

# ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МІЖПІВКУЛЬОВОЇ АСИМЕТРІЇ МОЗКУ ЯК ВІДНОШЕНЬ АМПЛІТУД РИТМІВ ЕЛЕКТРОКОРТИКОГРАМИ

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова

Зважаючи на те, що функціональна міжпівкульова асиметрія (ФМПА) сьогодні розглядається як одна з фундаментальних закономірностей діяльності мозку людини і тварин [1–5], розробка її теоретичного підґрунтя і практичних методів дослідження служить меті оцінювання функціонального стану мозку та індивідуально-психологічних особливостей.

Дослідження ФМПА електрокортикограми (ЕКоГ) найчастіше здійснюється за допомогою тих чи інших її показників (амплітуда, частота, потужність ритмів ЕКоГ) лівої та правої півкуль, тому ФМПА вважається позасистемною категорією. Розглядаючи її як системну категорію, тобто як об'єкт, в якому реалізуються якісь властивості, що перебувають у заздалегідь заданому відношенні [6], потрібно вивчити відмінності відношення компонентів лівої та правої півкуль, оскільки самі компоненти вже задані результатами аналізу ЕКоГ (ліва і права півкуля, показники ритмів ЕКоГ). Для розв'язання поставленого завдання, як правило, використовують класичні методи математичної статистики: множинний регресійний і кореляційний методи аналізу [7].

Основні завдання системного підходу — розробка методів аналізу та синтезу об'єктів, опис їх цілісних характеристик внаслідок уявлення досліджуваних і сконструйованих об'єктів як цілеспрямова-

них систем. Системний підхід базується на вивченні властивостей цілого як цілого. Можливим шляхом синтезу об'єктів багатовимірною дослідження є геометрична інтерпретація рівнянь множинної лінійної регресії за допомогою поліциклічних мультиграфів [8] — математичної мови для формалізованого визначення понять, пов'язаних з аналізом і синтезом структур систем і процесів з метою їх подальшого структурного аналізу.

Метою нашого дослідження є вивчення відношень, що формуються між амплітудами ритмів ЕКоГ лівої та правої півкуль, за допомогою множинної лінійної регресії та поліциклічних мультиграфів.

## Матеріали та методи дослідження

Досліджували ЕКоГ у трьох групах білих щурів лінії Вістар масою 230–270 г (усього 15 особин).

Під нембуталовим наркозом (40,0 мг/кг, внутрішньочеревинно) імплантували електроди у фронтальні та окципітальні відділи кори головного мозку білатерально. Записували ЕКоГ на твердий диск міні-ЕОМ за допомогою аналогово-цифрового перетворювача при частоті дискретизації 256 за 1 с на персональній ЕОМ типу IBM протягом 30 хв безупинно. Реєстрували ЕКоГ у таких відведеннях: 1) фронтальна кора — потилична кора ліворуч; 2) фронтальна кора — потилична кора праворуч;

3) фронтальна кора ліворуч — фронтальна кора праворуч; 4) потилична кора ліворуч — потилична кора праворуч при постійній часу 0,3–1,0 с. Аналіз файлів ЕКоГ здійснювався після закінчення досліджень за допомогою програми "Analyst-2" за алгоритмом півперіодного аналізу.

Виділяли 5 фізіологічних ритмів: бета-1, бета-2, альфа, тета і дельта. За кожним із діапазонів визначали такі параметри: 1) амплітуда, мкВ; 2) частота, Гц; 3) індекс — час у відсотках вираженості хвиль бета-1-, бета-2-, альфа-, тета- і дельта-діапазонів.

Аналіз ЕКоГ-файлів проводили з інтервалом 30 с. Здійснювали статистичну обробку розрахункових 30-секундних інтервалів аналізу за групою досліджень з інтервалом 5 хв. Обчислювали середні величини показників ЕКоГ, визначені на 5, 10, 15, 20, 25 і 30-й хвилини спостереження. Розраховували середні величини, стандартне (середнє квадратичне) відхилення, похибку середньої величини.

Формування математичних моделей ЕКоГ здійснювали за допомогою множинної лінійної регресії та кореляції [7]. Рівні статистичної значущості були прийняті в межах  $P < 0,05$  і  $P < 0,1$ .

