

УДК: 612.821-005

А. Г. Моренко, канд. біол. наук, доцент
Волинський національний університет імені Лесі Українки,
кафедра фізіології людини і тварин,
пр. Волі, 13, Луцьк, 43000, Україна

ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РИТМІЧНОЇ СЛУХО-МОТОРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ (за даними аналізу α - і θ -діапазонів електроенцефалограми)

У дослідженнях взяли участь 30 здорових і праворуких чоловіків і жінок 17—21 років. Оцінювали спектральну щільність потужності α - і θ -ритмів електроенцефалограми під час ритмічної слухо-моторної діяльності досліджуваних. Виконання слухо-моторної діяльності в обох статевих групах характеризується значимим зниженням спектральної щільності потужності α - і θ -ритмів у корі головного мозку, порівняно зі станом функціонального спокою. Активаційні процеси є виразнішими у лівій півкулі. У жінок установлюються менші значення та більша генералізованість динамічних змін у просторовому розподілі спектральної щільності потужності α -ритму, ніж у чоловіків.

Ключові слова: ритмічна слухо-моторна діяльність, α - і θ -діапазони електроенцефалограми.

Вступ

Сучасною науковою спільнотою активно обговорюється питання про участь вищих когнітивних функцій (уваги, оперативної пам'яті, поведінкового гальмування) у забезпеченні обробки сенсомоторної інформації у корі головного мозку [1—8]. В контексті даних досліджень одним із актуальних напрямів є з'ясування механізмів перемикання уваги з сенсорної перцепції на рухові відповіді у відповідності з актуальними мотиваційними потребами людини. Слухові відчуття відображають часові особливості діючого подразника: його тривалість, ритмічний характер тощо. Сучасні літературні дані вказують на динамічність та пластичність коркових потенціалів у відповідь на звукові подразники (сигнали, мова) в залежності від їх складності, а також статі, віку досліджуваних, їх індивідуального досвіду [2—4; 6; 7]. Рухові відчуття забезпечують досить точне відображення дійсності, швидкості і послідовності явищ [1—5]. Відомо, що в процесі стабільної ритмічної сенсомоторної діяльності у людини з'являється певна циклічність змін біоелектричної активності у корі головного мозку у відповідності із частотою та інтенсивністю сенсорного подразника [1, 4, 8]. Координація сенсорних та моторних процесів полегшує людині вибір вірної стратегії поведінки [6—8]. Не дивлячись на кількість робіт, присвячених вивченню психофізіологічних основ сенсомоторної діяльності людини, залишається ряд питань, щодо яких не має однозначної думки у наукових колах, і які потребують подальших досліджень. Серед них — з'ясування характеру міжпівкулевих взаємодій, співвідношення процесів синхронізації/десинхронізації за умов перемикання уваги між слуховим сприйняттям і запуском необхідної моторної програми. На шляху до вирішення зазначених питань виявляється актуальною мета

нашого дослідження: виявлення специфіки внутрішньокоркових активаційних процесів в α - і θ -діапазонах в режимі стабільної ритмічної слухо-моторної діяльності людини (статевий аспект).

Матеріал і методи досліджень

У наших дослідженнях на добровільній основі із дотриманням норм біомедичної етики взяли участь 30 здорових (медична картка 086/у) і праворуких чоловіків (15 осіб) і жінок (15 осіб) 17—21 років. Профіль мануальної асиметрії визначали за самооцінкою і спеціально розробленими мануальними тестами (переплетення пальців кисті, схрещування рук на грудях, аплодування тощо).

