між слуховим сприйняттям і запуском необхідної моторної програми при оцінці часових інтервалів, до цих пір залишаються маловивченими [8–10].

Таким чином, завданням нашого дослідження є оцінка динаміки спектральної щільності потужності (СЩП) α -ритму ЕЕГ при здійсненні людиною слухо-моторних

координацій із часовими інтервалами 250, 500 і 1000 мс. Особливий інтерес становить з'ясування статевих відмінностей електричної активності кори головного мозку в умовах слухо-моторної діяльності.

У наших дослідженнях взяли участь 30 здорових і праворуких чоловіків (15 осіб) і жінок (15 осіб) 17–21-річного віку. Профіль мануальної асиметрії визначали за самооцінкою та мануальними тестами. Усі піддослідні в експерименті брали участь на добровільній основі.

Реєстрацію електроенцефалограми (ЕЕГ) здійснювали за допомогою апаратно-програмного комплексу „Нейрон-Ком” („ХАІ-Медика”, 2007). Активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках лівої та правої півкулі головного мозку. Реєстрація здійснювалася монополярно з референтним об'єднаним вухним електродом. У функціональних пробах аналізувалися 60-секундні відрізки часу. Епоха аналізу становила 2 с з 50% перекриттям. Під час експерименту досліджувані перебували у звуко- і світлонепроникній кімнаті. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували процедуру ІСА-аналізу. ЕЕГ-дані опрацьовували за допомогою комп'ютерної програми оцінки СЦП α -ритму ЕЕГ. Значення СЦП розраховували для усіх відведень в усіх тестових ситуаціях для частотного діапазону α -ритму (8–13 Гц), оцінювались їхні зміни порівняно в референтним станом. Під час експерименту досліджувані були із заплющеними очима.

Електроенцефалограму реєстрували у стані функціонального спокою (фон) та в умовах здійснення слухо-моторних координацій (сприйняття звукових стимулів та їхнього мануального відтворення) з часовими інтервалами 250, 500 і 1000 мс. Звукові стимули (електронна версія барабанного бою), створені за допомогою комп'ютерної програми Finale 2006, мали тривалість 10 мс, гучність 55–60 дБ і частоту 110 Гц. У відповідь на стимули піддослідні здійснювали реципрокні координації – по чергово стискали і розтискали пальці кисті правої руки.

Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою непараметричних методів з оцінкою критеріїв достовірності за Вілкоксоном для парних вибірок та Манна-Вітні (програмне забезпечення AtteStat). Значимими вважали результати при $p \leq 0,05$.

Результати наших досліджень указують на характерну динаміку СЦП α -ритму ЕЕГ, що відображає залежність перебудов внутрікіркових процесів від тривалості часових відрізків між слухо-моторними координаціями у чоловіків та жінок. Установлено лобно-потиличний градієнт зростання СЦП α -ритму ЕЕГ у всіх тестових ситуаціях.

У стані функціонального спокою в групі чоловіків не встановлюються значимі міжпівкулеві відмінності. Поряд із тим виявляється деяке переважання показників у лівій півкулі у задній лобній, скроневої і центральній зонах кори головного мозку, у правій – у тім'яно-потиличній ділянці. У групі жінок фіксуються більші значення СЦП α -ритму ЕЕГ в лівій півкулі у бічній лобній частці, у правій півкулі – у потиличній ділянці, $p \leq 0,05$.

Здійснення слухо-моторних координацій з часовими інтервалами 500 мс у групі чоловіків характеризується значимим зниженням СЦП α -ритму у центральних ($0,025 \leq p \leq 0,05$), задніх скроневої, тім'яних і потиличних частках кори головного мозку ($p \leq 0,0249$), у групі жінок – по всьому «скальпу» ($0,025 \leq p \leq 0,05$), порівняно зі станом функціонального спокою (рис. 1, 2). Подібні закономірності, на думку Данько [3], Коцана, Швайко, Козачук та ін. [6], указують на зростання ролі активаційних процесів у зазначених коркових зонах при спеціалізованій діяльності. В обох статевих групах уста-

новлюється переважання значень у тім'яно-потиличній зоні у правій півкулі. У решта ділянках кори головного мозку міжпівкулевих асиметрій не виявляється.

