

**ПРОСТОРОВА СИНХРОНІЗАЦІЯ ТЕТА-РИТМУ
ПРИ НАОЧНО-ПРОСТОРОВОМУ ТА АБСТРАКТНО-ЛОГІЧНОМУ
МИСЛЕННІ У ПІДЛІТКІВ**

С.Є. Швайко, професор;

О.Ю. Пахольок, аспірант;

О.Р. Дмитроца, доцент

Волинський національний університет ім. Лесі Українки, м. Луцьк

Проведено исследование ЭЭГ у 30 лиц женского пола, здоровых, в возрасте 13-14 лет. С использованием когерентного анализа показано, что у девушек во время выполнения заданий усиливаются когерентные связи в правом полушарии коры. При переходе от состояния покоя к когнитивной деятельности, а в частности, к наглядно-пространственному и абстрактно-логическому мышлению снижаются связи в переднелобном участке коры головного мозга.

Ключевые слова: тета-ритм электроэнцефалограммы, когнитивная деятельность, когерентность.

Проведено дослідження ЕЕГ у 30 осіб жіночої статі, здорових, віком 13-14 років. З використанням когерентного аналізу показано, що у дівчат під час виконання завдань посилюються когерентні зв'язки у правій півкулі кори. При переході від стану спокою до когнітивної діяльності, а зокрема, до наочно-просторового та абстрактно-логічного мислення послаблюються зв'язки у передньолобовій ділянці кори головного мозку.

Ключові слова: тета-ритм електроенцефалограми, когнітивна діяльність, когерентність.

Відомо, що підлітки відрізняються від дорослих більшою збудливістю та меншою силою нервової системи, великою значущістю першосигнального подразника порівняно з дорослими [1]. Доведено, що електроенцефалографічні показники стану спокою досягають дефінітивного рівня вже у 12-13 років [2]. Нами досліджувалася просторова синхронізація біоелектричної активності кори великих півкуль головного мозку в тета-діапазоні під час абстрактно-логічного та наочно-просторового мислення у дівчат-підлітків.

Мета цієї роботи - дослідити просторову синхронізацію тета-ритму при наочно-просторовому та абстрактно-логічному мисленні у підлітків.

МЕТОДИКА

У дослідженнях взяли участь 30 осіб жіночої статі віком 13-14 років. Усі були здоровими за даними психоневрологічного та соматичного обстеження, праворукі за самооцінкою та мануальними тестами.

Для вивчення електричної активності мозку використовувалася система комп'ютерної електроенцефалографії (апаратно-програмний комплекс «НейроКом»).

Під час запису ЕЕГ активні електроди розміщувалися за міжнародною системою 10-20% у дев'ятнадцяти точках на скальпі мозку (рис.1). Реєстрація здійснювалася монополярно, за референтні використовувалися вушні електроди А1 і А2, з метою покращання якості запису використовувалися додаткові референтні електроди N (nasion) і Ref (встановлюється у лобовій ділянці голови). Для відстеження функціонального стану та реакції обстежуваного на стимули використовувалася система відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. Реєструвалися 60 с інтервали ЕЕГ. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу становила 500 мс з 50 % перекриттям. Частота

дискретизації каналового сигналу становила 2 мс. Вхідний опір для синфазного сигналу становив більше 100 МОм. Фільтри високих частот встановлювалися 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 використовувалася процедура ІСА-аналізу. У подальшому проводилася фільтрація ІСА – компонент з артефактним сигналом і композицією неартефактних ІСА-компонент у результуючу ЕЕГ. При фільтрації артефактів з ЕЕГ видалялося не більше п'яти (артефактних) ІСА-компонент. У разі, якщо окремі спалахи артефактної активності не вдавалося відфільтрувати за допомогою ІСА-обробки, артефактні відрізки ЕЕГ вирізали з нативної ЕЕГ у ручному режимі.

Реєстрація ЕЕГ проводилася у таких експериментальних станах:

- 1) стані функціонального спокою із заплющеними очима;
- 2) стані функціонального спокою із розплющеними очима;
- 3) ритмічної фотостимуляції;
- 4) абстрактно-логічного тесту;
- 5) наочно-просторового тесту.