Реєстрацію електроенцефалограми здійснювали монополярно з референтним об'єднаним вушним електродом (апаратно-програмний комплекс «Нейроком», «ХАІ-Медика»). Активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20. У функціональних пробах аналізували 60-секундні відрізки часу. Епоха аналізу складала 2 с з 50 % перекриттям. Під час експерименту досліджувані знаходились у звуко- і світлонепрониклій кімнаті. Для режекції електроенцефалографічних артефактів використовували процедуру ІСА-аналізу. Оцінювали спектральну щільність потужності електроенцефалограми, значення якої розраховували для усіх пар відведень в усіх тестових ситуаціях для частотних діапазонів θ - (4—8 Гц) і α -ритмів (8—13 Гц). Під час тестування досліджувані були із закритими очима, у положенні напівсидячи у кріслі з підголовником. Електроенцефалограму реєстрували у стані функціонального спокою (фон) та в умовах ритмічної слухо-моторної діяльності. Звукові стимули (електронна версія барабанного бою, програмне забезпечення Finale 2006) мали тривалість у 10 мс, гучність у 55—60 дБ і частоту подання у 2 Гц. У відповідь на стимули піддослідні здійснювали реципрокні координатії — почергово стискали і розтискали пальці кисті правої руки. Значимість відмінностей ($p \leq 0,05$) показників між тестами у чоловіків і жінок оцінювали за критерієм Вілкоксона для парних вибірок, між статевими групами — за критерієм Манна—Уїтні (програмне забезпечення AtteStat).

Результати та їх обговорення

Стан функціонального спокою. У чоловіків виявляється деяке переважання спектральної щільності потужності α -ритму у лівій півкулі у лобно-скроневої і центральній зонах, у правій — у тім'яно-потиличній ділянці (табл. 1). У жінок дана тенденція набуває значимого рівня в лівій півкулі — у бічній лобній частці, у правій півкулі — у потиличній ділянці ($p \leq 0,05$). В обох статевих групах відзначаються вищі показники спектральної щільності потужності θ -ритму у правій півкулі, особливо у передніх скроневої частках у чоловіків ($0,025 \leq p \leq 0,05$), а також у лобних і передніх скроневої ділянках — у жінок (табл. 2).

Виконання ритмічної слухо-моторної діяльності. У чоловіків установлюється зниження спектральної щільності потужності α -ритму по всьому «скальпу», особливо у центральних ($0,025 \leq p \leq 0,05$), задніх скроневої, тім'яних і потиличній ($p \leq 0,0249$) частках кори головного мозку, порівняно зі станом функціонального спокою (табл. 1, рис. 1). У жінок відмічається значиме зменшення показників у лівих лобних, симетричних центральних і задніх скроневої зонах кори. В обох статевих групах установлюється переважання значень у тім'яно-потиличній зоні у правій півкулі. У решти ділянок кори головного мозку міжпівкулевих асиметрій не відзначається. У чоловіків виявляється значиме знижен-

Таблиця 1

Статеві особливості спектральної щільності потужності α -ритму електроенцефалограми (M \pm m, мкВ²/Гц)

| Зони кори головного мозку, див. рис. 1 | Стан функціонального спокою | | Ритмічна слухо-моторна діяльність | |
|--|-----------------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------|
| | чоловіки | жінки | чоловіки | жінки |
| У лівій півкулі кори головного мозку | | | | |
| Fp1 | 32,0 \pm 5,2 | 27,2 \pm 7,7 | 30,4 \pm 6,6 | 18,1 \pm 5,0 |
| F3 | 42,6 \pm 7,1 | 35,2 \pm 6,3 | 41,7 \pm 8,5 | 23,4 \pm 6,4 |
| F7 | 25,7 \pm 3,9 | 21,0 \pm 5,9 | 31,2 \pm 5,3 | 14,6 \pm 3,6 |
| T3 | 33,1 \pm 5,0 | 15,5 \pm 3,7 | 23,0 \pm 3,9 | 13,9 \pm 3,0 |
| T5 | 55,3 \pm 9,9 | 24,6 \pm 5,5 | 25,9 \pm 3,8 | 18,0 \pm 4,8 |
| C3 | 79,3 \pm 14,2 | 39,9 \pm 5,3 | 47,9 \pm 9,1 | 27,7 \pm 7,1 |
| P3 | 146,7 \pm 30,3 | 67,3 \pm 16,8 | 69,7 \pm 15,6 | 71,2 \pm 3,3 |
| O1 | 275,9 \pm 41,3 | 168 \pm 32,7 | 169,6 \pm 31,6 | 149,6 \pm 29,7 |
| У правій півкулі кори головного мозку | | | | |
| Fp2 | 31,7 \pm 4,9 | 27,5 \pm 8,2 | 30,8 \pm 6,5 | 18,9 \pm 5,6 |
| F4 | 42,5 \pm 6,8 | 34,9 \pm 5,7 | 41,7 \pm 8,1 | 24,4 \pm 6,9 |
| F8 | 25,0 \pm 4,0 | 19,4 \pm 5,8* | 26,4 \pm 5,4 | 15,3 \pm 4,0 |
| T4 | 25,5 \pm 3,9 | 16,1 \pm 4,2 | 23,1 \pm 4,0 | 14,6 \pm 3,2 |
| T6 | 41,9 \pm 6,1 | 23,7 \pm 5,3 | 22,1 \pm 3,6 | 17,2 \pm 3,3 |
| C4 | 70,9 \pm 12,6 | 36,2 \pm 5,8 | 48,9 \pm 8,6 | 27,1 \pm 6,5 |
| P4 | 148,2 \pm 29,6 | 60,2 \pm 14,4 | 77,7 \pm 11,6 | 59,0 \pm 14,1* |
| O2 | 356,9 \pm 54,0 | 224,2 \pm 46,6* | 209,5 \pm 43,1 | 181,4 \pm 38,2 |

