

УДК 612.822.3+612.821

ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ТЕТА-ДІАПАЗОНІ ЕЕГ В УМОВАХ РЕАЛІЗАЦІЇ ТОНКОЇ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ**І. Коцан, А. Моренко, Т. Владичко***Волинський національний університет імені Лесі Українки**пр. Волі, 13, Луцьк 43000, Україна**e-mail: i-man@ukr.net*

У дослідженнях взяли участь 30 здорових осіб чоловічої статі віком 18–20 років. Електроенцефалограму реєстрували в таких станах: вихідний стан спокою, налаштування та здійснення фазних і тонічних рухів. Методом когерентного аналізу встановлювали характерні зміни ЕЕГ у діапазоні тета-ритму при ідеомоторній діяльності та виконанні рухових завдань. З ускладненням завдань спостерігається поширення когерентних взаємодій по всій корі головного мозку, особливо під час здійснення фазних циклічних рухів. Встановлено тенденцію до виділення лівопівкулевого профілю латеральної асиметрії когерентних зв'язків.

Ключові слова: електроенцефалограма, тета-ритм, ідеомоторна діяльність, тонічні рухи, циклічні фазні рухи.

Тривалий час питання про механізм генерації та функціонального значення тета-ритму залишається одним із найбільш дискусійних у фізіології [8]. Незважаючи на інтенсивні дослідження [2, 8], функціональна значущість тета-ритму залишається до цього часу недостатньо зрозумілою. Широко обговорюються кілька функцій гіпокампу, пов'язані з появою чи зникненням тета-ритмічної активності [2].

Часто тета-ритм розглядають як ритм, зміни котрого корелюють із певними аспектами емоційної поведінки людини [6]; як певний просторово-часовий орієнтир, що використовується при навігації у просторі [2], як корелят активації, орієнтування, дослідження й уваги, навчання і пам'яті, мотивацій і емоцій, мимовільних рухів [11].

Структури, що відповідають за нервову регуляцію постави і рухів, локалізовані в різних відділах центральної нервової системи – від кори великих півкуль до спинного мозку [4, 9]. Тому і реакція на рухову діяльність виявлена в різних частотних діапазонах ЕЕГ-спектру.

Одним із основних завдань, що стоять перед дослідниками, які вивчають нервову діяльність, є виявлення взаємозв'язків у роботі різних структурних утворень мозку [10].

Метою нашої роботи є встановити методом когерентного аналізу характерні зміни ЕЕГ у діапазоні тета-ритму при ідеомоторній діяльності та виконанні рухових завдань.

У наших дослідженнях взяло участь 30 чоловіків віком 18–20 років. Усі були здоровими (мед. картка 086/у), праворукими за самооцінкою і загальноприйнятими мануальними тестами (переплетення пальців кисті, схрещування рук на грудях, аплодування, теплінг-тест, динамометрія) [3]. Показником інформаційних процесів в умовах адекватного тестування вважалась електрична активність кори головного мозку. Її досліджували за допомогою апаратно-програмного комплексу „НейроКом”. При записі ЕЕГ активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20. Реєстрація здійснювалась монополярно, як референтні використовувались вушні електроди, з метою поліпшення якості запису застосовували додаткові референтні електроди, що встановлювалися між передньолобним та латеральнолобним відведенням, а також між правим та лівим передніми лобними від-

веденнями. Для відстеження функціонального стану та реакції обстежуваного на стимули використовувалась система відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу складала 500 мс з 50% перекриттям. У функціональних пробах аналізувались відрізки часу тривалістю 40–60 с. Під час експерименту досліджувані перебували у звуко- і світлонепроникній камері.

Для кількісної оцінки ЕЕГ-даних мозку була використана комп'ютерна програма когерентного аналізу, що дає можливість дослідити особливості функціонування мозку як цілісної системи і вивчити системні механізми формування різних станів центральної нервової системи [1]. Встановлено [9], що необхідною характеристикою роботи здорового мозку є наявність оптимального рівня міжпівкулевої асиметрії когерентності ЕЕГ, що відображає перевагу поєднання біопотенціалів у домінуючій півкулі. Зіставлення когерентних характеристик ЕЕГ здорових людей у різних експериментальних ситуаціях розширює можливість трактування механізмів міжпівкулевої специфічності міжцентральної відношень.

