

УДК 612.82:159.9

С. Є. Швайко – кандидат біологічних наук, професор кафедри фізіології людини і тварин Волинського національного університету імені Лесі Українки;
О. А. Мельничук – магістр кафедри фізіології людини і тварин Волинського національного університету імені Лесі Українки;
О. Ю. Пахолюк – методист денної форми навчання Волинського національного університету імені Лесі Українки

Особливості внутрішньопівкулевої та міжпівкулевої синхронізації альфа- та тета-хвиль у підлітків за умов складної розумової діяльності

Роботу виконано у лабораторії вікової нейрофізіології кафедри фізіології людини і тварин ВНУ ім. Лесі Українки

Проведено дослідження ЕЕГ 60 осіб 13–14 років. За допомогою когерентного аналізу виявлено, що розплющування очей призводить до десинхронізації альфа-ритму в задньоасоціативних ділянках кори та послаблення синхронних процесів у лобових ділянках у тета-діапазоні. Під час абстрактно-логічного мислення простежено менше когерентних зв'язків, ніж під час наочно-просторового мислення в альфа- й тета-діапазонах.

Ключові слова: когнітивна діяльність, активність кори, альфа-ритм, тета-ритм ЕЕГ, когерентність.

Швайко С. Е., Мельничук О. А., Пахолюк О. Ю. Особенности внутриполушарной и межполушарной синхронизации альфа- и тета-волн при сложной умственной деятельности у подростков. Проведено исследование ЭЭГ 60 лиц 13–14 лет. С использованием когерентного анализа показано, что открывание глаз приводит к десинхронизации альфа-ритма в заднеассоциативных участках коры и ослабления синхронных процессов в лобных участках в тета-диапазоне. Во время абстрактно-логического мышления наблюдаются меньше когерентных связей, чем при наглядно-образном мышлении в альфа- и тета-диапазонах.

Ключевые слова: когнитивная деятельность, активность коры, альфа-ритм, тета-ритм ЭЭГ, когерентность.

Shvaiko S. E., Melnychuk O. A., Paholuk O. J. Features of Inter-Hemisphere and Intra-Hemisphere Synchronization Alpha- and Theta Waves of Teenagers Under Circumstances of Difficult Intellection. The EEG research was held in 60 males, 13–14 years. With the use of coherent analysis, it was shown that eyes opening resulted

desynchronization in alpha-diapason in frontal parts and reduction of synchronous processes in frontal parts in theta diapason. During abstractly-logical thought there are less coherent connections than at evidently-spatial thought in alpha-, and theta diapasons.

Key words: cognitive activity, cortex activity, alpha-rhythm, theta-rhythm EEG, coherence.

Постановка наукової проблеми та її значення. Сучасне вивчення міжпівкулевих та внутрішньопівкулевих взаємодій кори головного мозку під час когнітивної діяльності тісно пов'язане із розробкою та впровадженням нових наукових методик. Ці методики ґрунтуються на синтезі нейрофізіологічних уявлень про функціональну організацію півкуль головного мозку, зумовлену складністю мислительних процесів [4].

Такий підхід дає змогу виявити тонкі мозкові процеси, пов'язані з реакцією мозку на різні подразники, у тому числі й когнітивні. Зокрема, останнім часом усе частіше використано когерентний аналіз хвиль ЕЕГ, який указує на синхронну діяльність певних ділянок кори [2; 3; 4].

Мета дослідження – вивчення просторової синхронізації ділянок кори в альфа- та тета-діапазонах у стані функціонального спокою, готовності до дії й складної розумової діяльності.

Методика. Досліджено когерентні зв'язки в альфа- та тета-діапазоні. У дослідженнях узяли участь 60 осіб чоловічої й жіночої статі віком 13–14 років. Усі були здоровими, за даними психоневрологічного, соматичного обстеження, праворукі за самооцінкою та мануальними тестами.

Для вивчення електричної активності мозку використано систему комп'ютерної електроенцефалографії.