Фонова ЕЕГ відображає електроенцефалографічні процеси мозку у стані спокою із заплющеними та розплющеними очима.

Під час ритмічної фотостимуляції досліджуваний сидів із заплющеними очима, подавалися фотостимули частотою 2 Гц.

Як вербальний тест було подано 10 завдань, у кожному із них запропоновано досліджуваному приклад двох слів, між якими існує логічний зв'язок. Потрібно було за аналогією підібрати правильну відповідь із запропонованих п'яти слів, у яких теж існує логічний зв'язок.

Як просторовий тест досліджуваному було запропоновано виконати 10 завдань. У кожному завданні було подано 5 фігур, серед яких потрібно було знайти зайву фігуру.

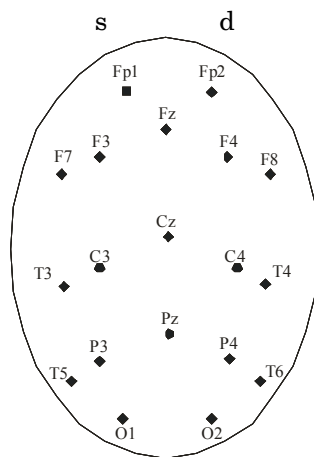


Рисунок 1 - Схема розміщення електродів під час реєстрації електроенцефалограми (19 відведень):

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

Виконання усіх завдань було обмежене у часі з метою досягнення суб'єктивно однакової складності. На виконання кожного тесту відводилося 60 секунд, що відповідало епісі комп'ютерного аналізу ЕЕГ.

Перед початком експерименту усі обстежувані одержували детальну інструкцію, пов'язану з їх участю у тестуванні. Виконання завдань передбачало їх усне вирішення протягом 1 хвилини одночасно з реєстрацією ЕЕГ.

Під час експерименту досліджувані знаходились у світлозвукоізолюваній камері у положенні сидячи на відстані 1,5 м від монітора комп'ютера, на який проектувався зміст завдання. У стані функціонального спокою та ритмічної фотостимуляції очі досліджуваних були заплющені. Решта завдань виконувалися з розплющеними очима. Реєструвалася тета-активність у частотному діапазоні 4-8 Гц (тета 1 - 4-6 Гц, тета 2 - 6-8 Гц).

Просторову синхронізацію електричної активності кори великих півкуль визначали за допомогою когерентного аналізу. Відомо, що математична когерентність є аналогом коефіцієнта кроскореляції, що використовується до окремих частот. Обрахунок цієї функції дає змогу робити висновок про постійність фазових відношень, подібність або синхронність потенціалів між обома ділянками, з яких вони відводяться. Середня когерентність хвиль ЕЕГ вважалася при $r = 0,5-0,7$; висока - при $r = 0,71-1,0$.

Отримані результати були оброблені з використанням стандартного методу варіаційної статистики t-критерію Стьюдента. Обчислення проводилось у програмному пакеті MegaStat for Excel чи безпосередньо в MS Excel 2000.

ОБГОВОРЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ

Вивчалась електрична активність кори головного мозку в тета-діапазоні та окремих піддіапазонів тета-активності при наочно-просторовому і абстрактно-логічному мисленні дівчат підліткового віку (13-14 років).

У жінок у стані спокою із заплющеними очима середня симетрична міжпівкулева когерентність хвиль ЕЕГ в тета-діапазоні відмічена у передньолобовій (Fp1-Fp2), задньолобовій (F3-F4), центральній (C3-C4) та тім'яній (P3-P4) ділянках. У правій півкулі кори зафіксовано внутрішньопівкулеві когерентний зв'язок у центрально-тім'яній (C4-P4) ділянці (рис. 2а).