Розрахунок кількісних характеристик ЕЕГ здійснювали після автоматичного виключення спотворених артефактами фрагментів запису із подальшою обробкою. Розраховували середні для кожного досліджуваного в конкретному стані оцінки когерентності в кожній з попарних комбінацій відведень для частотного діапазону альфа (7–13 Гц). Порівняння середніх даних когерентності проводилося для кожного завдання. Аналізували значущі (0,505–0,705) і високі (0,706 до 1) показники когерентності.

Під час реєстрації електроенцефалограми досліджувані перебували у зручній позі, напівлежачи. Їхні руки були зігнуті у ліктьовому суглобі, передпліччя зафіксовані на підлокітниках. Це виключало розтяг м'язових волокон і рефлекторні зміни їхнього тону, не пов'язані із завданнями дослідження. У приміщенні не проникали сторонні звукові подразники. Щоб запобігти іншим відволікаючим сенсорним впливам, досліджувані під час усього експерименту були із заплющеними очима.

Електричну активність кори головного мозку реєстрували в таких експериментальних ситуаціях:

1. *Стан функціонального спокою (фон)*. Досліджувані перебували у спокійному стані із заплющеними очима в положенні напівлежачи.

2. *Підготовка до здійснення позно-тонічного напруження*. Перед проведенням тесту досліджуваному була дана команда приготуватися до здійснення рухової діяльності. Стан налаштування для виконання рухового завдання визначали як ідеомоторну діяльність [5, 7].

3. *Позно-тонічне напруження кисті*. Досліджувані одноразово згинали кисть у променево-зап'ястковому суглобі з важелем в 1 кг під кутом 45° до зафіксованого передпліччя й утримували її в такому положенні до завершення поставленого завдання.

4. *Налаштування до здійснення циклічних фазних рухів кисті*. Перед проведенням цього тесту досліджуваному була дана інструкція приготуватися до здійснення рухової діяльності відразу після спалаху фотостимулятора.

5. *Здійснення циклічних фазних рухів кисті* виконувалося відразу після налаштування для рухової діяльності без зупинки між тестами. Виконання рухів здійснювалося на кожен спалах фотостимулятора.

Циклічний фазний рух забезпечувало багаторазове згинання/розгинання кисті у фронтальному напрямку в променево-зап'ястковому суглобі. Для уніфікації цих рухів і адекватного порівняння мозкових механізмів забезпечення їх моторної програми ми задавали для всіх досліджуваних однакові ергометричні параметри рухового завдання:

– поворот кисті здійснювати у променево-зап'ястковому суглобі під кутом 45° до зафіксованого передпліччя;

- стале силове зусилля забезпечувати прикладенням вантажу в 1 кг;
- темп руху задавати спалахами фотостимулятора з частотою 2 Гц.

Усі досліджувані здійснювали рухи тільки ведучою рукою. Вищезазначені параметри давали змогу стабілізувати роботу кисті на певній інтенсивності й уникнути непередбачених перенапружень.

Отримані дані обробляли методами варіаційної статистики з використанням параметричних критеріїв (t-Стюдента), порівнюючи середні величини. Під час статистичного аналізу даних використовували стандартні пакети програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

У стані функціонального спокою з заплющеними очима просторовий розподіл когерентних взаємодій у досліджуваних осіб має генералізований характер. На рівні значущих зареєстровано міжпівкулеві задньо-лобні [$r=0,59\pm 0,001$], центральний [$r=0,67\pm 0,002$], тім'яний [$r=0,63\pm 0,001$] і потиличний [$r=0,55\pm 0,004$] зв'язки, а також внутріпівкулеві симетричні передньо-, задньо-лобні, передні сагітально-лобні, задні лобно-центральні, задні лобно-сагітальні, центральні тім'яно-сагітальні. Також відзначений значущий центральний тім'яно-сагітальний зв'язок [$r=0,53\pm 0,002$] у лівій півкулі кори головного мозку та центральний сагітально-тім'яний зв'язок [$r=0,54\pm 0,003$] у правій півкулі кори головного мозку. Активність у правій півкулі характеризується виникненням двох когерентних зв'язків значущого рівня між відведенням у правій потиличній ділянці та сагітально-тім'яним і правим тім'яним.

Високі когерентні взаємодії спостерігаються на рівні симетричних внутріпівкулевих: між задніми лобними, центральними, тім'яними ділянками обох півкуль із відповідними їм сагітальними відведеннями (рис. 1).

