

УДК 612.82-053.6:616.073.7

ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В АЛЬФА-ДІАПАЗОНІ ЕЕГ ПІДЛІТКІВ З РІЗНИМ РІВНЕМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РУХЛИВОСТІ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ (КОГЕРЕНТНИЙ АНАЛІЗ)

Желамська Н.О.

Електрична активність кори головного мозку в альфа-діапазоні ЕЕГ підлітків з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів (когерентний аналіз) – Н.О. Желамська. - Дослідження електричної активності мозку в альфа-діапазоні ЕЕГ при когнітивній діяльності школярів з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів виявило певні відмінності у просторовому розподілі когерентних взаємодій різних структур мозку.

При виконанні когнітивних завдань спостерігається різке зниження когерентних зв'язків альфа-діапазону ЕЕГ у всіх групах досліджуваних порівняно зі станом функціонального спокою. При виконанні математичного завдання спостерігається незначне лівопівкулеве переважання у всіх групах досліджуваних. При виконанні просторового завдання в осіб з низьким та високим рівнями ФРНП відмічається симетричний малюнок взаємодії макроструктур мозку, а в осіб з середнім рівнем ФРНП – лівопівкулева асиметрія.

Ключові слова: функціональна рухливість нервових процесів, електрична активність мозку, когерентна взаємодія.

Адреса: Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр.Волі, 13, м. Луцьк, 43025, Україна; e-mail: zhelamenjatko@mail.ru

***Electric Activity of Cortex of Brain In Theta-Wave of EEG of Teenagers With Different Level of Functional Mobility of Nervous Processes (Coherent Analysis).* - N.O. Zhelamska - Research of electric activity of brain in alpha wave of EEG at cognitive activity of schoolchildren with the different level of functional mobility of nervous processes found out certain differences in the spatial distributing of coherent co-operations of different structures of brain.**

At implementation of cognitive tasks there is a fall-off of coherent connections of alpha wave of EEG in all of groups of discovered comparatively with the state of functional rest. At the mathematical job processing there is insignificant left hemisphere predominance in all of groups of discovered. At the spatial job processing for persons with the low and high levels of functional mobility of nervous processes the symmetric picture of co-operation of macrostructures of brain is marked, and for persons with the middle level of functional mobility of nervous processes is left hemisphere asymmetry.

Keywords: functional mobility of nervous processes, electric activity of brain, coherent cooperation.

Address: Volyn National University of Lesya Ukrainka, Voli Str., 13, Lutsk, 43025, Ukraine; e-mail: zhelamenjatko@mail.ru

При вивченні людської індивідуальності в центрі уваги опиняються ті фізіологічні особливості, які І.П. Павлов назвав основними властивостями нервової системи або основними властивостями ВНД.

У сучасних умовах індивідуально-типологічні властивості основних нервових процесів вивчаються переважно в аспекті віково-статевих закономірностей. [7]. Ці знання дозволяють вирішити цілу низку психолого-педагогічних проблем для індивідуалізації навчання, підбору ефективних методів навчання та виховання.

Підлітковий вік є одним з критичних періодів розвитку людини, що пов'язано з інтенсивною нейроендокринною перебудовою організму та специфікою психологічного розвитку осіб цього

віку. Альфа-діапазон спектру ЕЕГ людини завдяки своїй високій чутливості до різноманітних зовнішніх дій і тонких змін стану організму, що супроводжують сенсорні, моторні, когнітивні та мнестичні процеси, традиційно привертає увагу дослідників [2, 10, 11].

Саме тому дослідження електроенцефалографічних показників в осіб з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів даної вікової групи є актуальним.

Метою нашого дослідження було виявити особливості когерентних взаємодій в альфа-діапазоні ЕЕГ підлітків з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) у стані спокою та при когнітивній діяльності.

Контингент та методи дослідження

Досліджували 38 здорових праворуких школярів чоловічої та жіночої статі віком 12-14 років (15 хлопців та 23 дівчини).

