

УДК 612.822.3+612.821-005

© А. Г. Моренко, Т. Я. Шевчук, Т. В. Владичко, О. С. Павлович, 2010.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В УМОВАХ ПРОГНОЗУВАННЯ РИТМІЧНОЇ МОТОРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ЧОЛОВІКІВ

А.Г. Моренко, Т.Я. Шевчук, Т.В. Владичко, О.С. Павлович

*Кафедра фізіології людини і тварин, лабораторія вікової нейрофізіології (завідувач кафедри - доктор біологічних наук, професор І. Я. Коцан),
Волинський національний університет імені Лесі Українки*

PECULIARITIES OF THE SPATIAL SYNCHRONIZATION OF ELECTRICAL ACTIVITY OF THE CEREBRAL CORTEX IN PREDICTING THE RHYTHMIC MOTOR ACTIVITY IN MEN

A.G. Morenko, T.Ya. Shevchuk, T.V. Vladychko, O.S. Pavlovych

SUMMARY

The study involved 30 healthy right-handed male and 17-21-years of age. EEG data were analyzed by the coherent analysis in theta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz) and beta- ranges (14-20 Hz) in a state of functional rest and in predicting of rhythmic movements of leading hands. Prediction of motor activity is accompanied by the proliferation of high coherent and meaningful interactions in the frontal, central and parietal structures of the cerebral cortex in all investigated ranges of the EEG. In the alpha and theta ranges is symmetrical occipital interaction. The increase of the values of coherence in all investigated ranges of the EEG, especially in the left hemisphere. In particular, in the range of alpha and beta EEG rhythms, this pattern was noted in the front and central areas, in the range of theta rhythm - in the central and posterior structures of the cerebral cortex.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИТМИЧЕСКОЙ МОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У МУЖЧИН

А.Г. Моренко, Т.Я. Шевчук, Т.В. Владичко, О.С. Павлович

РЕЗЮМЕ

В исследовании приняли участие 30 здоровых и праворуких юношей 17-21-летнего возраста. ЭЭГ-данные анализировали методом когерентного анализа в тета- (4-8 Гц), альфа- (8-13 Гц) и бета-диапазонах (14-20 Гц) в состоянии функционального покоя и в условиях прогнозирования ритмической движений кисти ведущей руки. Прогнозирование моторной деятельности сопровождается распространением высоких и значимых когерентных взаимодействий в лобных, центральных и теменных структурах коры головного мозга во всех исследуемых диапазонах ЭЭГ. В альфа- и тета-диапазонах также устанавливаются симметричные затылочные взаимодействия. Установлено увеличение значений когерентности во всех исследуемых диапазонах ЭЭГ, особенно в левом полушарии. В частности, в диапазоне альфа- и бета-ритмов ЭЭГ данная закономерность отмечена в передних и центральных участках, в диапазоне тета-ритма – в центральных и задних структурах коры головного мозга.

Ключові слова: електроенцефалограма, когерентний аналіз, прогнозування ритмічних рухів.

Усе більше місце серед сучасних уявлень про нервову регуляцію рухової поведінки людини займають питання програмування ритмічних маніпуляторних рухів [2, 3, 4, 6, 8]. Формування центральної моторної програми дозволяє не тільки здійснювати рухи, але й прогнозувати (подумки уявляти) їх майбутнє виконання [1, 2, 6]. Підґрунтям для такого прогнозування є ймовірнісний минулий досвід, що зберігається у пам'яті індивідуума. Сигнали, що надсилаються з центрів, здійснюють налаштування м'язової системи до наступного пускового сигналу [1, 7]. У зв'язку

з цим особливою актуальністю набуває з'ясування особливостей функціонування кори головного мозку за умов прогнозування майбутніх маніпуляторних рухів кисті. Завданням нашого дослідження є встановлення особливостей просторової синхронізації електричної активності кори головного мозку в умовах прогнозування ритмічних рухів кисті у чоловіків.

КОНТИНГЕНТ ТА МЕТОДИКА ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідженні взяли участь 30 чоловіків 17-21 річного віку. Усі були здоровими і праворукими за

самооцінкою та мануальними тестами. Усі піддослідні в експерименті брали участь добровільно.

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 півкуль головного мозку. Реєстрація здійснювалась монополярно з референтним вертекс-електродом. У функціональних пробах аналізувались 60-секундні відрізки часу. Епоха аналізу складала 500 мсек з 50% перекриттям. Під час експерименту досліджувані знаходились у звуко- і світлонепрониклій кімнаті. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовувалась процедура ІСА-аналізу. Кількісну оцінку ЕЕГ-даних мозку здійснювали методом когерентного аналізу. Значення функції когерентності (Ког) оцінювали за відповідним коефіцієнтом (r). До уваги брали значимі ($r=0,505-0,705$) і високі ($r=0,706$ до 1) коефіцієнти Ког. Значення Ког розраховували для усіх пар відведень в усіх тестових ситуаціях для частотних діапазонів тета- (4-8 Гц), альфа- (8-13 Гц) і бета-ритму (14-20 Гц).