Для формування математичних моделей кожний із показників множини, обраних для аналізу амплітуд ЕКоГ, розглядали як цільову ознаку (множини  $Y$ ), інші показники —



як змінні впливу (множини X) і методом множинної лінійної регресії визначали орієнтовні впливи. Через те, що розмірності досліджуваних показників мали істотні відмінності, застосовували нормалізацію за сигмальним відхиленням. Внаслідок здійсненої процедури одержували рівняння множинної лінійної регресії виду

$$Y' = a_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots + \dots + b_nX_n + e \dots,$$

де  $a_0$  — вільний член;  $b_1, b_2 \dots b_n$  — коефіцієнти регресії, що відбивають ступінь впливу на аналізований показник інших елементів множини  $X_1, X_2, \dots, X_n$  показників.

Адекватність коефіцієнтів регресії оцінювалася за допомогою сигмальних відхилень коефіцієнтів регресії, а ефективність регресії в цілому — за допомогою обчислення коефіцієнта множинної кореляції. Геометрично рівняння множинної лінійної регресії інтер-

претувалися за допомогою поліциклічних мультиграфів [8].

Коефіцієнти ФМПА амплітуди ритмів ЕКОГ визначали за формулою

$$Y_{ac} = (Л-П) / (Л+П) \cdot 100,$$

де Л — показник лівої півкулі; П — показник правої півкулі.

Таким чином, позитивні величини означали переважання лівої півкулі, негативні — правої.

Похибки коефіцієнтів ФМПА обчислювали за формулою

$$m_{yac} = Y_{ac} \cdot ((mл/Мл)^2 + (mп/Мп)^2)^{1/2},$$

де  $m_{yac}$  — похибка коефіцієнта ФМПА;  $Y_{ac}$  — коефіцієнт міжпівкульової асиметрії;  $mл$  — похибка показника лівої півкулі;  $Мл$  — показник лівої півкулі;  $mп$  — похибка показника правої півкулі;  $Мп$  — показник правої півкулі.

Для аналізу статистичної вірогідності коефіцієнтів між-

півкульової асиметрії використовували критерій Стьюдента.

### Результати дослідження та їх обговорення

У 1-й групі щурів коефіцієнти ФМПА амплітуди бета-1, альфа-, тета- і дельта-ритмів ЕКОГ у середньому за 30-хвилинний період спостереження були негативними в межах від  $(-0,25 \pm 0,55)$  до  $(-3,39 \pm 0,65)$  %, а бета-2-ритму — позитивними  $(6,23 \pm 1,11)$  %. Коефіцієнти ФМПА бета-2-, альфа-, тета- та дельта-ритмів ЕКОГ були статистично значущі, а бета-1-ритму — незначущі (рис. 1).

У 2-й групі щурів коефіцієнти ФМПА амплітуди ритмів ЕКОГ у середньому за 30-хвилинний період спостереження (див. рис. 1) становили від  $(-0,87 \pm 2,01)$  до  $(0,93 \pm 1,78)$  %. Усі коефіцієнти ФМПА цієї групи досліджень були статистично незначущими.

У 3-й групі щурів у середньому за 30-хвилинний період спостереження амплітуда бета-2- і дельта-ритмів була латералізована в ліву півкулю — коефіцієнти ФМПА амплітуди становили  $(3,70 \pm 2,36)$  і  $(4,27 \pm 0,77)$  % відповідно, а бета-1-, альфа- і тета-ритмів — у праву, коефіцієнти ФМПА амплітуди дорівнювали  $(-3,94 \pm 1,47)$ ,  $(-3,72 \pm 1,46)$  і  $(-0,92 \pm 0,53)$  % відповідно (див. рис. 1). Коефіцієнти ФМПА бета-1-, альфа- та дельта-ритмів були статистично значущі, бета-2- та тета-ритмів — статистично незначущі.

Методами множинної лінійної регресії та кореляції вивчали відношення, які формувалися між ритмами ЕКОГ. Отримані рівняння множинної лінійної регресії геометрично інтерпретували у вигляді поліциклічних мультиграфів (рис. 2).