Функціональну рухливість нервових процесів (ФРНП) визначали за методикою М.В. Макаренка на приладі „Діагност-1”. Обстеження ФРНП проводилось в режимі «зворотного зв'язку». Для переробки інформації використовувались предметні подразники (фігури). Мірою оцінки максимальної швидкості переробки інформації вважався час виконання завдання [8]. Методом сигмальних відхилень усіх обстежуваних осіб розподілили на три групи: з низьким ($t > 81$ с), середнім ($t = 65-81$ с) та високим ($t < 65$ с) рівнями функціональної рухливості нервових процесів.

Біоелектрична активність кори головного мозку досліджувалась за допомогою апаратно-програмного комплексу „НейроКом” (Харків). При записі ЕЕГ активні електроди розміщувались за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках на скальпі голови: симетричних лобових (передньо-, задньо- та латерально-фронтальних), передніх і задніх скроневих, центральних, тім'яних, потиличних та сагітальних (фронтальний, центральний та парієтальний). Реєстрація здійснювалась монополярно, в якості референтних використовувались вушні електроди, з метою покращення якості запису використовувались додаткові референтні електроди. Для відстеження функціонального стану та реакції обстежуваного на стимули використовувалась система відеомоніторингу з інфрачервоним підсвітленням. Реєструвались 60 с інтервали ЕЕГ. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовувалась процедура ІСА-аналізу.

Електричну активність реєстрували у стані спокою, ритмічної фотостимуляції та при виконанні когнітивних завдань різного характеру (математичного та просторового).

Просторову організацію електричної активності кори великих півкуль ми визначали методом когерентного аналізу. Когерентність – це узгоджене протікання в часі кількох коливальних чи хвильових процесів, різниця фаз яких є постійною [6]. Оскільки електрична активність мозку тісно пов'язана з його функціональною діяльністю, то когерентність в певній мірі вказує на залученість різних зон кори в забезпечення виконання функцій мозку, вона є кількісним вираженням рівня інтегративної діяльності мозкових структур. Коефіцієнт когерентності виражається у величинах від 0 до 1. Чим вище значення когерентності, тим істотніший зв'язок даної точки мозку з іншою, вибраною для вимірювання.

Визначали середні значення когерентності електричної активності кори мозку в альфа-

діапазоні ЕЕГ. За величиною когерентності визначали рівень взаємодії структур мозку: до 0,30 – дуже слабкий, 0,31-0,50 – помірний, 0,51-0,70 – значний (значимий), 0,71-1,0 – високий.

Отримані дані обробляли методами варіаційної статистики, порівнюючи середні величини. Під час статистичного аналізу даних використовували стандартні пакети програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

Аналіз отриманих результатів

У стані функціонального спокою з закритими очима просторовий розподіл когерентних взаємодій в осіб з низьким рівнем ФРНП має генералізований характер. На рівні значимих зареєстровано міжпівкулеві передньо-, задньо-лобовий, центральний та тім'яний зв'язки, а також внутрішньопівкулеві задньо-лобово-центрального лівої півкулі, передньо-задньо-лобовий, задньо-лобово-центрального та центрально-тім'яний правої півкулі та зв'язок між сагітальними відведеннями задньо-лобової та центральної ділянки. На рівні високих значень спостерігаються симетричні внутрішньопівкулеві зв'язки між задньо-лобовими, центральними, тім'яними ділянками обох півкуль з відповідними їх сагітальними відведеннями (рис. 1). В осіб з середнім рівнем ФРНП рівня високих значень досягли ті ж зв'язки, що й в осіб з низьким рівнем ФРНП, а також значимі міжпівкулеві взаємодії. В даній групі досліджуваних на рівні значимих зареєстровано наступні внутрішньопівкулеві зв'язки: між сагітальними відведеннями задньо-лобової та центральної ділянки, передньо-задньо-лобовий, задньо-лобово-центрального обох півкуль, а також між центральною ділянкою лівої півкулі та сагітальним відведенням задньо-лобової ділянки, задньо-лобовою ділянкою правої півкулі та сагітальним відведенням центральної ділянки. В осіб з високим рівнем ФРНП спостерігається симетричний малюнок взаємодії структур мозку. На рівні високих зареєстровано ті ж зв'язки, що й попередніх двох груп. Рівня значимих досягли міжпівкулеві задньо-лобовий та центральний зв'язки та внутрішньопівкулеві між передніми й задніми лобовими, задніми лобовими й центральними ділянками обох півкуль, а також між задньо-лобовими й сагітальним відведенням центральної ділянки та між центральними ділянками й сагітальними відведеннями задньо-лобової ділянки обох півкуль.

