

УДК [612.821:616-073.7]-055.2

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ТЕТА-РИТМУ ПІД ЧАС МИСЛИТЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ДІВЧАТ

Швайко С.Є., Пахолок О.Ю., Дмитрова О.Р.

Волинський національний університет імені Лесі Українки, біологічний факультет, Луцьк, Україна
e-mails: biological@univer.lutsk.ua, oksana_paholyuk@mail.ru

Надійшла до редакції 14.02.2010

Проведено дослідження ЕЕГ у 60 осіб жіночої статі, здорових, віком 13-14 років (30 осіб) та 16-17 років (30 осіб). З використанням когерентного аналізу показано, що у стані спокою з заплюшеними та розплюшеними очима достовірно вища когерентність швидких хвиль (6-8 Гц) тета-діапазону у дівчат юнацького віку. Під час виконання абстрактно-логічного завдання зафіксовано більшу кількість когерентних зв'язків у порівнянні з наочно-просторовим завданням, що свідчить про вищу синхронізацію біоелектричної активності. У дівчат-підлітків абстрактно-логічне мислення реалізується за рахунок підвищення синхронних процесів в тета-діапазоні в правій лобовій частці, у дівчат юнацького віку - за рахунок системної інтеграції структур кори обох півкуль головного мозку.

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

ВСТУП

Сучасні дослідження досить повно розкривають особливості системної організації інтегративної діяльності мозку в процесі мислительної діяльності у дорослих. Проте, особливості мозкового забезпечення наочно-образного та абстрактно-логічного мислення у шкільному віці потребує більш детального вивчення [3,5]. Відомо, що показники біоелектричної активності головного мозку дітей молодшого та середнього шкільного віку відрізняються від дорослих, у яких морфологічні структури та нейрофізіологічні механізми сприйняття та обробки вербальних та невербальних зорових стимулів уже сформовані [2]. Впродовж багатьох років питання про механізми генерації та функціональне значення тета-ритму залишається одним з найбільш дискусивних в нейрофізіології [6]. Відомо, що тета-ритм – пов'язують із процесами пам'яті та уваги при виконанні розумових завдань [7,8]. У зв'язку з цим було б цікаво дослідити функціональну активність мозку в цьому частотному діапазоні за умов мислительної діяльності у дітей підліткового та юнацького віку. Нами вивчалась просторова синхронізація біоелектричної активності кори великих півкуль головного мозку в тета-діапазоні під час абстрактно-логічного та наочно-образного мислення у дітей шкільного віку.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В дослідженнях взяли участь 60 осіб жіночої статі віком 13-14 років (30 осіб) та 16-17 років (30 осіб). 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 здійснювалась монополярно, в якості референтних використовувались вушні електроди A1 і A2, з метою покращення якості запису встановлювалися додаткові референтні електроди N (nasion) і Ref у лобовій ділянці голови. Для відстеження функціонального стану та реакції обстежуваного на стимули використовувалась система відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. Реєстрували 60 с інтервали ЕЕГ. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу складала 500 мс з 50 % перекриттям. Частота дискретизації каналового сигналу складала 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 використовувалась процедура ІСА-аналізу. В подальшому проводилась фільтрація ІСА – компонент з артефактним сигналом і композицією неартефактних ІСА-компонент у результуючу ЕЕГ. При фільтрації артефактів з ЕЕГ видалялось не більше

п'яти (артефактних) ІСА-компонент. У випадку, якщо окремі спалахи артефактної активності не вдавалось відфільтрувати за допомогою ІСА-обробки, артефактні відрізки ЕЕГ вирізували з нативної ЕЕГ в ручному режимі. Реєстрація ЕЕГ проводилась у наступних експериментальних станах: 1 - стан функціонального спокою з заплющеними очима, 2- стан функціонального спокою з розплющеними очима, 3 - абстрактно-логічний тест, 4 - наочно-образний тест.