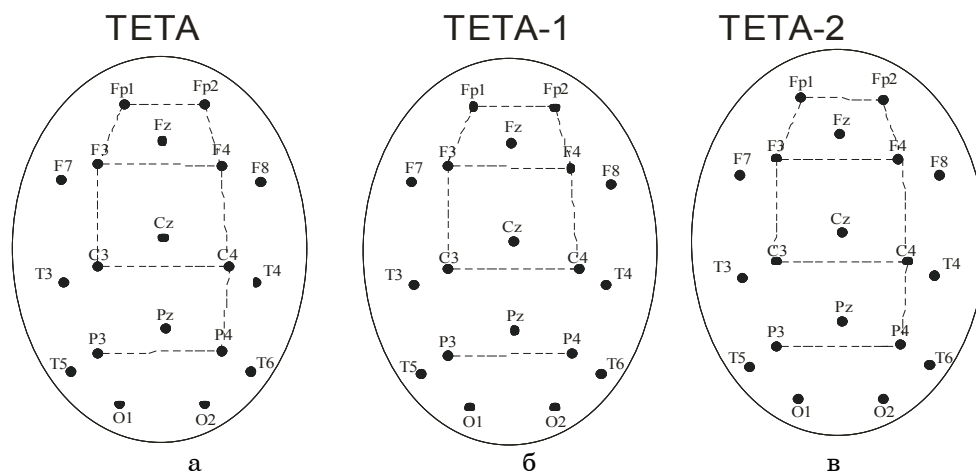


Рисунок 2 - Просторовий розподіл внутрішньо- та міжпівкулевих взаємодій у стані спокою із заплющеними очима у осіб жіночої статі:

----- середня когерентність ($r = 0,50-0,70$);

Відведення: F1, F2 - передньолобові; F3, F4, Fz - задньолобові; F7, F8 - бічні лобові; T3, T4 - передньоскроневі; C3, C4, Cz - центральні; T5, T6 - задньоскроневі; P3, P4, Pz - тім'яні; O1, O2 - потиличні відведення

У тета-1 піддіапазоні у межах півкуль синхронно працюють усі лобові, центральні та тім'яні ділянки кори (рис.2б).

У тета-2 піддіапазоні спостерігається середня міжпівкулева когерентність в лобовій, центральній та тім'яній ділянках кори. У правій півкулі більш синхронно працює центрально-тім'яна (С4-Р4) ділянка (рис. 2в).

Отже, в тета-діапазоні та його піддіапазонах під час спокою із заплющеними очима у жінок відмічена середня синхронність хвиль у лобових, центральних та тім'яних ділянках кори. І лише в тета-діапазоні та тета-2 піддіапазоні у правій півкулі більш синхронно працює центрально-тім'яна ділянка.

У жінок у стані спокою із розплющеними очима середня симетрична міжпівкулева когерентність хвиль ЕЕГ в тета-діапазоні відмічена у передньолобовій (Fp1-Fp2), задньолобовій (F3-F4), центральній (С3-С4) та тім'яній (P3-P4) ділянках кори. У межах лівої і правої півкуль синхронно працюють в тета-ритмі лобові, центральні та тім'яні ділянки кори. У правій півкулі більш синхронно працює центрально-тім'яна (С4-Р4) ділянка кори (рис. 3а).

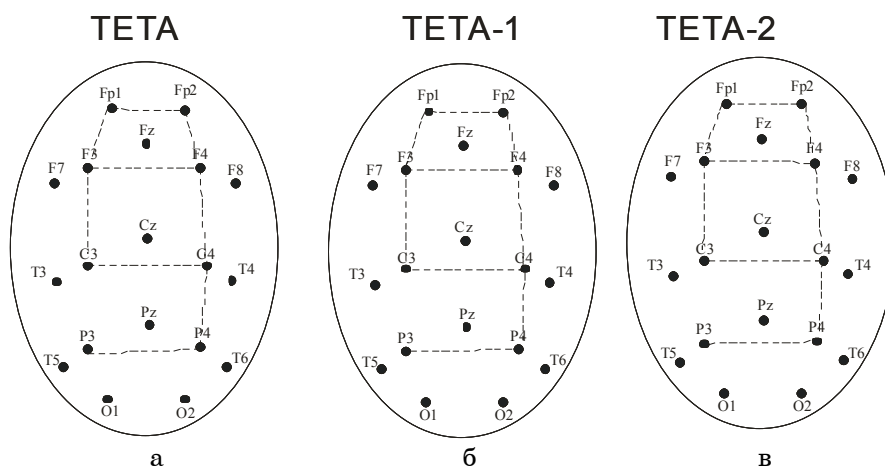


Рисунок 3 - Просторовий розподіл внутрішньо- та міжпівкулевих взаємодій у стані спокою із розплющеними очима у осіб жіночої статі (примітка: див. рис. 2)