При структурному аналізі поліциклічних мультиграфів у 1-й групі (рис. 2, а) в лівій півкулі виявлялося 9 зв'язків-

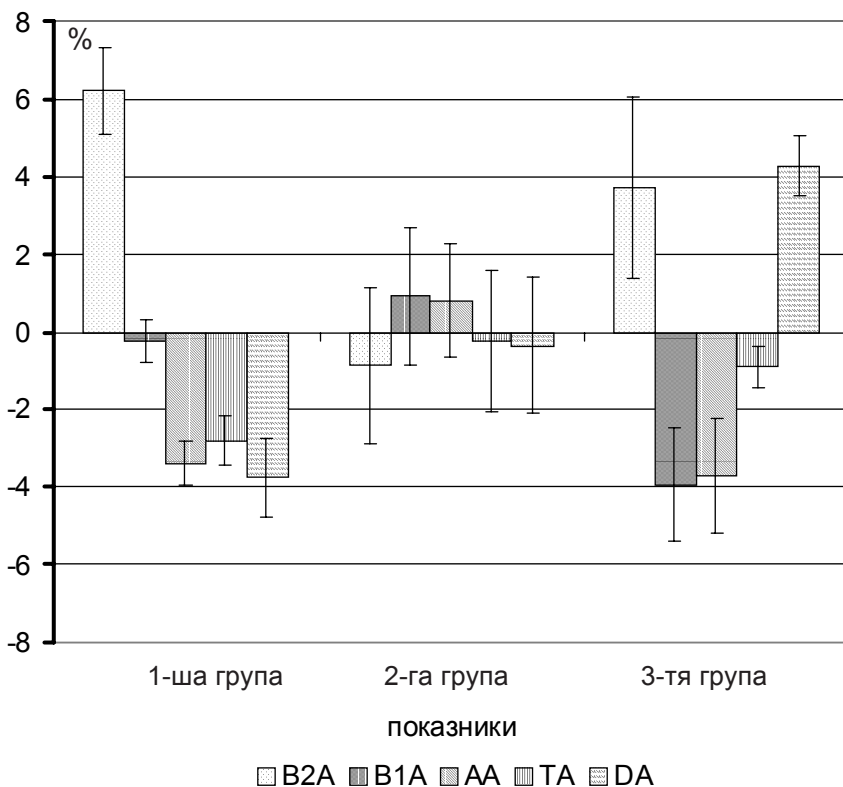


Рис. 1. Показники міжпівкульової асиметрії ритмів ЕКОГ щурів у досліджуваних групах.

B2A — бета-2-ритм, B1A — бета-1-ритм, AA — альфа-ритм, TA — тета-ритм, DA — дельта-ритм.