ЕЕГ реєстрували у стані функціонального спокою та під час прогнозування ритмічних рухів кисті (налаштування до їх виконання) [1, 7]. Очі під час експерименту були закритими. Стан прогнозування ство-

рювали парою звукових сигналів. Вони мали тривалість до 10–20 мс, тон – 700 Гц, голосність – 50–60 дБ. Після першого сигналу досліджувані повинен був приготуватись до дії, після другого – здійснювати рухи. В якості ритмічних рухів використовували реципрокні координації (багаторазові стискання і розтискання кисті ведучої (правої) руки) з інтервалом у 500 мс. Електричну активність реєстрували між сигналами.

Отримані дані обробляли методами варіаційної статистики з використанням параметричного критерію (t -Стюдента). Значимими вважали результати при $p < 0,05$. З метою повноцінного аналізу значень Ког у корі головного мозку (КГМ) в умовах прогнозування рухової діяльності враховували достовірні зміни коефіцієнта Ког в усіх парах відведень. Під час статистичного аналізу даних використовували стандартні пакети програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

АНАЛІЗ ТА ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Високі когерентні взаємодії у півкулях кори головного мозку в альфа-діапазоні ЕЕГ у юнаків в умовах прогнозування ритмічних рухів кисті відмічені між симетричними задніми лобними, центральними і тім’яними частками, а також з відповідними їм сагітальними відведеннями (рис. 1).

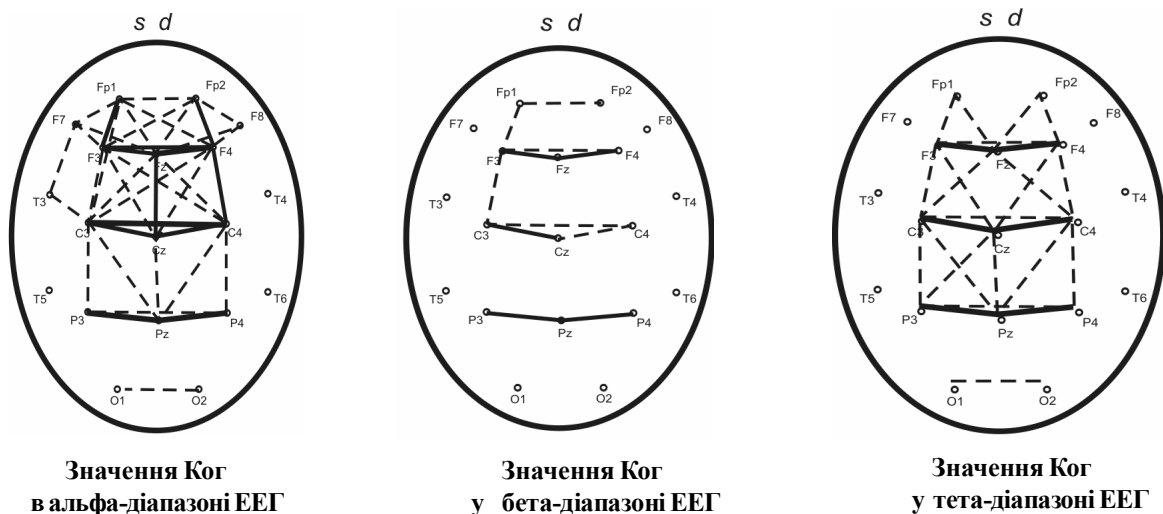


Рисунок 1. Значення когерентності в альфа-діапазоні ЕЕГ у чоловіків в умовах прогнозування ритмічних рухів кисті.

Умовні позначки до рис. 1:

----- значимі зв’язки ($r=0,505-0,705$), ——— високі зв’язки ($r=0,706-1,0$);

s – ліва півкуля, d – права півкуля.

F – лобні, С – центральні, Т – скроневі, Р – тім’яні, О – потиличні ділянки.