Порівняно зі слухо-моторним оцінюванням часових інтервалів 500 мс *при здійсненні слухо-моторних координацій з часовими інтервалами 250 мс у групі чоловіків* виявляються вищі значення СЩП α -ритму ЕЕГ по всьому «скальпу», що значимим є у правій півкулі у задній лобній і тім'яній частках. Поряд із тим, порівняно зі станом функціонального спокою, відзначається зростання показників у лобних частках обох півкуль, що є значимим у правій задній лобній частці ($p \leq 0,05$). Натомість у задніх скроневих, центральних, тім'яних і потиличних ділянках виявляється зниження показників, що є значимим у лівій задній скроневій частці ($p \leq 0,05$). Аналіз міжпівкулевих асиметрій указує на деяке переважання показників у лівій півкулі – у задній лобній і передній скроневій частках, у правій півкулі – у задній скроневій, центральній, тім'яній і потиличній зонах кори головного мозку. Подібна тенденція стає значимою у тім'яній ділянці ($p \leq 0,05$).

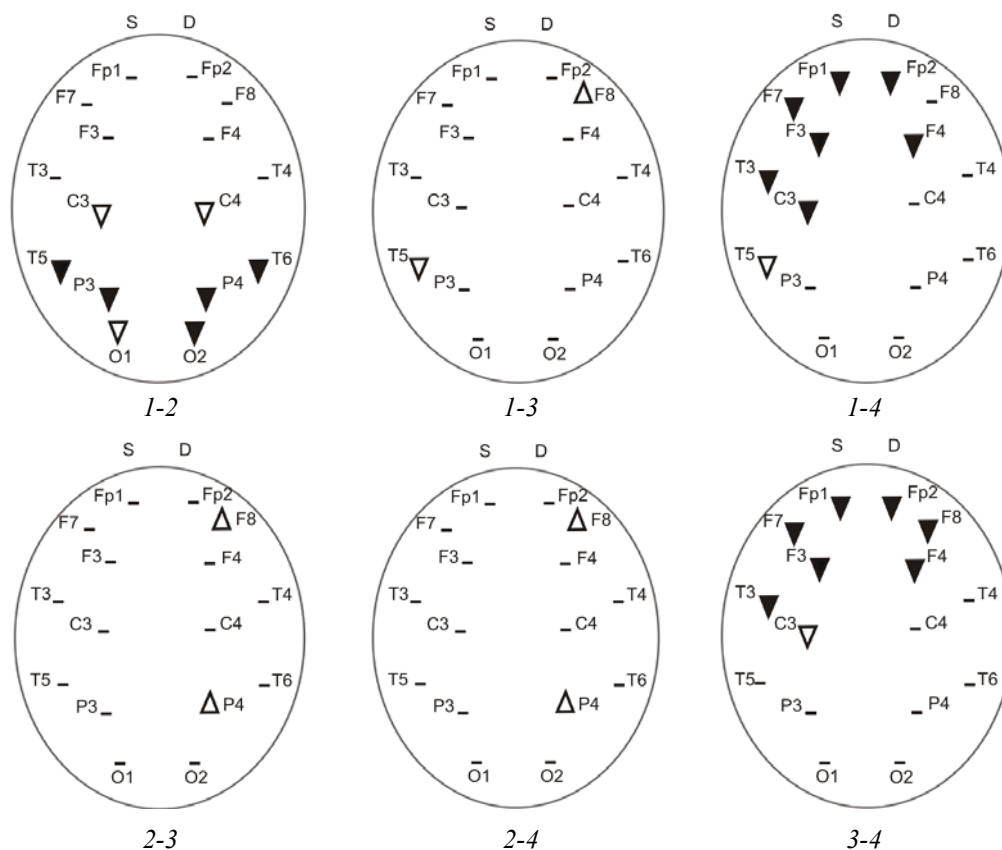


Рис. 1. Динаміка спектральної щільності потужності α -ритму ЕЕГ у чоловіків в умовах здійснення слухо-моторних координацій з короткими часовими інтервалами. Примітки до рис. 1, 2, 3: Стан функціонального спокою (1); здійснення слухо-моторних координацій з часовими інтервалами 500 мс (2), 250 мс (3), 1000 мс (4). Δ зростання показників у другому тесті, ∇ зростання (зниження) показників у другому тесті, $0,025 \leq p \leq 0,05$; \blacktriangledown зростання (зниження) показників у другому тесті, $p \leq 0,0249$.