Примітки до табл. 1, 2: * — значимі міжпівкулеві відмінності показників, $0,025 \leq p \leq 0,05$; ** — значимі міжпівкулеві відмінності показників, $p \leq 0,0249$.

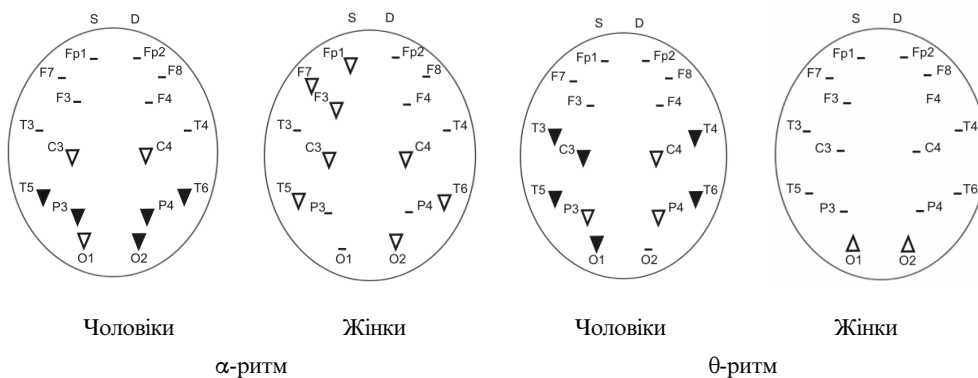


Рис. 1. Динаміка спектральної щільності потужності α - і θ -ритмів електроенцефалограми під час ритмічної слухо-моторної діяльності у чоловіків та жінок

Fp 1, 2; F 3, 4; F 7, 8 — відповідно передні, задні та бічні лобні частки; C 3, 4 — центральні частки; T 3, 4; T 5, 6 — відповідно передні і задні скроневі частки; P 3, 4 — тім'яні частки; O 1, 2 — потиличні частки в лівій (s) і правій (d) півкулях кори головного мозку.

△ зростання (зниження) показників, порівняно з фоном, $0,025 \leq p \leq 0,05$;

▲ зростання (зниження) показників, порівняно з фоном, $p \leq 0,0249$

Статеві особливості спектральної щільності потужності θ -ритму електроенцефалограми ($M \pm m$, $\mu\text{В}^2/\text{Гц}$)