Отже, в даній тестовій ситуації спостерігається тенденція до локалізованої взаємодії зі зростанням рівня ФРНП. При чому зміщення локальності відбувається у лобові та центральні ділянки мозку.

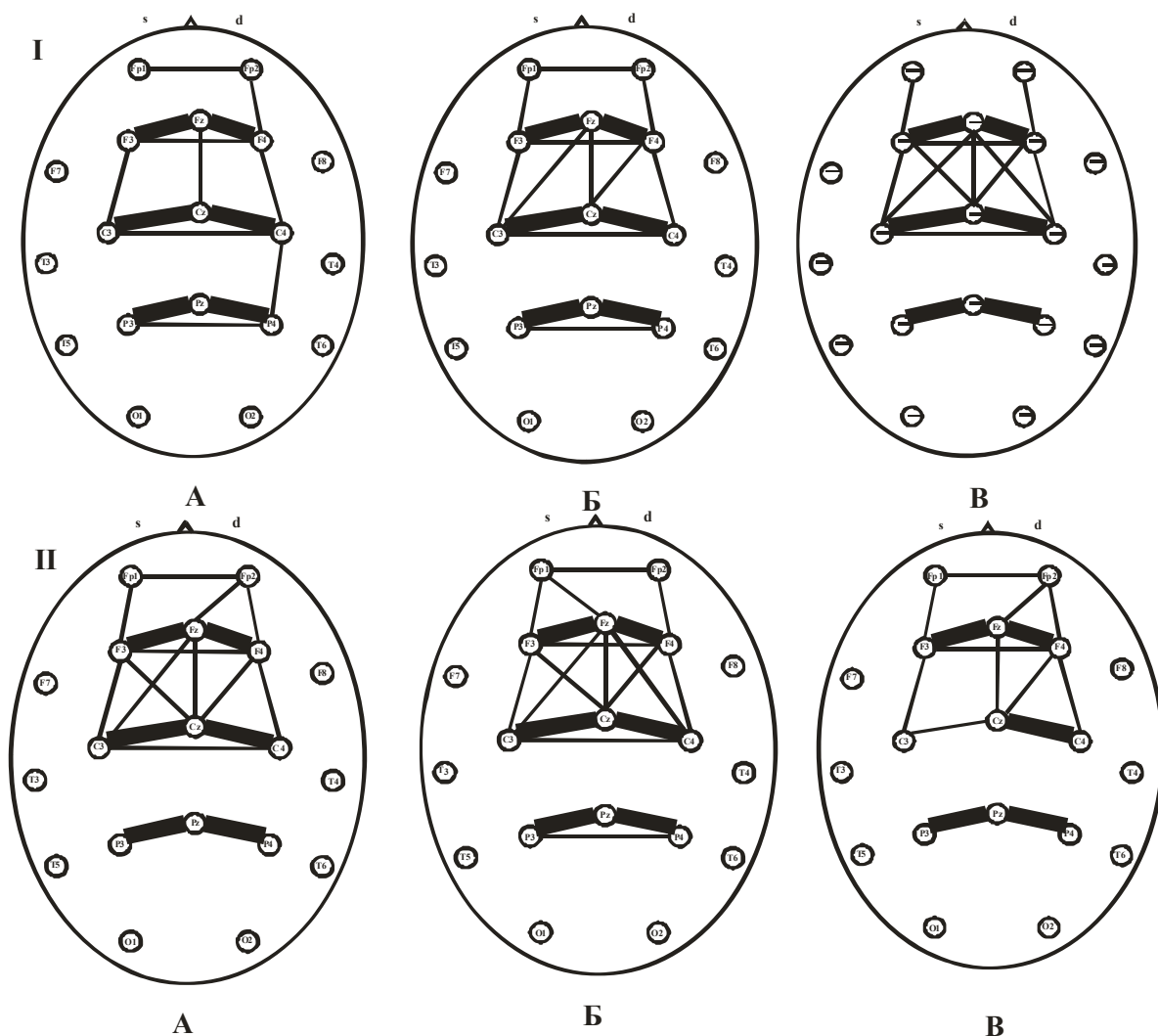


Рис.1. Карти-схеми просторового розподілу когерентних зв'язків альфа-діапазону кори головного мозку в стані спокою (I) та при фотостимуляції (II) в осіб з низьким (А), середнім (Б) та високим (В) рівнем функціональної рухливості нервових процесів. Тонка лінія – значимі зв'язки (0,51-0,70), товста лінія – високі зв'язки (0,71-1,0); s – ліва півкуля, d – права півкуля. F – лобові, С – центральні, Т – скроневі, Р – тім'яні, О – потиличні ділянки.

Fig.1. Maps-chart of the spatial distributing of coherent connections of alpha wave of cortex in a state of rest (I) and at photostimulation (II) for persons with the low (A), middle (Б) and high (B) level of functional mobility of nervous processes. A thin line is meaningful connections (0,51-0,70), a thick line is high connections (0,71-1,0); s is a left hemisphere, d is a right hemisphere. F – frontal, C – central, T – temporal, P – parietal, O – occipital areas.

Наші дані щодо переважання більш тісних взаємодій в передньоасоціативних зонах підтверджують уже відомі. Л.Б. Іванов [4], досліджуючи ЕЕГ здорових дітей та дітей з певними неврологічними відхиленнями (травми мозку, розлади свідомості тощо) вказує, що переважання рівня когерентності в міжлобних парах відведень над іншими ділянками є одним з найважливіших свідчень адекватних міжпівкулевих просторово-часових відношень.

Виходячи з уявлень про те, що зв'язки альфа-ритму в стані спокою забезпечують готовність до діяльності [12], вищі коефіцієнти в даному тесті

можуть вказувати на підвищену “зацікавленість” даних ділянок у реалізації наступної спеціальної діяльності.