У групі жінок здійснення слухо-моторних координацій з часовими інтервалами 250 мс супроводжується загальним зростанням СЩП α -ритму ЕЕГ по всьому «скальпу», порівняно зі станом функціонального спокою (рис. 2). Дана закономірність виявляється значимою у симетричних передніх і правій бічній лобних частках ($p \leq 0,05$). Установлено переважання досліджуваних показників у лівій півкулі, зокрема у задній і бічній лобних ділянках ($p \leq 0,05$). Лише у потиличній зоні фіксуються більші значення у правій півкулі ($p \leq 0,05$). При зменшенні тривалості інтервалів, що сприймалися і відтворювалися досліджуваними, від 500 мс до 250 мс відзначено зростання СЩП α -ритму ЕЕГ по всьому «скальпу», особливо у лобних, скроневих і центральних частках ($p \leq 0,05$). Дана закономірність особливо виражена у лівій півкулі ($p \leq 0,0249$) (рис. 2).

Автори Гаркавенко, Горковенко, Маньковська та ін. [2] посилення значень СЩП α -ритму у корі головного мозку пов'язують зі зниженням збудливості її нейронів і розвитком гальмівних процесів. На думку Костандова, Черемушкіна, Козлова [5], таке гальмування є наслідком зниження кіркового контролю і дає змогу сфокусувати кіркові процеси на вирішення поточної значимої задачі та запобігти впливові нерелевантних факторів. У зв'язку з цим збільшення значень СЩП у корі головного мозку під час сприйняття і відтворення часових інтервалів 250 мс може бути наслідком зниження довільного кіркового