| Зони кори головного мозку, див. рис. 1 | Стан функціонального спокою | | Ритмічна слухо-моторна діяльність | |
|--|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|
| | чоловіки | жінки | чоловіки | жінки |
| У лівій півкулі кори головного мозку | | | | |
| Fp1 | 8,3±1,0 | 10,1±2,02 | 8,2±0,6 | 10,5±1,9 |
| F3 | 13,6±1,7 | 14,7±2,8 | 11,9±1,4 | 11,9±1,2 |
| F7 | 13,6±3,2 | 8,5±2,3 | 17,8±4,8 | 8,5±1,1 |
| T3 | 18,2±5,5* | 8,6±2,9 | 8,7±1,6 | 7,8±1,0 |
| T5 | 12,5±3,4 | 10,4±1,8 | 6,1±0,7 | 8,9±1,8 |
| C3 | 18,3±2,7 | 19,9±7,3 | 12,2±1,6 | 13,4±2,1 |
| P3 | 18,6±3,5 | 21,7±4,1 | 12,5±1,5 | 17,1±2,0 |
| O1 | 38,1±5,9 | 15,1±3,9 | 19,5±2,9 | 21,1±3,1 |
| У правій півкулі кори головного мозку | | | | |
| Fp2 | 8,9±1,2 | 11,0±2,9 | 8,3±0,7 | 9,9±1,6 |
| F4 | 12,7±1,5 | 16,2±2,2 | 11,6±1,4 | 12,4±1,9 |
| F8 | 10,3±1,8 | 9,6±2,6 | 8,6±1,0 | 9,7±1,6 |
| T4 | 8,5±1,2 | 10,0±2,8 | 6,1±0,7 | 7,3±1,2 |
| T6 | 9,5±1,7 | 9,0±2,3 | 6,6±0,7 | 9,8±2,1 |
| C4 | 17,0±2,2 | 22,9±4,9 | 13,2±1,5 | 14,4±2,8 |
| P4 | 18,8±3,2 | 19,4±4,2 | 13,9±1,5 | 19,0±4,2** |
| O2 | 36,1±5,4 | 16,6±3,0 | 22,9±3,5* | 23,5±4,4 |

ня спектральної щільності потужності θ -ритму у симетричних скроневих, центральних, тім'яних і потиличних частках кори ($p \leq 0,05$), а також у правих тім'яній і потиличній ділянках ($0,025 \leq p \leq 0,05$) (рис. 1). У потиличній зоні відзначається значиме превалювання у правій півкулі ($0,025 \leq p \leq 0,05$) (табл. 2). У жінок установлюється лише тенденція до певного зменшення показників у скроневих, центральних і тім'яних частках, особливо у лівій півкулі. В означених ділянках, особливо у тім'яній зоні ($p \leq 0,0249$), виявляється правопівкулеве переважаєння. Разом з тим у симетричних потиличних ділянках установлюється значиме зростання спектральної щільності потужності θ -ритму ($0,025 \leq p \leq 0,05$), порівняно зі станом функціонального спокою (рис. 1). Подібні закономірності електрогенезу в α - і θ -діапазонах, на нашу думку та у відповідності з даними літератури [2; 5; 9—12], свідчать про зростання ролі активаційних процесів у зазначених коркових зонах, переважно лівої півкулі, при спеціалізованій діяльності. Приуроченість динамічних змін до центральних і тім'яно-потиличних структур указує на використання піддослідними у значній мірі автоматизованих стратегій [2].

Аналіз статевих відмінностей спектральної щільності потужності α -ритму указує на менші показники у жінок, порівняно з чоловіками (табл. 1, 2; рис. 2). Так, у стані функціонального спокою відмічена закономірність виявляється значимою у задніх скроневих, центральних, тім'яних і потиличних частках обох півкуль кори головного мозку ($p \leq 0,05$), під час слухо-моторної діяльності — у задніх лобних, скроневих, центральних, тім'яних частках, особливо у лівій півкулі (рис. 2). Установлені співвідношення свідчать про вищий рівень неспецифічної активації у жінок [5, 9, 11—12]. Значення спектральної щільності потужності θ -діапазону не виявили значимих статевих відмінностей. Лише у стані