Біоелектричну активність кори головного мозку досліджували за допомогою апаратнопрограмного комплексу «НейроКом» (Харків).

Під час запису ЕЕГ активні електроди розміщено за міжнародною системою 10–20 % у дев'ятнадцяти точках на скальпі мозку (рис. 1). Реєстрацію здійснено монополярно, як референтні використано вушні електроди A1 і A2, з метою покращення якості запису використано додаткові референтні електроди N (nasion) і Ref (встановлюється в лобовій ділянці голови). Для відстеження функціонального стану та реакції обстежуваного на стимули, застосовано систему відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. Реєструвалися 60 с інтервали ЕЕГ. Під час проведення Фур'є-реалізації епоха аналізу становила 500 мс з 50 % перекриттям. Частота дискретизації каналового сигналу складала 2 мс. Вхідний опір для синфазного сигналу становив більше 100 МОм. Фільтри високих частот установлювалися на 50 Гц, низьких – 0,1 Гц. Напруга внутрішніх шумів, приведена до входу, не перевищувала 0,8 мкВ. Стала часу перехідного процесу становила не менше 0,3 с. Опір електродів – близько 100 кОм. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували процедуру ІСА-аналізу. У подальшому проводили фільтрацію ІСА-компонент з артефактним сигналом і композицією неартефактних ІСА-компонент у результуючу ЕЕГ. Під час фільтрації артефактів із ЕЕГ видалено не більше п'яти (артефактних) ІСА-компонентів. Під час експерименту досліджувані перебували у звуко- й світло-непроникній камері, у зручній позі (напівлежачи).

Електричну активність зареєстровано в таких тестових ситуаціях:

- 1) у стані функціонального спокою (фон) із заплющеними очима;
- 2) у стані спокою з розплющеними очима;
- 3) вербальний тест: як вербальний тест подано 10 завдань, у кожному із них запропоновано досліджуваному приклад двох слів, між якими існує логічний зв'язок. Потрібно за аналогією підібрати правильну відповідь із запропонованих п'яти слів, у яких теж існує логічний зв'язок;
- 4) просторовий тест: у ролі просторового тесту досліджуваному запропоновано виконати 10 завдань. У кожному із них подано п'ять фігур, серед яких потрібно знайти зайву.

Просторову організацію електричної активності кори великих півкуль головного мозку визначали за допомогою методу когерентного аналізу. Ця методика вказує на фазові співвідношення, синхронність або асинхронність біопотенціалів між частками кори головного мозку. Показники когерентності варіюють у межах від 0 до +1. Значення когерентності, наближені до 0, свідчать про неузгодженість діяльності структур головного мозку, що досліджуються. І, навпаки, якщо когерентність ближча до +1, то це вказує на синхронну взаємодію часток кори головного мозку. У частотному спектрі ЕЕГ досліджували альфа- та тета-діапазони, визначали значимі (0,51–0,70) й високі (0,71 \geq 1) показники когерентності.

Отримані дані упорядковано методами варіаційної статистики з використанням параметричних – (t-Стюдента) та непараметричних – (Уїтні-Вілкоксона) показників ЕЕГ, порівнюючи середні величини. Під час статистичного аналізу даних використано стандартні пакети програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

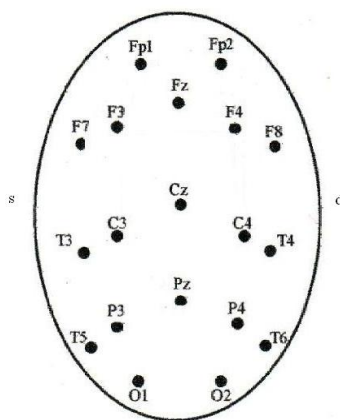


Рис. 1. Схема розміщення електродів під час реєстрації електроенцефалограми (19 відведень):

s – ліва півкуля; d – права півкуля, F1, F2 – передньолобові (префронтальні); F3, F4, Fz – задньолобові (премоторні); F7, F8 – бічні лобові; C3, C4, Cz – центральні; T3, T4 – передньоскроневі; T5, T6 – задньоскроневі; P3, P4, Pz – тім'яні; O1, O2 – потиличні відведення

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Просторовий розподіл когерентних зв'язків у альфа-діапазоні за різних умов стимуляції показав, що в стані спокою із заплющеними очима виявлено досить сильні когерентні міжпівкулеві та внутрішньопівкулеві зв'язки між лобовими й центральними ділянками кори з переважанням правої півкулі.