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

У якості тесту на абстрактно-логічне мислення було подано 10 завдань, у кожному з яких запропоновано приклад із двох слів, між якими існує логічний зв'язок. Потрібно було за аналогією підібрати правильну відповідь із запропонованих п'яти слів, між якими теж існує логічний зв'язок.

У якості тесту на наочно-образне мислення, досліджуваному було запропоновано виконати 10 завдань. У кожному завданні було подано 5 фігур, серед яких потрібно було знайти зайву фігуру (тест Равена).

Виконання усіх завдань було обмежене в 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 в тестуванні. Виконання завдань передбачало їх усне вирішення протягом хвилини, одночасно з реєстрацією ЕЕГ.

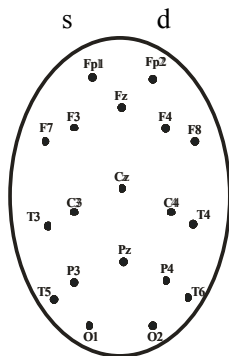


Рис. 1. Схема розміщення електродів при реєстрації електроенцефалограми (19 відведень).

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

Під час експерименту досліджувані знаходились у світло-звукоізолюваній камері у положенні сидячі на відстані 1,5 м від монітору комп'ютера, на який проектувався зміст завдання. У стані функціонального спокою очі досліджуваних були заплющені. Решта завдань виконувалися з розплющеними очима.

Реєструвалась тета-активність в частотному діапазоні 4-8 Гц (тета1- 4-6 Гц; тета2 - 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 судити про постійність фазових відношень, схожості або синхронності потенціалів між обома ділянками, з яких вони відводяться.

Для аналізу результатів досліджень були використані методи параметричної (t-критерій Стьюдента) та непараметричної (W-критерій Вілкоксона) статистики (залежно від характеру розподілу значень). Обчислення проводилось у програмному пакеті MegaStat for Excel чи безпосередньо в MS Excel 2000.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вивчалась електрична активність кори головного мозку в тета-діапазоні та окремих піддіапазонів тета-активності при наочно-просторовому та абстрактно-логічному мисленні дівчат віком (16-17 років та 13-14 років).

Під час стану спокою із заплющеними очима спостерігаються достовірно вищі міжпівкулеві когерентні зв'язки в тета-діапазоні у центральній (C3-C4) татім'яній (P3-P4) ділянках кори. Білатеральні внутрішньопівкулеві когерентні зв'язки зафіксовані між задньолобовими та центральними ділянками (F3-C3; F4-C4) у дівчат юнацького віку. Аналіз когерентності низькочастотного тета-1 піддіапазону показав, що достовірно вищі синхронні зв'язки між півкулями (F3-F4; C3-C4; P3-P4) в цьому віці. В тета-2 піддіапазоні кількість та міцність внутрішньопівкулевих когерентних зв'язків зростає. Підсилюється зв'язок між задньолобовою та центральною ділянками лівої півкулі (F4-C4). Збільшується синхронність хвильових процесів ЕЕГ в тета-2 діапазоні в передніх та бічних відведеннях правої лобової ділянки (Fp2-F8). Підвищується синхронність хвиль цього субдіапазону між контрлатеральними відведеннями в центральній татім'яній (C3-P4; C4-P3) ділянках півкуль головного мозку (рис.2). Отже, у дівчат юнацького віку в стані спокою з заплющеними очима синхронізація хвильових процесів в тета-діапазоні та його субдіапазонах є вищою, ніж у підлітковому віці.

У стані спокою з розплющеними очима кількість когерентних зв'язків в тета-діапазоні та його піддіапазонах збільшується і вони стають міцнішими. Формується дві зони синхронної активності: центрально-лобова татім'яна.

Достовірні зв'язки зафіксовані у задньолобових, центральних,тім'яних ділянках лівої та правої півкуль кори у тета-діапазоні та його піддіапазонах.

Вища когерентність хвиль електроенцефалограми (тета-діапазону) зафіксована у юнацькому віці (Рис.3).