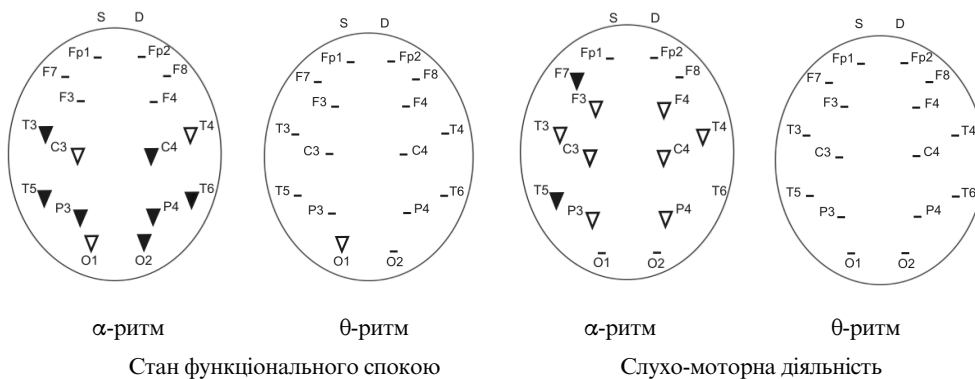


Рис. 2. Статеві особливості спектральної щільності потужності α - і θ -ритмів електроенцефалограми під час ритмічної слухо-моторної діяльності

Примітки:

- △/▽ значимо більші (менші) показники у жінок, ніж у чоловіків, $0,025 \leq p \leq 0,05$;
- ▲/▼ значимо більші (менші) показники у жінок, ніж у чоловіків, $p < 0,0249$

функціонального спокою жінки відзначаються меншими показниками у потиличних частках, порівняно з чоловіками, $0,025 \leq p \leq 0,05$.

Реалізація слухо-моторної діяльності в обох статевих групах досліджуваних у цілому супроводжується подібною динамікою електрогенезу в корі головного мозку, порівняно зі станом функціонального спокою. Найбільш задіяними до діяльності є задні скроневі, центральні, тім'яні та потиличні частки кори.

В цілому, виконання слухо-моторної діяльності у корковій організації забезпечується не лише участю центрів моторної кори, які складають ядро рухового аналізатора, але й інших — проєкційних і асоціативних полів неокортексу (тім'яних і скроневих зон). Залученість цих ділянок кори створює умови для об'єднання роботи багатьох центрів у єдину функціональну систему, що і забезпечує довільні моторні дії — слухо-моторне координування [3, 5, 8]. Разом з тим у чоловіків установлюється більша локальність динамічних змін у просторовому розподілі спектральної щільності потужності α -ритму та вища реактивність спектральної щільності потужності θ -ритму при переході до слухо-моторної діяльності. Натомість у жінок відзначається зростання генералізованості установлених активаційних процесів, що свідчить про вищу активність лімбіко-гіпоталамічної системи у жінок та відображає загальні біологічні особливості жіночого організму [3, 5, 8]. Отже, здійснення слухо-моторної діяльності забезпечується скоординованою діяльністю різних систем мозку, як безпосередньо контролюючих реалізацію моторного акту, так і пов'язаних з процесами сприйняття. Результати наших досліджень указують на специфічні риси обробки слухо-моторної інформації у чоловіків і жінок.

Висновки

Ритмічна слухо-моторна діяльність в обох статевих групах забезпечується значимим зниженням спектральної щільності потужності α - і θ -ритмів електроенцефалограми у корі головного мозку, порівняно зі станом функціонального спокою. Найбільш задіяними є задні скроневі, центральні, тім'яні та потиличні частки кори. Активаційні зміни більше виражені у лівій півкулі. Чоловіки харак-

теризуються вищою локальністю спектральної щільності потужності α -ритму та реактивністю спектральної щільності потужності θ -ритму при переході до ритмічної слухо-моторної діяльності. У жінок установлюються менші значення та більша генералізованість динамічних змін у просторовому розподілі спектральної щільності потужності α -ритму.