Високі когерентні зв'язки в альфа-діапазоні зазначено і в тім'яних частках правої та лівої півкуль (рис. 2а).

Розплющування очей призвело до зменшення симетричних міжпівкулевих зв'язків у передньолобових та центральних ділянках кори. У правій півкулі з'являється високий когерентний зв'язок між задньолобовою й сагітальною лобовою ділянками. У тім'яних частках зберігається висока когерентність (рис. 2б).

Під час виконання складної розумової діяльності з вербальним компонентом в альфа-діапазоні, кількість значущих когерентних зв'язків між лобовими та центральними ділянками різко знижується. У межах лівої півкулі високі когерентні зв'язки простежено між задньолобовою й фронтальною сагітальною, центральною та центральною сагітальною, тім'яною та сагітальною тім'яною ділянками кори. У межах правої півкулі високі когерентні зв'язки зосереджено в лобових та тім'яних ділянках (рис. 2в).

Вербальні завдання виконано з активним залученням задньолобових, центральних і тім'яних структур у межах кожної півкулі в альфа-діапазоні у підлітковому віці з перевагою лівої півкулі.

Виконання просторового завдання знижує синхронність лівопівкулевих структур (центральної ділянки), проте активує діяльність правопівкулевої лобової частки (Fp2— F4) (рис. 2г).

Розглянувши розподіл когерентних зв'язків у тета-діапазоні під час складної розумової діяльності у підлітків, зазначаємо, що в стані спокою із заплющеними очима середні та високі когерентні зв'язки спостерігаються в лобових, центральних і тім'яних ділянках кори. Ці зв'язки були як симетричні міжпівкулеві (F3–F4, C3–C4, P3–P4), так і внутрішньопівкулеві (Fp1–F3, Fp2–F4, F3–Fz, F4–Fz). Більш синхронні зв'язки простежено в правій півкулі (рис. 3а).

Розплющування очей призвело до підсилення синхронних процесів у тета-діапазоні в передньолобових ділянках та в межах півкуль між центральними й сагітальними лобовими відведеннями. Послабилися синхронні процеси між тім'яними та центральними ділянками (рис. 3б).

Під час складної розумової діяльності з вербальним компонентом зникає симетричний міжпівкулеві зв'язок у передньолобових асоціативних ділянках. Зменшуються синхронні процеси в тета-

діапазоні в правій півкулі, проте в лівій лобовій ділянці середній когерентний зв'язок стає більш щільним (F3–Fz), порівняно із розплющеними очима (рис. 3в).