Під час абстрактно-логічного мислення достовірні зміни між віковими групами у дівчат спостерігались у лобових, центральних, тім'яних та потиличних ділянках обох півкуль кори у тета-діапазоні та його піддіапазонах. Зафіксовано, що у лобових ділянках

вища когерентність спостерігається у дівчат-підлітків зокрема: у тета-діапазоні і тета-2 піддіапазоні - у правій півкулі кори головного мозку (Fp2-F4), у тета-1 – в обох півкулях (Fp1-F3; Fp2-F4). В дівчат юнацького віку вища синхронізація в задньоасоціативних ділянках кори головного мозку та в лівій лобовій частці (Fp1-F3) (Рис.4).

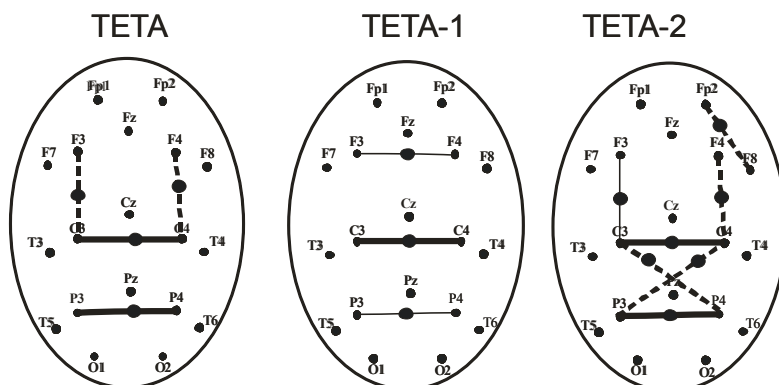


Рис. 2. Достовірні зміни когерентності тета-діапазону та його піддіапазонів EEG-активності у дівчат підліткового та юнацького віку під час стану спокою з заплющеними очима.

Примітка: товщина ліній зв'язку відповідає рівню значимості : товста при $p < 0,001$; тонка при $p < 0,01$; пунктирна при $p < 0,05$; ● - вища когерентність у юнацькому віці; ○ - вища когерентність у підлітковому віці

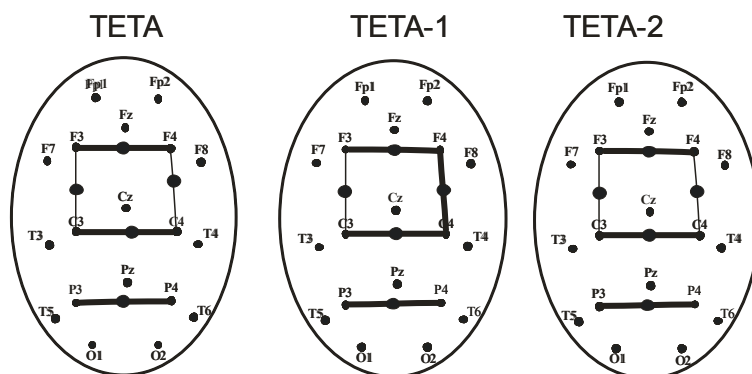


Рис. 3. Достовірні зміни когерентності тета-діапазону та його піддіапазонів EEG-активності у дівчат підліткового та юнацького віку під час стану спокою з розплющеними очима.

(Позначення тіж самі, що на рис.2.)

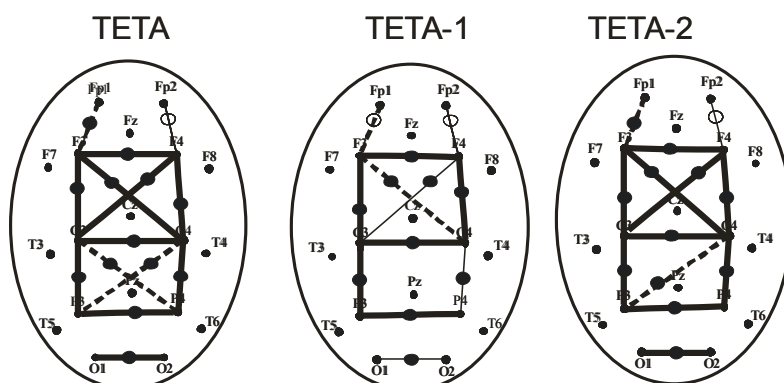


Рис. 4. Достовірні зміни когерентності тета-діапазону та його піддіапазонів EEG-активності у дівчат підліткового та юнацького віку під час абстрактно-логічного мислення.