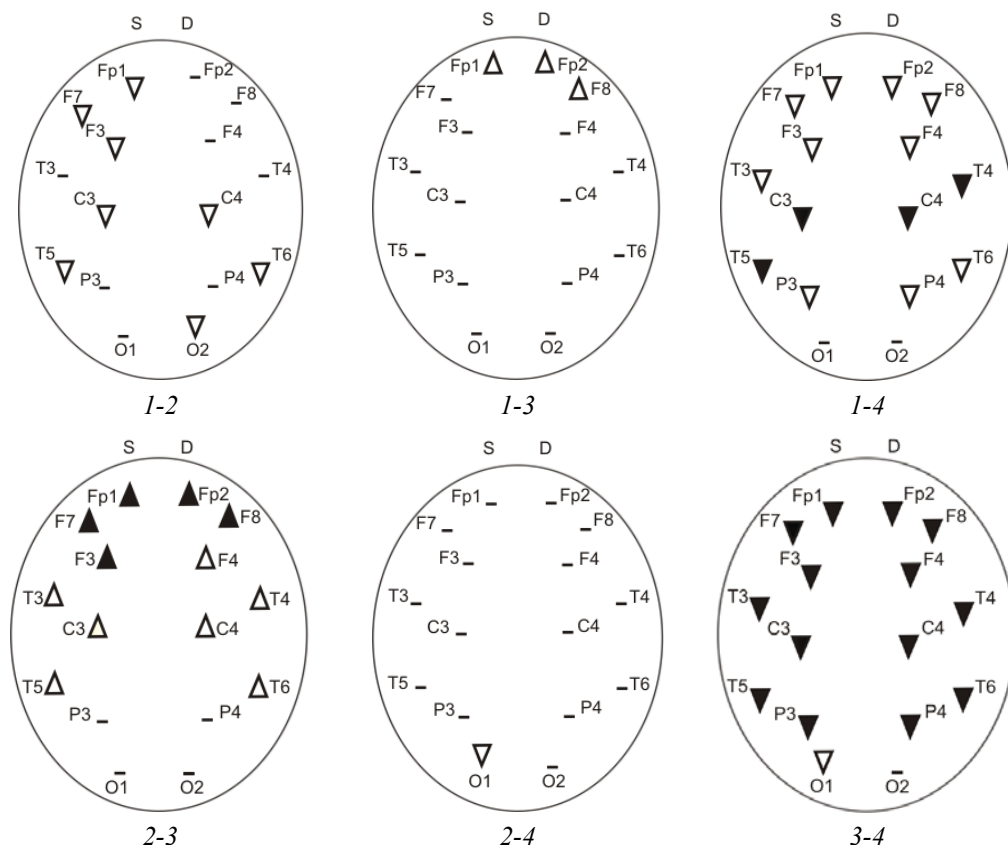


Рис. 2. Динаміка спектральної щільності потужності α -ритму ЕЕГ у жінок і чоловіків в умовах здійснення слухо-моторних координацій з короткими часовими інтервалами.

контролю й уваги при оцінці топологічних характеристик стимулів – їх одночасності-різночасності [8–10]. Наші дані узгоджуються з дослідженнями Костандова, Генкіна, Захарової [4], які передбачають спільну нейрофізіологічну основу для короткочасної (оперативної) пам'яті й оцінки коротких інтервалів часу. На думку авторів, чим коротшими є часові інтервали, що оцінюються, тим більшою є щільність упаковки α -хвиль.

При здійсненні слухо-моторних координацій з часовими інтервалами 1000 мс у групі чоловіків установлюється загальне зниження СЩП α -ритму ЕЕГ по всьому «скальпу», порівняно зі станом функціонального спокою й оцінкою часових інтервалів 250 мс. Дана закономірність є значимою у лівій півкулі у лобній, скроневій і центральній зонах, у правій півкулі – у лобній ділянці кори головного мозку ($p \leq 0,0249$). Порівняно з оцінкою часового інтервалу 500 мс фіксується значиме зниження показників у лобній зоні з акцентом у лівій півкулі та у лівій передній скроневій частці. Натомість відзначається тенденція до переважання значень у тім'яно-потиличних частках обох півкуль. У групі жінок виконання даного рухового завдання характеризується значимим зниженням СЩП α -ритму ЕЕГ по всьому «скальпу», особливо у центральних і скроневих частках обох півкуль ($p \leq 0,0249$) (рис. 2). Слухо-моторна оцінка часових інтервалів 1000 мс відзначається значимим зниженням показників у тім'яній зоні, особливо у лівій півкулі ($p \leq 0,05$), порівняно з оцінкою часових інтервалів у 500 мс. У решті ділянок кори головного мозку виявляється деяке переважання значень під час здійснення слухо-моторних координацій з часовим інтервалом 1000 мс.

Зниження показників СЩП α -ритму ЕЕГ в обох статевих групах указує на розвиток процесів десинхронізації та є корелятом посилення активаційних процесів у кіркових ділянках в умовах зростання участі когнітивного фактора (уваги) при забезпеченні слухо-моторної оцінки часових інтервалів 1000 мс [3, 5, 6].

Аналіз міжпівкулевих асиметрій, виявлених за результатами наших досліджень в обох статевих групах, вказує на переважання активаційних процесів (нижчі показники СЩП α -ритму ЕЕГ) у лівій півкулі: при оцінці часових інтервалів 250 мс і 500 мс – у тім'яно-потиличній зоні, 1000 мс – у лобно-скроневій зоні в групі чоловіків, у тім'яно-потиличній ділянці в групі жінок. На думку Костандова, Генкіна, Захарової [4], механізм оцінки часу у лівій півкулі пов'язаний зі звуковою мовною діяльністю, що потребує тонкого аналізу часових характеристик.