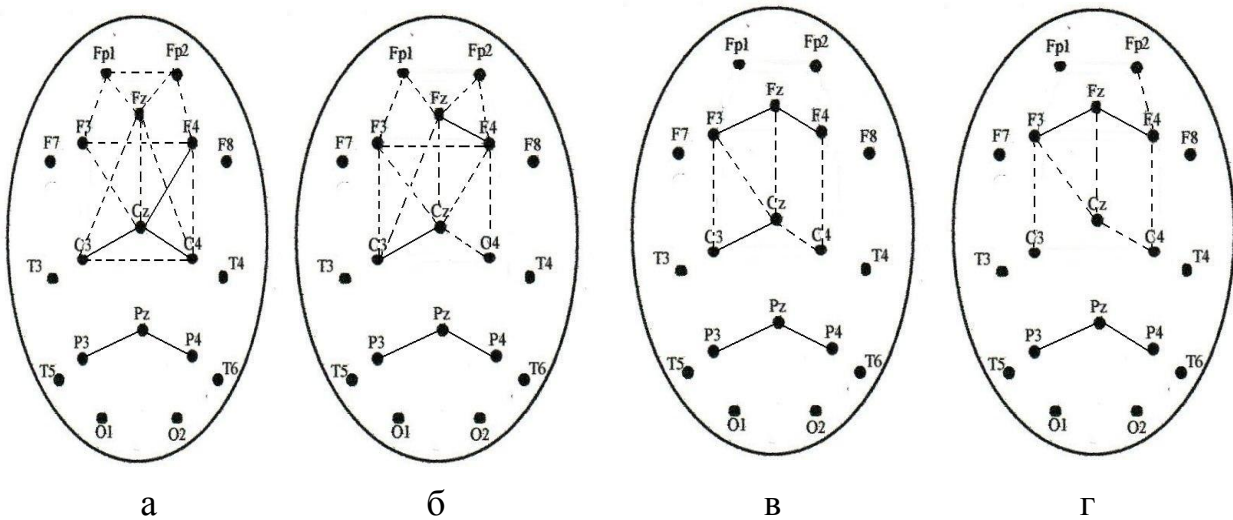


Рис. 2. Розподіл когерентних зв'язків у альфа-діапазоні за різних умов стимуляції
Примітка: а – заплющені очі; б – розплющені очі; в – вербальний тест; г – просторовий тест

Під час складної розумової діяльності з просторовим компонентом у підлітків у тета-діапазоні кількість когерентних зв'язків зростає як у лобових, так і в центральних ділянках кори. Більш синхронні процеси спостерігаються в правій півкулі кори (рис. 3г).

Отже, за умов когнітивної діяльності з вербальним компонентом у підлітковому віці більш активна ліва півкуля, а з просторовим компонентом —права.

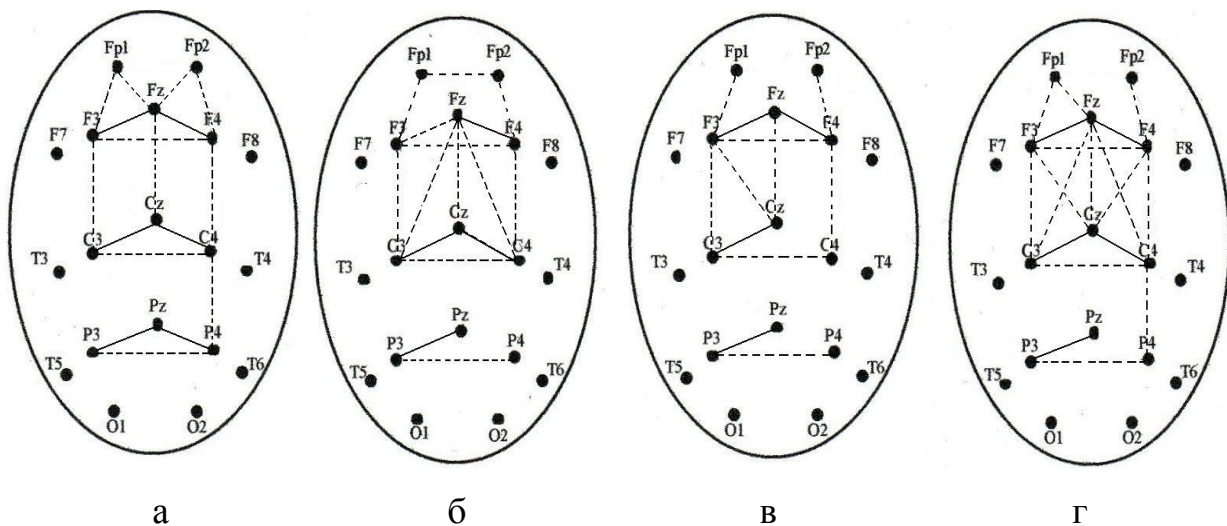


Рис. 3. Розподіл когерентних зв'язків у тета-діапазоні за різних умов стимуляції
Примітка: а – заплющені очі; б – розплющені очі; в – вербальний тест; г – просторовий тест