Зважаючи на те, що досліджувались підлітки віком 12-14 років, можна вважати, що генералізований характер взаємодії структур мозку, їх менш вибіркова взаємодія відображають несформованість систем регуляції коркової активації [13].

При фотостимуляції загальна кількість високих і значимих когерентностей у всіх групах досліджуваних практично не змінилась. В осіб з низьким рівнем ФРНП спостерігається тенденція

до зміщення фокусів взаємодії у передньоасоціативні ділянки мозку порівняно зі станом функціонального спокою. Причому, на відміну від попередньої тестової ситуації, переважання тої чи іншої півкулі ми не спостерігаємо. В осіб з середнім рівнем ФРНП порівняно з станом спокою спостерігається тенденція до зростання тісноти зв'язків у передніх відділах мозку за рахунок збільшення значимих зв'язків між передньо-, задньо-лобовими та центральними ділянками кори головного мозку. На відміну від попередніх двох груп, в яких відмічалось незначне зростання кількості значимих когерентних зв'язків, в осіб з високим рівнем ФРНП ця кількість знизилась. Слід відмітити, що до рівня значимих знизився зв'язок між лівим та сагітальним відведеннями центральної ділянки мозку. На рівні значимих зареєстровано 2 міжпівкулевих зв'язки – передньо- та задньо-лобовий, а також внутрішньопівкулеві: симетричні передньо-задньо-лобовий і задньо-лобово-центральної, й зв'язки між передньо-лобовим та сагітальним лобовим і задньо-лобовим та сагітальним центральним відведеннями правої півкулі.

Отже, в групі осіб з низьким і середнім рівнями ФРНП спостерігається однакова щільність когерентних взаємодій структур кори головного мозку з дуже схожим їх просторовим розподілом, а в осіб з високим рівнем ФРНП – менша щільність з незначним правопівкулевым переважанням у передніх відділах мозку.