У тета-1 піддіапазоні середня симетрична міжпівкулева когерентність зафіксована у передньолобовій (Fp1-Fp2), задньолобовій (F3-F4), центральній (С3-С4) та тім'яній (P3-P4) ділянках кори. Права півкуля кори є більш активною у центрально-тім'яній (С4-Р4) ділянці (рис. 3б).

У тета-2 піддіапазоні у межах півкуль синхронно працюють лобові, центральні та тім'яні ділянки кори (рис. 3в).

Отже, в тета-діапазоні та тета-1, тета-2 піддіапазонах під час спокою із розплющеними очима у жінок відмічено середню симетричну міжпівкулеву когерентність хвиль ЕЕГ у передньолобовій, задньолобовій, центральній та тім'яній ділянках кори. У правій півкулі більш синхронно працює центрально-тім'яна ділянка.

У жінок під час фотостимуляції середня симетрична міжпівкулева когерентність хвиль ЕЕГ в тета-діапазоні відмічена у передньолобовій (Fp1-Fp2), задньолобовій (F3-F4), центральній (С3-С4) та тім'яній (P3-P4) ділянках кори (рис.4а).

У тета-1 піддіапазоні просторова синхронізація спостерігається у лобових, центральних та тім'яних ділянках. У правій півкулі кори зафіксовано внутрішньопівкулевий когерентний зв'язок у лобовій ділянці

кори (рис.4б).

У тета-2 піддіапазоні середня симетрична міжпівкулева когерентність спостерігається у передньолобовій (Fp1-Fp2), задньолобовій (F3-F4) центральній (C3-C4) та тім'яній (P3-P4) ділянках кори (рис.4в).

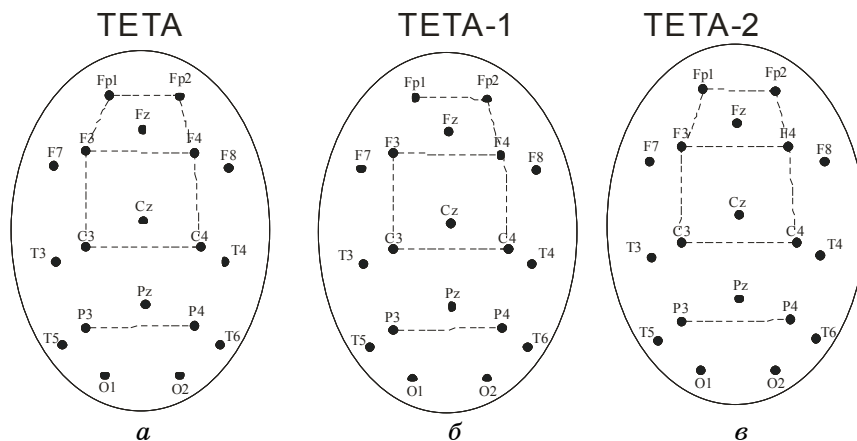


Рисунок 4 - Просторовий розподіл внутрішньо- та міжпівкулевих взаємодій під час фотостимуляції у осіб жіночої статі (примітка: див. рис. 2)

Отже, у жінок під час фотостимуляції в тета-діапазоні та його піддіапазонах спостерігається середня симетрична міжпівкулева когерентність хвиль ЕЕГ у передньолобовій, задньолобовій, центральній і тім'яній ділянках кори. Проте лише у піддіапазоні тета-1 не спостерігається внутрішньопівкулевого когерентного зв'язку у лівій півкулі кори у лобовій ділянці.