(Позначення тіж самі, що на рис.2.)

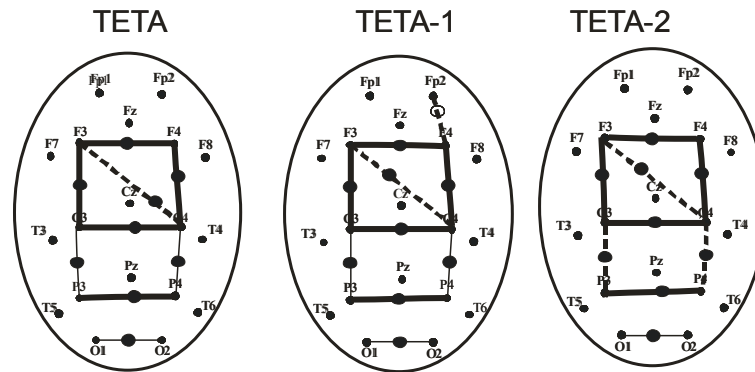


Рис. 5. Достовірні зміни когерентності тета-діапазону та його піддіапазонів ЕЕГ-активності у дівчат підліткового та юнацького віку під час наочно-образного мислення. (Позначення тіж самі, що на рис.2.)

Під час наочно-образного мислення в тета-діапазоні та тета-1, тета-2 піддіапазонах відмічено достовірні зміни між віковими групами у задньолобових (F3-F4, $p < 0,001$), центральних (C3-C4, $p < 0,001$), тім'яних (P3-P4, $p < 0,001$) та потиличних (O1-O2, $p < 0,01$) ділянках лівої та правої півкуль кори головного мозку.

Вища когерентність хвиль спостерігається у юнацькому віці, проте у піддіапазоні тета-1 у правій лобовій ділянці кори – у підлітків (Рис.5). Вивчення синхронізації хвильових процесів ЕЕГ в тета-діапазоні та його піддіапазонах показав, що у дівчат юнацького віку в стані спокою з заплющеними та розплющеними очима рівень когерентності є вищим, ніж у підлітковому віці. Відкриття очей збільшує міцність внутрішньопівкулевої синхронізації.

Під час мислительної діяльності відмічено посилення хвильових процесів тета-діапазону в усіх відділах кори. Вважається, що підвищення тета-синхронізації при когнітивній діяльності відповідає періодам найбільшої концентрації уваги і корелює зі швидкістю виконання завдання [1,4]. У дівчат-підлітків абстрактно-логічне мислення реалізується за рахунок підвищення синхронізації біоелектричної активності тета-діапазону в правій лобовій ділянці. У дівчат юнацького віку відбувається синхронізація хвиль цього ритму в задньоасоціативних ділянках, про що свідчать міцні когерентні зв'язки, які розподілені симетрично. Це дає підстави вважати, що мислительні процеси представниць жіночої статі 16-17 років здійснюються за рахунок системної інтеграції структур кори правої та лівої півкулі.

ВИСНОВКИ

1. У стані спокою з заплющеними та розплющеними очима достовірно вища когерентність швидких хвиль (6-8 Гц) тета-діапазону зафіксована у дівчат юнацького віку.
2. Під час виконання абстрактно-логічного завдання зафіксовано більшу кількість когерентних зв'язків у порівнянні з наочно-просторовим завданням, що свідчить про вищу синхронізацію біоелектричної активності.