Аналіз статевої відмінностей СЩП α -ритму ЕЕГ вказує на менші показники у жінок, порівняно з чоловіками у всіх тестових ситуаціях (рис. 3).

У стані функціонального спокою відзначена закономірність виявилася значимою в задніх скроневих, центральних, тім'яних і потиличних частках обох півкуль кори головного мозку ($p \leq 0,05$). Здійснення слухо-моторних координацій з часовими інтервалами 250 мс супроводжується значимо нижчими показниками у правих задній лобній, передній скроневій частках, а також у лівих центральній і тім'яній ділянках ($p \leq 0,05$). Слухо-моторна оцінка часових інтервалів 500 мс характеризується меншою СЩП α -ритму ЕЕГ у задніх лобних, скроневих, центральних, тім'яних частках, особливо у лівій півкулі ($p \leq 0,05$). За умови сприйняття й відтворення часових інтервалів 1000 мс відзначаються нижчі значення досліджуваних показників у лівій півкулі у задній скроневій і тім'яно-потиличній зонах, у правій півкулі – у скроневій, центральній і тім'яній ділянках кори головного мозку ($p \leq 0,05$) (рис. 3). На думку Данько [3], Коцана, Швайко, Козачук [6], установлені співвідношення свідчать про вищий рівень неспецифічних активаційних процесів у жінок.

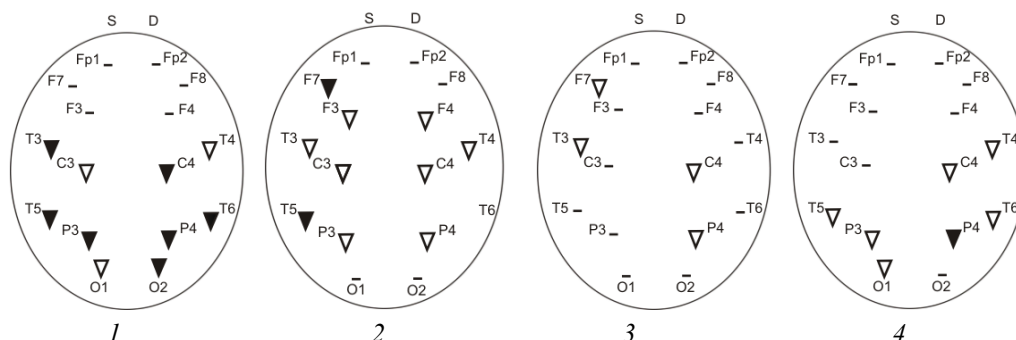


Рис. 3. Статеві особливості динаміки спектральної щільності потужності α -ритму EEG при сприйнятті й відтворенні коротких інтервалів часу. Примітки до рис. 3: ∇ зменшення значень СЩП α -ритму EEG у жінок, порівняно з чоловіками, $0,025 \leq p \leq 0,05$; \blacktriangledown зменшення значень СЩП α -ритму EEG у жінок, порівняно з чоловіками, $p \leq 0,249$.

Реалізація слухо-моторної діяльності в обох статевих групах досліджуваних у цілому супроводжувалася подібною динамікою електрогенезу в корі головного мозку. Відзначено зниження СЩП α -ритму EEG при слухо-моторній оцінці часових інтервалів 500 мс і, особливо, 1000 мс. Оцінка часових інтервалів 250 мс характеризується зростанням показників у корі головного мозку. Поряд з тим, у групі чоловіків установлюється більша локальність і асиметричність динамічних змін у просторовому розподілі СЩП α -ритму EEG з акцентом у лівій півкулі. Натомість у групі жінок відзначається зростання генералізованості й симетричності установлених активаційних процесів (рис. 2). На думку Болдиревої, Шарової, Добронравової [1], глобальний вплив на формування просторово-часової структури EEG створюють лімбіко-гіпоталамічні відділи мозку. Отже, установлене в наших дослідженнях переважання генералізованості активаційних процесів у жінок вказує на вищу активність лімбіко-гіпоталамічної системи, що, у свою чергу, відображає загальні біологічні особливості жіночого організму.