Під час абстрактно-логічного мислення у жінок середня симетрична міжпівкулева когерентність хвиль ЕЕГ в тета-діапазоні зафіксована у задньолобовій (F3-F4), центральній (C3-C4) та тім'яній (P3-P4) ділянках кори. Спостерігаються також внутрішньопівкулеві когерентні зв'язки у лобових, центральних ділянках лівої та правої півкуль кори. У правій півкулі зафіксовано внутрішньопівкулеві когерентні зв'язки у центрально-тім'яній (C4-P4) ділянці (рис. 5а).

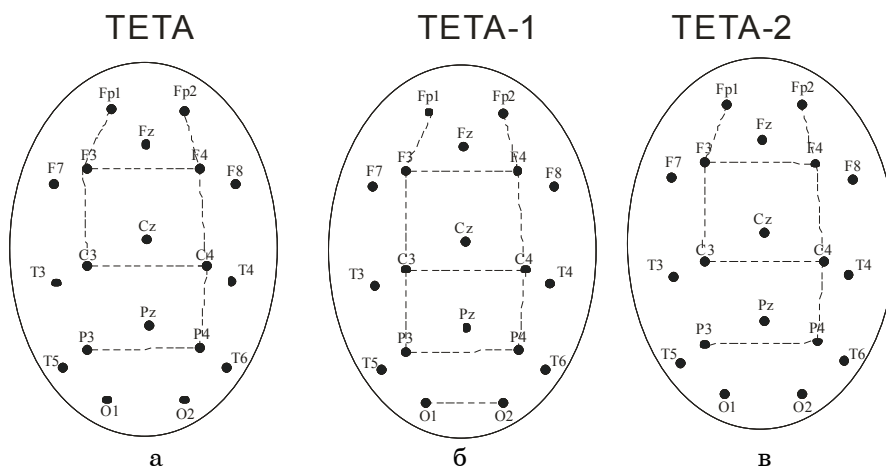


Рисунок 5 - Просторовий розподіл внутрішньо- та міжпівкулевих взаємодій під час абстрактно-логічного мислення у осіб жіночої статі (примітка: див. рис. 2)

У тета-1 піддіапазоні середня міжпівкулева симетрична когерентність спостерігається у задньолобовій (F3-F4), центральній (C3-C4), тім'яній (P3-P4) та потиличній (O1-O2) ділянках кори (рис. 5б).

У тета-2 піддіапазоні у жінок синхронно працюють лобові, центральні та тім'яні ділянки кори. Права півкуля кори є більш активна в центрально-тім'яній (C4-P4) ділянці (рис. 5в).

Отже, у тета діапазоні та тета-2 піддіапазоні відмічено середню синхронність хвиль у задньолобових, центральних та тім'яних ділянках. Також зафіксовано, що права півкуля кори є більш активна у центрально-тім'яній ділянці. Проте у піддіапазоні тета-1 середню симетричну міжпівкулеву когерентність хвиль відмічено у потиличній ділянці кори.

Під час наочно-просторового мислення у жінок середня симетрична міжпівкулева когерентність хвиль ЕЕГ в тета-діапазоні зафіксована у задньолобовій (F3-F4), центральній (C3-C4) та тім'яній (P3-P4) ділянках кори. У правій півкулі зафіксовано внутрішньопівкулеву когерентний зв'язок у центрально-тім'яній (C4-P4) ділянці (рис. 6а).