Значимі зв’язки – широко розповсюджені у півкулях КГМ. У лобно-центральному частках установлюється лівопівкулева перевага у їх локалізації. Реєструється значимий зв’язок між симетричними потиличними частками ($r=0,56 \pm 0,01$) (рис. 1). Порівняно зі станом функціонального спокою відмічається посилен-

ня значень Ког по всьому «скальпу», особливо у лобних, скроневих та центральних структурах КГМ ($p < 0,05$) (рис. 2). За умов прогнозування ритмічних рухів кисті встановлюються високі когерентні зв’язки в бета-діапазоні ЕЕГ між задніми лобними і сагітальною лобною часткою (зліва: $r=0,73 \pm 0,02$; справа:

ва: $r = 0,75 \pm 0,01$), між тім'яними і відповідним їм сагітальними відведеннями (зліва: $r = 0,75 \pm 0,01$; справа: $r = 0,71 \pm 0,03$), між лівою та сагітальною центральними частками ($r = 0,73 \pm 0,03$). Значимі когерентні взаємодії відмічаються між симетричними передніми і задніми лобними, центральними частками КГМ (рис. 1). Реєструються значимі лівопівкульні зв'язки між передньою і задньою лобними ($r = 0,51 \pm 0,02$), а також

між задньою лобною та центральною частками ($r = 0,54 \pm 0,03$), $p < 0,05$. Стан, пов'язаний з прогнозуванням ритмічних рухів, супроводжується зростанням значень Ког у лобних структурах, а також між передньою лобною та центральною частками в правій півкулі та між передньою лобною та задньою скроневою частками у лівій півкулі КГМ, порівняно зі станом функціонального спокою ($p < 0,05$) (рис. 2).

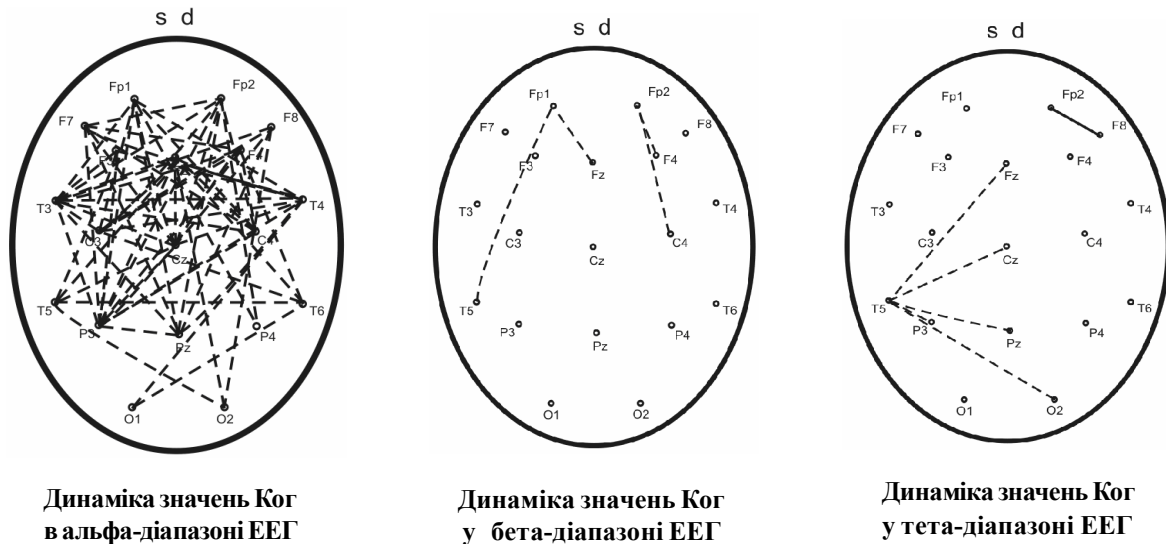


Рисунок 2. Динаміка значень Ког у півкулях кори головного мозку в альфа-, бета- і тета-діапазонах ЕЕГ у чоловіків в умовах прогнозування ритмічних рухів кисті, порівняно зі станом функціонального спокою.

Умовні позначки до рис. 2:

s – ліва півкуля, d – права півкуля.

F – лобні, С – центральні, Т – скроневі, Р – тім'яні, О – потиличні ділянки.

достовірно вищі значення Ког під час функціонального спокою ($p \leq 0,05$);

достовірно вищі значення Ког під час прогнозування ритмічних рухів кисті ($p \leq 0,05$).

Прогнозування ритмічних рухів кисті супроводжується зростанням значень Ког в тета-діапазоні ЕЕГ у лівій півкулі між задньою скроневою і сагітальними лобною, центральною, тім'яною, а такою лівою тім'яною і правою потиличною частками КГМ, порівняно з референтним станом ($p \leq 0,05$) (рис. 2). Реєструється значимий зв'язок між симетричними потиличними частками ($r = 0,57 \pm 0,04$) (рис. 1). Разом з тим, відмічено зниження рівня когерентних взаємодій між лобними частками, особливо у правій півкулі, $p \leq 0,05$.