При *ідеомоторній діяльності* нами було відзначено деяке зниження загальної кількості когерентних взаємодій по всьому «скальпу». Менш активними стали лобні ділянки кори головного мозку. Когерентні зв'язки спостерігались у задніх лобних, центральних, тім'яних ділянках кори головного мозку. Були відзначені взаємодії між передніми лобними ділянками та між передньою лобною і сагітальною у лівій півкулі [$r=0,52\pm 0,004$]. Значущі зв'язки продовжували існувати у задньо-лобних, центральних, тім'яних відведеннях між симетричними ділянками обох півкуль. Виконання завдання характеризується зниженням когерентного зв'язку до рівня низького між потиличними ділянками кори головного мозку [$r=0,48\pm 0,002$].

Отже, при налаштуванні до рухової діяльності спостерігається певне зниження кількості й тісноти когерентних взаємодій із маловираженим лівопівкулевим переважанням у центрально-тім'яних частках.

Здійснення *тонічного напруження* кисті веде до подальшого зменшення тісноти когерентних взаємодій у тета-ритмі, особливо між задніми лобними, центральними та тім'яними ділянками.

Здійснення *тонічного напруження* кисті веде до подальшого зменшення тісноти когерентних взаємодій у тета-ритмі, особливо між задніми лобними, центральними та тім'яними ділянками.

Активність лобних ділянок кори головного мозку залишається практично на тому ж рівні, що і при *ідеомоторній діяльності*.

Як і в попередніх тестових ситуаціях, високі когерентні зв'язки спостерігаються на рівні симетричних внутріпівкулевих взаємодій: між задніми лобними, центральними, тім'яними ділянками обох півкуль із відповідними їм сагітальними відведеннями.

Інший розподіл когерентних взаємодій відзначений нами при *налаштуванні до здійснення циклічних фазних рухів* кисті. Виконання даного завдання супроводжується помітним поширенням когерентних взаємодій. Зростає активність лобних ділянок, з'являються симетричні бічні зв'язки між лобними передньою та бічною ділянками. Збільшуються