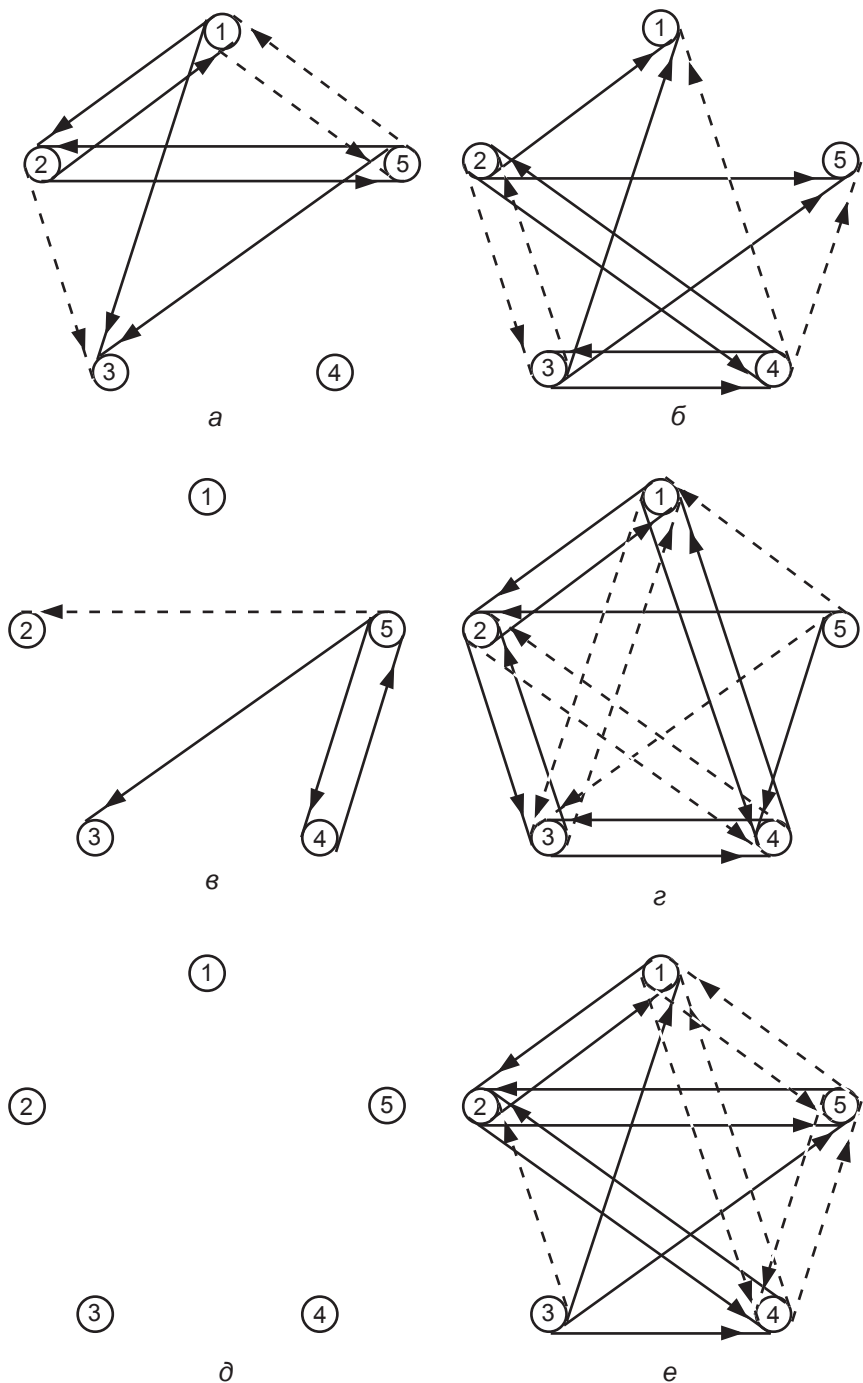


Рис. 2. Поліциклічні мультиграфи, які відображують взаємні орієнтовані впливи між показниками амплітуд ритмів ЕКоГ.

Зв'язки-відношення: а і б — ліві і праві півкулі мозку (1-ша група); в і г — ліві і праві півкулі мозку (2-га група); д і е — ліві і праві півкулі мозку (3-тя група).

Вузли графів: 1 — бета-2-ритм, 2 — бета-1-ритм, 3 — альфа-ритм, 4 — тета-ритм, 5 — дельта-ритм. Суцільні лінії — позитивні впливи, перервані — негативні впливи.

відношень між амплітудами ритмів ЕКоГ, з них — 6 позитивних і 3 — негативних. У правій півкулі (рис. 2, б) виявлялося 12 зв'язків-відношень, із них 8 — позитивних і 4 — негативних. У 2-й групі в лівій (рис. 2, в) півкулі виявилось 4

зв'язки-відношення, з них позитивних — 3 і негативних — 1. У правій півкулі (рис. 2, г) у щурів 2-ї групи виявилось усього 16 зв'язків-відношень, з них — 10 позитивних і 6 — негативних. У 3-й групі в лівій півкулі (рис. 2, д) зв'язків-

відношень не виявилось, а в правій (рис. 2, е) визначалося усього 16 зв'язків-відношень, із них — 9 позитивних і 7 — негативних.

Усього в лівих півкулях у трьох групах щурів визначалося 13 зв'язків-відношень, із них — 9 позитивних і 4 — негативних. У правих півкулях усього визначалося 44 зв'язки-відношення, з них — 27 позитивних і 17 — негативних. Слід зазначити, що в правих півкулях визначалося більше ніж утричі зв'язків-відношень, ніж у лівих.

Таким чином, за допомогою множинного регресійного аналізу вдалося виявити відношення, які формувалися в корі головного мозку щурів між множиною показників амплітуди ЕКоГ. Це, у свою чергу, дозволяє розглядати ЕКоГ як системно організований феномен, «комплекс взаємодіючих компонентів» або як «сукупність елементів, що знаходяться у певних відношеннях один з одним та з довкіллям» [9]. Дослідження показали, що кора головного мозку поряд із властивостями фільтра має властивості автогенератора, а розподільний характер джерела альфа-ритму дозволив висунути гіпотезу про безліч дискретних джерел-«альфонів» [10; 11].

Можна припустити наявність у корі головного мозку гіпотетичних генераторів бета-2-, бета-1-, альфа-, тета- і дельта-ритмів. Виявлені позитивні та негативні зв'язки-відношення між амплітудами ритмів ЕКоГ можуть свідчити про наявність у межах множини гіпотетичних генераторів ритмів механізмів керування [12], що формують організацію ЕКоГ.