Наші дані про більшу щільність когерентності в передніх відділах мозку з поступовим зменшенням до потиличних областей узгоджуються з уже існуючими про те, що максимальна когерентність потенціалів передніх відділів кори відображає найбільшу узгодженість їх функціональної активності [1].

Відомо, що права півкуля в більшій мірі як ліва взаємодіє з підкірковими системами активації [17]. Це може вказувати на вищу взаємодію з неспецифічними активаційними системами даних ділянок правої півкулі мозку підлітків з високим рівнем ФРНП.

При вирішенні математичного завдання в осіб з низьким рівнем ФРНП не зареєстровано жодного міжпівкулевого зв'язку на значимому чи високому рівні (рис. 2). Рівня значимих досягли симетричні зв'язки між задньо-лобовими, центральними тім'яними ділянками з відповідними їх сагітальними відведеннями; сагітальний лобово-центральної і правопівкулевої задньо-лобово-центральної, а також зв'язок між правою задньо-лобовою та сагітально-центральною ділянками кори головного мозку. В осіб з середнім рівнем ФРНП спостерігається зниження до рівня помірних усіх

когерентних зв'язків у передній лобовій ділянці та частини – між задньо-лобовими та центральними. В осіб з високим рівнем ФРНП, як і в досліджуваних з низьким рівнем даної властивості нервових процесів, на рівні високих чи значимих не зареєстровано жодного міжпівкулевого зв'язка. На рівні високих зареєстровано правопівкулеві задньо-сагітально-лобовий та внутрішньопівкулеві зв'язок між симетричними тім'яними ділянками та відповідним сагітальним відведенням. Рівня значимих досягли правопівкулеві передньо-задньо-лобовий та задньо-сагітально-лобовий зв'язки, зв'язок між сагітальними відведеннями лобової та центральної ділянки і між центральною ділянкою та її сагітальним відведенням обох півкуль.

Отже, при переході до когнітивної діяльності спостерігається різке зниження кількості (вдвічі) та тісноти когерентних взаємодій у всіх групах досліджуваних з маловираженим лівопівкулевым переважанням.

Як вказують ряд авторів [14, 16], зменшення когерентності альфа-ритму в передній частині кори мозку може розглядатися як показник підсилення таламо-кортикальних зв'язків.

Десинхронізація альфа-ритму у фронтальних відділах кори поряд з підсиленням лівопівкулевої когерентності може вказувати на кооперацію коркових нейронів у конвергентному покроковому аналізі поставленої задачі [9].

При вирішенні просторового завдання як кількість, так і характер розподілу когерентних зв'язків порівняно з попереднім тестом практично не змінився порівняно з виконанням математичного завдання (рис. 2). Хіба що слід зазначити, що в осіб з високим рівнем ФРНП спостерігається симетричний малюнок взаємодій структур мозку, а в осіб з середнім рівнем все ж залишається тенденція до лівопівкулевого переважання когерентності за рахунок тіснішої взаємодії структур задньо-лобової та центральної ділянки.

Щодо порівняння просторового розподілу когерентних взаємодій між групами осіб з різним рівнем ФРНП, то можна сказати, що найбільш тісна взаємодія (яка відображається в кількості зв'язків на високому та значимому рівнях) спостерігається в осіб з середнім рівнем ФРНП, а найменш тісна – з високим.

Наші дані не суперечать існуючим результатам дослідження асиметрії мозку при зорово-просторовій діяльності. Відомо, що ліва півкуля формує вироджений опис зорових образів за їх просторово-частотним спектром [3].