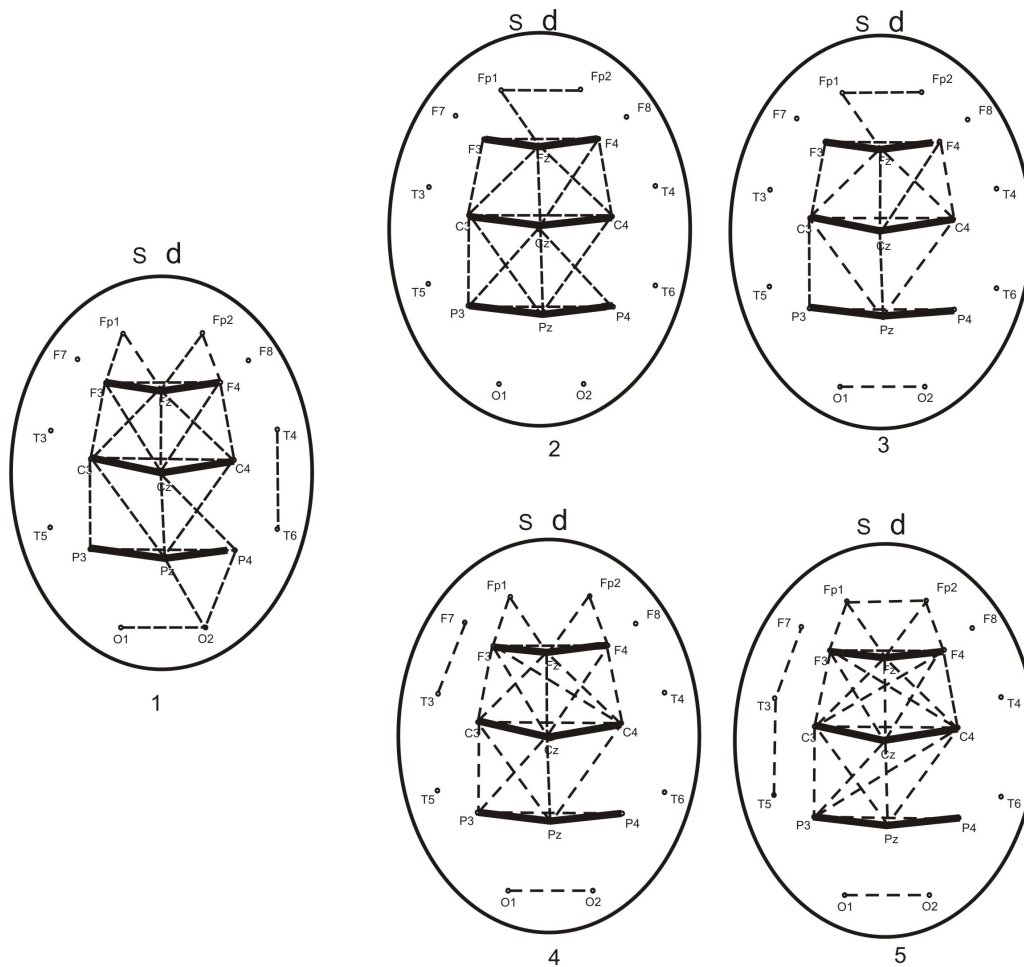


Рис. 1. Просторовий розподіл когерентних зв'язків тета-діапазону кори головного мозку в стані спокою (1), при ідеомоторній діяльності (2), під час позно-тонічного напруження кисті (3), при налаштуванні для здійснення фазних циклічних рухів кисті (4), під час виконання циклічних фазних рухів кисті (5) у чоловіків: пунктирна лінія – значущі зв'язки (0,505–0,705), суцільна лінія – високі зв'язки (0,706–1,0); s – ліва півкуля, d – права півкуля; F – лобові, C – центральні, T – скроневі, P – тім'яні, O – потиличні ділянки.

ється кількість зв'язків у центральних ділянках кори головного мозку. Відзначений середній значущий зв'язок між лівою задньою лобною та правою центральною ділянками [$r=0,52\pm 0,002$] і сагітальним лобним та правим центральним відведеннями [$r=0,54\pm 0,002$].

Чіткіше проявляється лівопівкулеве переважання: встановлений значущий зв'язок між лівими бічним лобним і скроневим відведеннями.

При виконанні циклічних фазних рухів виявлена подальша синхронізація тета-ритму. Когерентний розподіл зв'язків між ділянками кори головного мозку носив більш генералізований характер порівняно з усіма попередніми тестовими ситуаціями. Підвищення тета-активності відзначене практично в усіх ділянках кори головного мозку. Збільшилася загальна кількість значущих когерентних зв'язків у передньо-лобних, задньо-лобних, центральних, тім'яних, скроневих ділянках. Зокрема, широка сітка когерентних взаємодій відзначена між задньо-лобними та центральними відведеннями, центральними та тім'яними.

Як і в усіх попередніх завданнях, високі зв'язки спостерігаються між симетричними задніми лобними, центральними, тім'яними ділянками обох півкуль із відповідними їм сагітальними відведеннями.

Виникнення значущих когерентних зв'язків між лівими бічною лобною та передньою скроневою [$r=0,56\pm 0,002$], передньою скроневою та задньою скроневою [$r=0,54\pm 0,003$] ділянками свідчить про деяке переважання лівопівкульової активації, що було вже нами зауважене при виконанні попередніх завдань.

Загалом, здійснення циклічних фазних рухів супроводжується подальшим генералізованим розподілом когерентних взаємодій практично по всьому «скальпу». Встановлено тенденцію до виділення лівопівкульового профілю латеральної асиметрії когерентних зв'язків. З ускладненням завдань дана тенденція посилюється.

Отже, тонічне напруження пальців кисті чоловіків супроводжувалося зниженням тісноти і поширення когерентних взаємодій у тета-діапазоні по всій корі головного мозку порівняно зі станом функціонального спокою.

При тонічному напруженні пальців кисті у досліджуваних встановлено найвищий рівень когерентних взаємодій у задньолобних, центральних і тім'яних ділянках кори головного мозку. Встановлено певну лівопівкульову перевагу когерентної активності кори головного мозку під час налаштування для виконання даного рухового завдання.

Реалізація циклічних фазних рухів кисті чоловіками характеризувалася зростанням рівня синхронізації тета-ритму в ділянках кори головного мозку та тісноти когерентних взаємодій між ними, порівняно зі станом функціонального спокою та тонічним напруженням. Дана закономірність більшою мірою відзначалася при виконанні рухових завдань порівняно зі станом ідеомоторної активності.

Встановлене широке охоплення когерентними зв'язками високого та значущого рівня часток кори головного мозку у лобних, центральних, тім'яних, потиличних зонах. Встановлено тенденцію до виділення лівопівкульового профілю латеральної асиметрії когерентних зв'язків при виконанні досліджуваними циклічних фазних рухів кисті.