В альфа-діапазоні під час складної розумової діяльності зникають симетричні когерентні зв'язки [2]. У тета-діапазоні ці зв'язки збережено, а в межах правої та лівої півкуль зростають, залежно від складності завдання. Збереження повільних білатерально-синхронних процесів тета-діапазону в передніх і центральних відділах мозку є показником незрілості фронтально-таламічної системи в підлітків [1].

Права й ліва півкулі працюють в альфа-діапазоні на різних частотах і кожна з них вносить свій вклад у складну розумову діяльність: ліва – у завдання з вербальним компонентом, права – із просторовим.

Жорсткі зв'язки відзначено в тім'яних ділянках, де сильні когерентні зв'язки спостерігаються в альфа-діапазоні як у правій, так і в лівій півкулі за різних умов стимуляції та в стані спокою.

Більш гнучкі когерентні зв'язки в цьому діапазоні простежено в лобових і центральних ділянках кори, які за умов розумової діяльності послаблюються, та їх кількість зменшується. Ці результати знаходять своє підтвердження в дослідженні [2].

Результати наших досліджень узгоджено з даними [2], які підтверджують, що під час мислительної діяльності активуються, як задньоасоціативні, так і передньоасоціативні ділянки кори, зокрема, премоторна зона, яка бере участь у структурно-функціональній організації вирішення логічних та просторових завдань.

Тета-синхронізація посилюється під час складної розумової діяльності з просторовим компонентом, особливо в сагітально-фронтальному напрямі. Це свідчить про найбільшу концентрацію уваги, а, можливо, і про труднощі під час виконання цього завдання в підлітків.

За даними [3], при зростанні складності когнітивної діяльності спостережено виражену синхронізацію низькочастотного тета-ритму за умов мислительної діяльності у підлітків.

Висновки й перспективи подальших досліджень. За умов складної розумової діяльності з вербальним компонентом у підлітків знижується кількість когерентних зв'язків в альфа- та тета-діапазонах. У лівій лобовій ділянці синхронність цих ритмів стає високою у фронтально-сагітальному напрямі.

Складна розумова діяльність із просторовим компонентом призводить до збільшення когерентних зв'язків в альфа, а особливо в тета-діапазонах із перевагою правої півкулі.

Посилення когерентних зв'язків у лобових відведеннях у тета-діапазоні в підлітків під час складної розумової діяльності може свідчити про певні активаційно-синтетичні процеси, пов'язані із селективною увагою під час виконання когнітивних завдань.

Список використаної літератури

1. Мачинская Р. И. Динамика электрической активности мозга у детей 5–8 летнего возраста в норме и при трудностях обучения / Р. И. Мачинская, И. П. Лукашевич, М. Н. Фишман // Физиология человека, 1997. Т. 23. – № 5. – С. 5–11.
2. Швайко С. Є. Особливості когерентності хвиль альфа-діапазону при мислительній діяльності у підлітків / С. Є. Швайко, О. Ю. Пахолюк, О. Р. Дмитроца // Природ. альм. – 2009. – С. 281–287.
3. Швайко. С. Є. Просторова синхронізація тета-ритму при наочно-просторовому та абстрактно-логічному мисленні у підлітків / С. Є. Швайко, О. Ю. Пахолюк, О. Р. Дмитроца // Вісн. СумДУ. – 2009. – Т. 2. – № 2. – С. 209–215. – (Серія Медицина).
4. Davidson R. Parsing affective space. Perspectives from neuropsychology and psychophysiology / R. Davidson // Neuropsychology. – 1993. – V. 7. – P. 464.

Статтю подано до редколегії
12.10.2011 р.