Таким чином, результати нашого дослідження вказують, що прогнозування чоловіками ритмічної рухової діяльності кисті призводить до певних змін внутрікоркової взаємодії, порівняно зі станом функціонального спокою. Це проявляється у збільшенні значень Ког у лобних, центральних та тім'яних структурах обох півкуль, порівняно зі станом спокою в усіх досліджуваних діапазонах ЕЕГ. Подібна локалізація високих та значних когерентних взаємодій, на нашу думку, свідчить про певний характер функціональних об'єднань у корі великих півкуль головного мозку

при забезпеченні даної діяльності [5, 6]. У альфа- і тета-діапазонах також встановлюються симетричні потиличні взаємодії. Одже, потиличні частки поряд з іншими структурами КГМ беруть участь у мисленому уявленні зорового образу майбутніх рухів в ситуації їх прогнозування. Це також може бути обгрунтовано існуванням міцного зв'язку правої руки (нею у подальшому прогнозувалось виконувати рухи) із зоровою аферентною системою, що склалася в процесі індивідуального досвіду організації рухів у правої руки [8].

Зростання рівня просторової синхронізації в усіх досліджуваних діапазонах ЕЕГ, встановлене у нашому дослідженні, можливо є наслідком того, що при прогнозуванні ритмічної рухової діяльності утворена центральна програма ще не має активного моторного виходу. Так, на думку Костандова, Черемушкіна, Козлова [4] синхронізація альфа-ритму в ситуації передстимульної установки відображає процеси гальмування, що відіграють важливу координуючу роль у зміні старих установок на нові, більш адекватні ситуації, що змінилась. Зростання синхронізації тета-

ритму за подібних умов, на думку авторів [4], може бути показником процесів інтеграції гіпокампа-льних і коркових нейронів, які створюють основу для образної рухової пам'яті (мислене уявлення рухових дій на основі минулого досвіду) і забезпечують гнучку адаптацію до динамічних обставин середовища.

Варто відмітити також певну контрлатеральність просторової синхронізації електричної активності КГМ – значення функції Коґ переважали у лівій півкулі в усіх досліджуваних діапазонах ЕЕґ. Зокрема, в діапазоні альфа- і бета-ритмів ЕЕґ дана закономірність відмічена у передніх асоціативних ділянках, в діапазоні тета-ритму – у задньо-асоціативних структурах КГМ. Результати нашого дослідження узгоджуються з даними Фарбер, Анісімової [8] про переважну роль лівої півкулі у процесах центрального програмування довільних рухів як правою, так і лівою рукою.

ВИСНОВКИ

1. Прогнозування чоловіками ритмічної рухової діяльності кисті супроводжується поширенням високих і значимих когерентних взаємодій у лобних, центральних та тім'яних структурах КГМ в усіх досліджуваних діапазонах ЕЕґ.

2. Встановлено зростання рівня когерентної взаємодії в діапазоні альфа- і бета-ритмів ЕЕґ у передніх асоціативних ділянках лівої півкулі КГМ під час прогнозування юнаками ритмічної рухової діяльності кисті, порівняно зі станом функціонального спокою.

3. Встановлено зростання рівня когерентної взаємодії в діапазоні тета-ритму ЕЕґ у задніх асоціативних ділянках лівої півкулі КГМ під час прогнозування чоловіками ритмічної рухової діяльності кисті, порівняно зі станом функціонального спокою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека. Учебник для вузов. / Е. П. Ильин – Спб.: Питер, 2003. – 384 с.
2. Костандов Э. А. Вызванная синхронизация/десинхронизация корковой электрической активности на лицевые стимулы при формировании установки на эмоционально-отрицательное выражение. / Э.А. Костандов, Е. А. Черемушкина, М. К. Козлов // Физиология высшей нервной деятельности человека, 2009. – Т. 59. - № 2. – С. 144 - 154.
3. Коцан І. Я. Особливості просторової організації біоелектричної активності кори головного мозку в бета-діапазоні ЕЕґ під впливом рухів кисті в юнацькому віці. / І. Я. Коцан, А. Г. Моренко, Т. В. Владичко // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Серія «Біологічні науки» - Луцьк: РВВ “Вежа” Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2009. – № 9. – С. 50-56.
4. Файгенберг И. М. Быстрота моторной реакции и вероятностное прогнозирование. / И. М. Файгенберг // Физиология человека, 2008. – Т. 34 – № 5. – С. 51-62.
5. Фарбер Д. А. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект. / Д. А. Фарбер, И. О. Анисимова // Физиология человека, 2000. – Т. 26. – № 5. – С. 35-43.