Література

1. Асланян Е. В., Кирой В. Н. Об индивидуальных особенностях реагирования на действие факторов монотонии // Психол. журнал, 2002. — Т. 23, № 4. — С. 82—89.
2. Базанова О. М., Штарк М. Б. Биоуправление в оптимизации психомоторной реактивности. Сообщение 1. Сравнительный анализ биоуправления и обычной исполнительской практики // Физиол. человека, 2007. — Т. 33, № 4. — С. 24—32.
3. Болдырева Г. Н., Шарова Е. В., Добронравова И. С. и др. Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека // Физиол. человека. — 2000. — Т. 26. — № 5. — С. 19—34.
4. Моренко А. Г., Павлович О. С. Особливості просторового розподілу біопотенціалів у півкулях кори головного мозку (α - і бета-ритми електроенцефалограми) під час ритмічної тонкої рухової діяльності у чоловіків // Вісник Львівс. ун-ту. Серія біол. — 2009. — Випуск 49. — С. 165—173.
5. Фарбер Д. А., Анисимова И. О. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект // Физиол. человека. — 2000. — Т. 26. — № 5. — С. 35—43.
6. Bradley M. Natural selective attention: Orienting and emotion // Psychophysiology, 2009. — V. 46. — I. 1. — P. 1—11.
7. Gherri E., Velzen Jo. V., Eimer M. The instructed context of a motor task modulates covert response preparation and shifts of spatial attention // Psychophysiology, 2009. — V. 46. — I. 3. — P. 655—667.
8. Rukhlevskaia E., Gratton G., Fabiani M. Combining structural and functional neuroimaging data for studying brain connectivity: a review // Psychophysiology, 2008. — V. 45. — I. 2. — P. 173—187.
9. Данько С. Г. Об отражении различных аспектов активации мозга в электроэнцефалограмме: что показывает количественная электроэнцефалография состояний покоя с открытыми и закрытыми глазами // Физиол. человека. — 2006. — Т. 32. — № 4. — С. 5—17.
10. 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.
11. Goldman R. I., Stern J. M., Engel J. Jr. et al. Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm // Neuroreport. — 2002. — V. 13. — № 18. — P. 2487.
12. Laufs H., Kleinschmidt A., Beyerky A. EEG-correlated fMRT of human alpha activity // Neuroimage. — 2003. — V. 19. — № 4. — P. 1463.

А. Г. Моренко

Вольнский национальный университет имени Леси Украинки,
пр. Воли, 13, Луцк, 43000, Украина

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РИТМИЧЕСКОЙ СЛУХО-МОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА (по данным анализа α - и θ -диапазонов электроэнцефалограммы)

Резюме

В исследованиях приняли участие 30 здоровых и праворуких мужчин и женщин 17—21 года. Оценивали спектральную плотность мощности α - и θ -ритмов электроэнце-

фалограммы во время ритмической слухо-моторной деятельности испытуемых. Выполнение слухо-моторной деятельности в обеих половых группах характеризуется снижением спектральной плотности мощности α - и θ -ритмов в коре головного мозга, по сравнению с состоянием функционального покоя. Активационные процессы были более выраженными в левом полушарии. У женщин установлены меньшие значения и большая генерализованность динамических изменений в пространственном распределении спектральной плотности мощности α -ритма, чем у мужчин.

Ключевые слова: ритмическая слухо-моторная деятельность, α - и θ -диапазоны электроэнцефалограммы.

A. G. Morenko

Volyn National University named after Lesya Ukrainka,
pr. Voli, 13, Lutsk, 43000, Ukraine

ELECTROENCEPHALOGRAPHIC PECULIARITIES OF RHYTHMIC OTIC AND MOTOR ACTIVITY IN HUMANS (BY RESULTS A- I Q-RANGES OF ELECTROENCEPHALOGRAM)

Summary

30 healthy female and male right-handers in the age of 17—21 became the testees in the experiment. The power spectrum density of the electroencephalogram α - and θ - ranges during the rhythmic otic and motor activity of testees was detected. Performing of otic and motor activity in both sex groups is characterized by lowering of power spectrum density of α - and θ -rhythms in the cerebral cortex, compared with the state of functional rest. Activation processes were more expressed in the left hemisphere. Lower values and greater generalization of dynamic changes in spatial distribution of power spectrum density of α -rhythm was set in female than in male.

Key words: the rhythmic otic and motor activity, the electroencephalogram α - and θ -ranges.