У дівчат-підлітків абстрактно-логічне мислення реалізується за рахунок підвищення синхронних процесів в тета-діапазоні в правій лобовій частці, у дівчат юнацького віку – за рахунок системної інтеграції структур кори обох півкуль головного мозку.

Література

1. Князева М. Г. Системная организация интегративных процессов при умственной деятельности ребенка / М. Г. Князева // Структурно-функциональная организация развивающегося мозга. - Л.: Наука, - 1990. - С. 135-167.
2. Костандов Э. А. Роль когнитивных факторов в эмоциональной асимметрии полушарий головного мозга человека / Э. А. Костандов // Журнал высш. нервн. деят. - 1990. - Т. 40. - Вып. 4. - С. 611 - 619.
3. Ларькина Е. Г. Характеристики тета- и альфа-диапазонов спектра ЭЭГ подростков 15-17 лет / Е. Г. Ларькина, А. В. Киренская // Физиология человека. - 2005. - Т. 31. - № 6. - С. 26-31.
4. Разумникова О. М. Полушарные взаимодействия при поиске оригинальных вербальных ассоциаций: особенности когерентности биопотенциалов коры у креативных мужчин и женщин / О. М. Разумникова, Е. Н. Ларина // Журн. высш. нерв. деят. - 2005. - Т. 55. - № 6. - С. 785-795.
5. Фарбер Д. А. Функциональная организация развивающегося мозга и формирование когнитивной деятельности / Д. А. Фарбер, Т. Г. Бетелева, А. С. Горев // Физиология развития ребенка. - МЛ 2000. - С. 82.
6. Green J. D. Hippocampal electrical activity in arousal / J. D. Green, A. A. Arduini // J. Neurophysiol. - 1954. - Vol. 17. - P. 533-554.
7. Inanaga K. Frontal midline theta rhythm and mental activity / K. Inanaga // Psychiatry and Clinical Neuroscience. - 1998. - Vol.52. - № 6. - P. 555.
8. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // Brain Res. Rev. - 1999. - Vol.29. - P. 169-196.

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ТЕТА-РИТМА ПРИ МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ЖЕНЩИН**Швайко С.Е., Пахольук О.Ю., Дмитроца О.Р.**

Проведены исследования ЭЕГ у 60 лиц женского пола, здоровых, 13-14 лет (30 чел) и 16-17 лет (30 чел). С использованием когерентного анализа показано, что в состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами достоверно более высокая когерентность быстрых волн (6-8 Гц) тета-диапазона отмечена у девушек юношеского возраста. Во время выполнения абстрактно логического задания зафиксировано большее количество когерентных связей в сравнении с наглядно-пространственным заданием, что свидетельствует о высшей синхронизации биоэлектрической активности. У девушек-подростков абстрактно-логическое мышление реализуется за счет повышения синхронных процессов в тета-диапазоне в правом лобном отделе, у девушек юношеского возраста - за счет системной интеграции структур коры обоих полушарий головного мозга.

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

THE AGE-OLD FEATURES OF SPATIAL SYNCHRONIZATION OF TETA-RHYTHM AT MISLITEL'NIY ACTIVITY FOR WOMEN**Shvayko S.Ye., Pakholyuk O.Yu., Dmytrotsa O.R.**

Conducted research of EEG in 60 persons of sex of women, healthy age 13-14 years (30 persons) and 16-17 years (30 persons). It is rotined with the use of coherent analysis, that in a spacehold with the closed and flattened eyes for certain the higher coherentness of rapid waves (6-8 Hertz) of teta-range is fixed for the girls of youth age. During implementation abstractly logical a task is fixed greater amount of coherent connections in comparison from evidently spatial by a task which testifies to higher synchronization of bioelectric activity. For girls-teenagers abstractly logical thought will be realized due to the increase of synchronous processes in a teta-range in right frontal part, for the girls of youth age - due to system integration of structures of bark of both hemispheres of cerebrum.

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