Автори Коцан, Швайко, Козачук [6], Разумнікова, Вольф [7] існування статевих відмінностей у півкулевій асиметрії при виконанні спеціалізованої діяльності пов'язують із різними стратегіями селекції інформації у чоловіків і жінок. Наші дані про статево-відмінності електрогенезу кори головного мозку під час слухо-моторної діяльності відповідають даним Коцана, Швайко, Козачук [6], Разумнікової і Вольфа [7] щодо домінування лівопівкулевих сукцесивних способів обробки інформації у чоловіків і кооперативної взаємодії півкуль у жінок в ході вербальної діяльності.

Таким чином, здійснення слухо-моторних координацій із різними часовими інтервалами забезпечується скоординованою діяльністю різних систем мозку, як безпосередньо контролюючих реалізацію моторного акту, так і пов'язаних із процесами сприйняття, уваги, пам'яті. Результати наших досліджень вказують на використання чоловіками і жінками різних стратегій селекції інформації в ході слухо-моторної діяльності.

Установлено лобно-потиличний градієнт зростання СЩП α -ритму EEG у всіх тестових ситуаціях. Здійснення слухо-моторних координацій із часовими інтервалами 500 мс характеризується значимим зниженням СЩП α -ритму EEG у центральних, задніх скроневих, тім'яних і потиличних частках кори головного мозку в групі чоловіків та по всьому «скальпу» в групі жінок, порівняно зі станом функціонального спокою. Слухо-моторна оцінка часових інтервалів 250 мс в обох статевих групах супроводжується зна-

чимим збільшенням СЩП α -ритму ЕЕГ по всьому «скальпу». Здійснення слухо-моторних координацій з часовим інтервалом 1000 мс забезпечується зниженням показників у лобно-скроневої зоні лівої півкулі у групі чоловіків, та по всьому «скальпу» в групі жінок. Міжпівкулеві відмінності за умов слухо-моторної оцінки часових інтервалів 250 і 500 мс вказують на нижчі показники СЩП α -ритму ЕЕГ у лівій півкулі: при слухо-моторній оцінці часових інтервалів 250 і 500 мс – у тім'яно-потиличній зоні в обох статевих групах, 1000 мс – у лобно-скроневої зоні в групі чоловіків, у тім'яно-потиличній ділянці в групі жінок. Аналіз статевих відмінностей СЩП α -ритму ЕЕГ вказує на менші показники у жінок, порівняно з чоловіками у всіх тестових ситуаціях. Реалізація слухо-моторних координацій у групі чоловіків супроводжується більшою локальністю й асиметричністю динамічних змін у просторовому розподілі СЩП α -ритму ЕЕГ з акцентом у лівій півкулі. Натомість у групі жінок відзначається зростання генералізованості та симетричності установлених активаційних процесів.