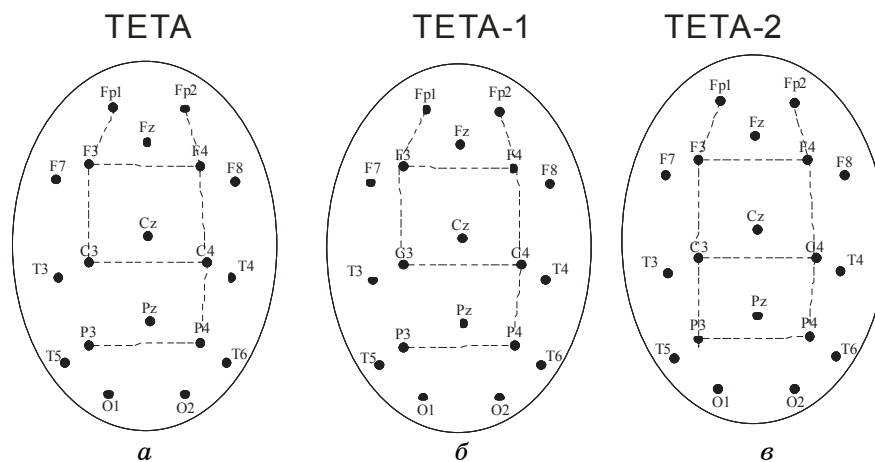


Рисунок 6 - Просторовий розподіл внутрішньо- та міжпівкулевих взаємодій під час наочно-просторового мислення у осіб жіночої статі (примітка: див. рис. 2)

У тета-1 піддіапазоні середня міжпівкулева когерентність хвиль спостерігається у задньолобових (F3-F4), центральних (C3-C4) та тім'яних (P3-P4) структурах кори. У тета-1 піддіапазоні права півкуля є більш активною у центрально-тім'яній ділянці (C4-P4) на відміну від лівої півкулі кори головного мозку (рис. 6б).

У тета-2 піддіапазоні у межах лівої та правої півкуль синхронно працюють лобові, центральні та тім'яні ділянки кори (рис. 6в).

Отже, у жінок середня міжпівкулева когерентність хвиль тета-діапазону та його піддіапазонів спостерігається у задньолобових, центральних та тім'яних структурах кори. Проте у тета-діапазоні та тета-1 піддіапазоні права півкуля кори головного мозку є більш активною у центрально-тім'яній ділянці.

Відомо, що права півкуля першою обробляє інформацію, яка надходить. На думку деяких вчених, права півкуля дає первинну, «емоційну» оцінку сигналу, що надходить до кори [3].

ВИСНОВКИ

При дослідженні внутрішньопівкулевих когерентних взаємозв'язків встановлено, що у дівчат під час виконання завдань посилюються когерентні зв'язки у правій півкулі кори.

У дівчат-підлітків при переході від стану спокою до когнітивної діяльності, а зокрема до наочно-просторового та абстрактно-логічного мислення послаблюються зв'язки у передньолобовій ділянці кори головного мозку.

Перспективи подальших досліджень - побачити внутрішньопівкулеві та міжпівкулеві когерентні зв'язки при абстрактно-логічному та наочно-просторовому мисленні у різних вікових груп.

SUMMARY

SPATIAL SYNCHRONIZATION OF THETA -RHYTHM AT EVIDENT-SPATIAL AND ABSTRACT-LOGICAL THOUGHT AT TEENAGERS

S.Ye. Shvayko, O.Yu. Pakholyuk, O.R. Dmytrotsa
Volyn National University named of Lesya Ukrainka

30 women, healthy, by age 13-14, were examined (EEG examination). It is shown with the use of coherent analysis, that at girls coherent copulas in the right hemisphere of cortex increase during implementation of tasks. In transition from the state of the rest to cognitive activity, and in particular to evident-spatial and abstract-logical thinking, copulas in the forehead area of cortex of cerebrum decreases.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Фарбер Д.А. Онтогенетический анализ ЭЭГ-реакции активации у детей / Д.А. Фарбер, Н.В. Дубровинская // Журн. высш. нервн. деятельности. - 1983. - Т. 33, Вып.3. - С. 442.
2. Бабаева Р.И. ЭЭГ подростков 15 лет при интеллектуальной деятельности / Бабаева Р.И., Бияшева З.Г., Ли А.В. // Новые исслед. по возраст. физиол. - 1987. - №1 (28). - С 7-12.
3. Черный С.В. Отражение внутренних переживаний в характеристиках текущей ЭЭГ / С.В. Черный, А.А. Коваленко // Вестник ТНУ им. Вернадского. - 2005. - №3. - С.191-197.

Надійшла до редакції 26 червня 2009 р.