Структурний аналіз поліциклічних мультиграфів дозволив виявити асиметрію відношення амплітуд ритмів ЕКоГ лівої та правої півкуль. Особливо



слід наголосити, що асиметрія зв'язків-відношень виявлялася в усіх трьох досліджуваних групах, що дозволяє розглядати це як властивість ЕКоГ-організації.

Зазначмо, що використання загальноприйнятих коефіцієнтів ФМПА ЕКоГ не дає такої чіткої можливості розрізнення лівої та правої півкуль у щурів.

Можна припустити, що дослідження відношень показників ЕКоГ півкуль може служити для оцінювання функціонального стану мозку та індивідуально-психологічних особливостей.

### Висновки

1. Виявлення за допомогою методу множинної лінійної регресії відношень між множинами амплітуд ритмів є новим підходом, який свідчить про те, що ЕКоГ є системно організованим феноменом. Це, в свою чергу, дозволяє візуалізувати ЕКоГ як системно орієнтований феномен у вигляді поліциклічних мультиграфів.

2. Структурний аналіз поліциклічних мультиграфів, що описують відношення між амплітудами ритмів ЕКоГ лівої та правої півкуль, допомагає виявити асиметрію амплітуд ритмів ЕКоГ між лівою та правою півкулями мозку, що в свою чергу також надає можливість уявити ФМПА як системно організований феномен.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Буанки В. Л. Обзор: латеральная специализация мозга животных // Физиол. журнал. — 1980. — Т. 66, № 11. — С. 1593-1697.
2. Брагина Н. Н., Доброхотова Т. А. Функциональные асимметрии мозга человека. — М.: Медицина, 1981. — 288 с.
3. Русалова М. Н. Функциональная асимметрия мозга и амплитуда альфа-ритма // Журн. высш. нервн. деятельности. — 1998. — Т. 48, № 3. — С. 391-394.
4. Physiologica1 studies of the corticomotor projection to the hand after subcortical stroke / M. L. Byrnes, G. W. Thickbroom, B. A. Phillips et al. // Clin. Neurophys. — 1999. — Vol. 110. — P. 487-498.
5. Hemispheric asymmetries of cortico-cortical connection on human

hand motor areas / С. Civardi, A. Cavalli, P. Nardi et al. // Clin. neurophys. — 2000. — Vol. 111. — P. 624-629.

6. Уёмов А. И., Сараева И., Цофнас А. А. Общая теория систем для гуманитариев. — Wydawnictwo Universitas Rediviva, 2001. — 276 с.

7. Мангейм Дж. Б., Рич Р. К. Политология. Методы исследования: Пер. с англ. / Предисл. А. К. Соколова. — М.: Весь мир, 1997. — 54 с.

8. Евстигнеев В. А., Касьянов В. Н. Теория графов. Алгоритмы обработки деревьев. — Новосибирск: Наука, 1994. — 360 с.

9. Bertalanffy L. Von. General theory of system application to psychology // Soc. Sci. Inform. Sci. Soc. — 1967. — N 6. — P. 126-136.

10. Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities / M. Steriade, P. Gloor, R. R. Llinas et al. // Electroenceph. clin. Neurophys. — 1990. — Vol. 76. — P. 481-508.

11. Michel C. M., Kaufman L., Williamson S. J. Duration of EEG and MEG alpha suppression increases with the angle in a mental rotation task // J. of Cognitive Neuroscience. — 1994. — Vol. 6, N 2. — P. 139-150.

12. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. — 512 с.

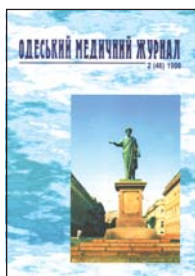
Передплачуйте і  
читайте

## ОДЕСЬКИЙ МЕДИЧНИЙ ЖУРНАЛ

Передплата приймається у будь-якому передплатному пункті

У випусках журналу:

- ◆ Теорія і експеримент
- ◆ Клінічна практика
- ◆ Профілактика, реабілітація, валеологія
- ◆ Нові технології
- ◆ Огляди, рецензії, дискусії



Ціна передплати на півріччя (три номери):

- для підприємств та організацій — 60 грн;
- для індивідуальних передплатників — 30 грн.

Передплатні індекси:

- для підприємств та організацій — 48717;
- для індивідуальних передплатників — 48405.