1. Болдырева Г. Н., Жаворонкова Л. А., Шарова Е. В., Добронравова И. С. Межцентральные отношения ЭЭГ как отражение системной организации мозга человека в норме и патологии // Журн. высш. нервн. деят. 2003. Т. 53. № 4. С. 391–401.
2. Борисюк Р. М. Моделирование гиппокампального тета-ритма // Журн. высш. нервн. деят. 2004. Т. 54. № 1. С. 85–100.
3. Брагина Н. Н., Доброхотова Т. А. Левши. М.: Книга, 1994. 231 с.
4. Думенко В. Н. Функциональное значение высокочастотных компонентов электрической активности головного мозга в процессах формирования внутренних образов // Журн. высш. нервн. деят. 2002. Т. 52. № 5. С. 539–550.
5. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека: учебник для вузов. СПб: Питер, 2003. 384 с.
6. Ильюченко И. Р., Савостьянов А. Н., Валеев А. Н. Динамика спектральных характеристик тета- и альфа-диапазонов ЭЭГ при негативной эмоциональной реакции // Журн. высш. нервн. деят. 2001. Т. 51. № 5. С. 563–571.
7. Иоффе М. Е. Мозговые механизмы формирования новых движений при обучении: эволюция классических представлений // Журн. высш. нервн. деят. 2003. Т. 53. № 1. С. 5–21.
8. Кичигина В. Ф. Механизмы регуляции и функциональное значение тета-ритма: роль серотонической и норадренергической систем // Журн. высш. нервн. деят. 2004. Т. 54. № 1. С. 101–119.
9. Пономарев В. А., Кропотова О. В., Кропотов Ю. Д., Поляков Ю. И. Десинхронизация и синхронизация ЭЭГ подростков, вызванные стимулами, запускающими и запрещающими сенсомоторную реакцию // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 3. С. 5–12.

10. Соломатин В. Ф., Шуваев В. Т. Кроссинтервалограммы для анализа электрической активности мозга // Журн. высш. нервн. деят. 2005. Т. 55. № 5. С. 707–716.
11. Vinogradova O. S. Expression, control and probable functional significance of the neuronal theta-rythm // Progr. Neurobiol. 1995. Vol. 45. P. 523–583.

ELECTRIC ACTIVITY OF CORTEX IN TETA- RYTHM EEG IN THE CONDITIONS OF REALIZATION OF THIN MOTIVE ACTIVITY OF MAN

I. Kotsan, A. Morenko, T. Vladychko

*Lesya Ukrainka Volyn National University
13, Volya Ave., Lutsk 43000, Ukraine
e-mail: i-man@ukr.net*

In researches 30 healthy persons of sex of men took part by age 18–20 years. An electroencephalogram (EEG) was registered in the followings states: initial spacehold, tuning and realization of phase and tonic motions. Set the characteristic changes of EEG the method of coherent analysis in the range of teta-rythm at ideomotor activity and implementation of motive tasks. With complication of tasks there is distribution of coherent co-operations on all cortex, especially during realization of phase cyclic motions.

Key words: electroencephalogram, teta-rythm, ideomotor activity, tonic motions, cyclic phase motions.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ТЕТА-ДИАПАЗОНЕ ЭЭГ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ТОНКОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

И. Коцан, А. Моренко, Т. Владычко

*Волынский национальный университет имени Леси Украинки
пр. Воли, 13, Луцк 43000, Украина
e-mail: i-man@ukr.net*

В исследованиях приняли участие 30 здоровых лиц мужского пола в возрасте 18–20 лет. Электроэнцефалограмму регистрировали в следующих состояниях: исходное состояние покоя, настройки и осуществления фазных и тонических движений. Методом когерентного анализа устанавливали характерные изменения ЭЭГ в диапазоне тета-ритма при идеомоторной деятельности и выполнении двигательных задач. С усложнением задач наблюдалось распространение когерентных взаимодействий по всей коре головного мозга, особенно во время осуществления фазных циклических движений. Установлена тенденция к выделению левополушарного профиля латеральной асимметрии когерентных связей.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, тета-ритм, идеомоторная деятельность, тонические движения, циклические фазные движения.

Стаття надійшла до редколегії 12.01.09
Надійшла після доопрацювання 22.07.09
Прийнята до друку 29.07.09