1. *Болдырева Г. Н., Шарова Е. В., Добронравова И. С.* Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 5. С. 19–34.
2. *Гаркавенко В. В., Горковенко А. В., Маньковская Е. П.* и др. Изменение мощности ЭЭГ-активности в α -диапазоне под влиянием тонического болевого воздействия на область дистального сустава мизинца руки // Физиология человека. 2005. Т. 31. № 2. С. 77–84.
3. *Данько С. Г.* Об отражении различных аспектов активации мозга в электроэнцефалограмме: что показывает количественная электроэнцефалография состояний покоя с открытыми и закрытыми глазами // Физиология человека. 2006. Т. 32. № 4. С. 5–17.
4. *Костандов Э. А., Генкина О. А., Захарова Н. Н.* и др. Латерализация восприятия коротких интервалов времени и вызванная активность у человека // Журн. высш. нерв. деят. 1984. Т. 34. № 4. С. 627–63.
5. *Костандов Э. А., Черемушкина Е. А., Козлов М. К.* Вызванная синхронизация/ десинхронизация корковой электрической активности на лицевые стимулы при формировании установки на эмоционально-отрицательное выражение // Журн. высш. нерв. деят. 2009. Т. 59. № 2. С. 144–154.
6. *Коцан І. Я., Швайко С. Є., Козачук Н. О.* та ін. Системна організація інтегративних процесів когнітивної діяльності: монографія / За ред. І.Я. Коцана. Луцьк: Вежа, 2008. 296 с.
7. *Разумникова О. М., Вольф Н. В.* Половые различия межполушарного взаимодействия при распределенном и направленном внимании // Журн. высш. нерв. деят. 2006. Т. 56. № 3. С. 327–333.
8. *Сысоева О. В., Вартанов А. А.* Две мозговые подсистемы кодирования длительности стимула // Психол. журн. 2005. Т. 26. № 2. С. 81–90.
9. *Ходанович М. Ю., Есипенко Е. А.* Связанные с событиями потенциалы мозга при отмеривании времени человеком. I. Различные стратегии выполнения моторных задач на время // Вестн. Томск. ун-та. 2007. № 298. С. 231–236.
10. *Шляхтин Г. С.* Сенсорно-перцептивная концепция восприятия времени // 3 Всеросс. съезд психологов. СПб., 2003. Т. 8. С. 473–477.

SEXUAL PECULIARITIES OF DYNAMICS OF THE SPECTRAL POWER DENSITY OF THE EEG α RHYTHM IN THE IMPLEMENTATION OF MAN OF OTIC AND MOTOR COORDINATIONS**A. Morenko**

*Lesya Ukrainka Volyn National University
13, Voli Ave., Lutsk 43009, Ukraine
e-mail: alevmore@gmail.com*

In 30 healthy and right-handed men and women 17–21 years old we studied the value of the spectral power density (SPD) of EEG alpha rhythm in terms of otic and motor coordinations with intervals of time in 250 ms, 500 ms and 1000 ms. The otic and motor evaluation of the 250 ms periods in both sexual groups is followed by the significant growth of the EEG α -rhythm power spectrum density in the cerebral cortex. The otic and motor coordination with intervals in 500 ms is characterized by lower indices in central, back temporal, vertex and occipital lobes of the cerebral cortex in men and along the whole "scalp" – in women. As compared to the background, the otic and motor evaluation of periods in 1000 ms is supervised on lower measurements in the frontal temporal part of the left cerebellar hemisphere in men and along the whole "scalp" – in women. Women differs with a lower indices and more spreading changes of PSD of α rhythm during the transition to otic and motor activities, than men.

Key words: otic and motor coordinations, α rhythm, second intervals of time.

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ α -РИТМА ЭЭГ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ЧЕЛОВЕКОМ СЛУХО-МОТОРНЫХ КООРДИНАЦИЙ**А. Моренко**

*Волынский национальный университет имени Леси Украинки
Проспект Воли, 13, Луцк 43021, Украина
e-mail: alevmore@gmail.com*

У 30 здоровых и праворуких мужчин и женщин 17–21 лет изучали спектральную плотность мощности (СПМ) α -ритма ЭЭГ в условиях реализации слухо-моторных координаций с интервалами времени в 250, 500 и 1000 мс. Слухо-моторная оценка интервалов в 250 мс в обеих половых группах сопровождается значимым увеличением спектральной плотности мощности α -ритма в коре. Осуществление слухо-моторных координаций с интервалами в 500 мс характеризуется значимым снижением показателей в центральных, задних височных, теменных и затылочных долях у мужчин и по всему «скальпу» у женщин. Слухо-моторная оценка интервалов в 1000 мс обеспечивается дальнейшим снижением показателей в левой лобно-височной зоне у мужчин и по всему «скальпу» у женщин. Женщины отличаются более низкими значениями и большей генерализованностью изменений спектральной плотности мощности α -ритма при переходе к слухо-моторной деятельности, чем мужчины.

Ключевые слова: слухо-моторные координации, α -ритм, интервалы времени.

Стаття надійшла до редколегії 29.01.10
Надійшла після доопрацювання 16.08.10
Прийнята до друку 20.09.10