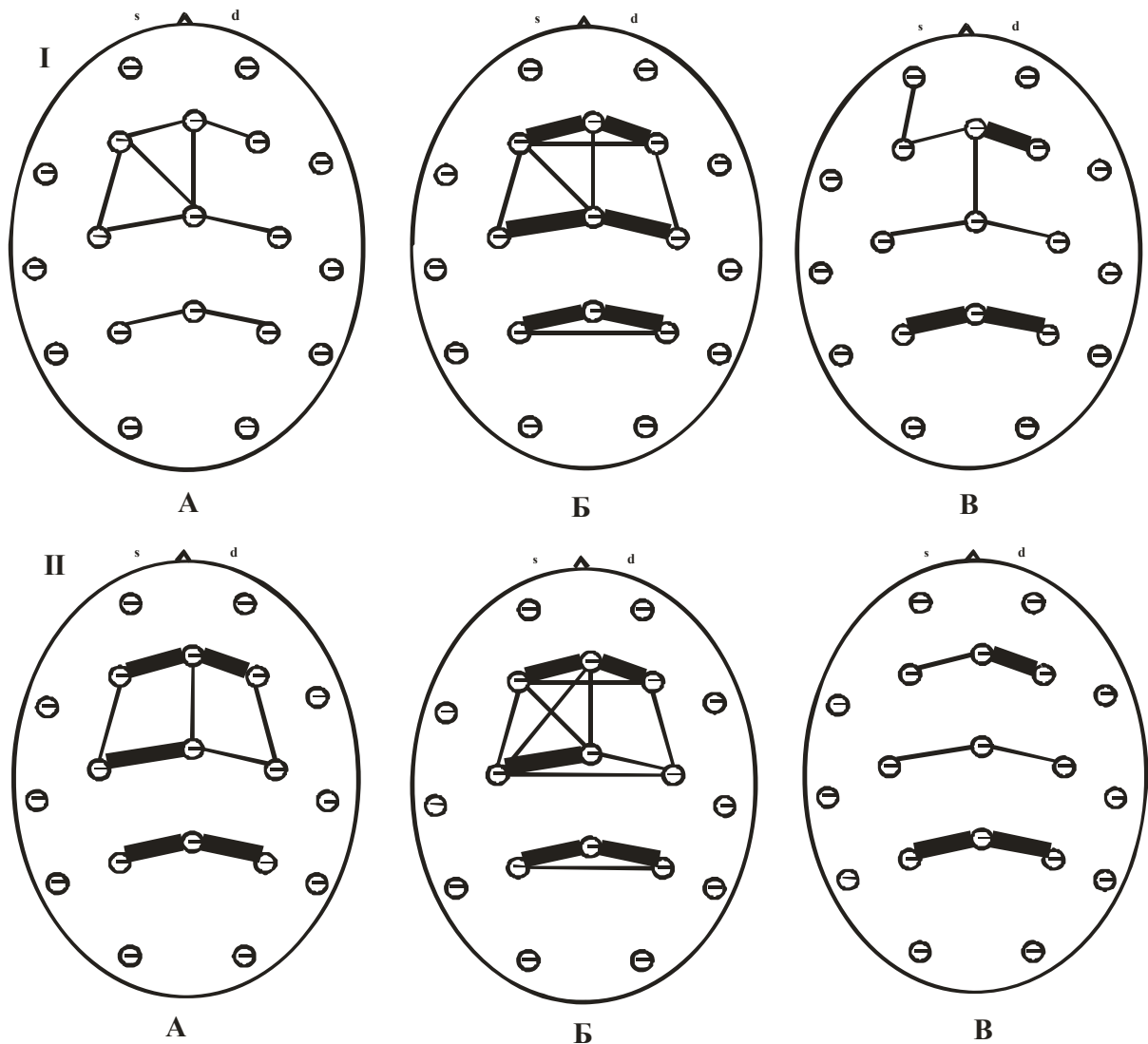


Рис.2. Карти-схеми просторового розподілу когерентних зв'язків альфа-активності кори головного мозку при виконанні математичного (I) та просторового (II) завдання в осіб з низьким (А), середнім (Б) та високим (В) рівнем функціональної рухливості нервових процесів. Тонка лінія – значимі зв'язки (0,51-0,70), товста лінія – високі зв'язки (0,71-1,0); s – ліва півкуля, d – права півкуля. F – лобові, С – центральні, Т – скроневі, Р – тім'яні, О – потиличні ділянки.

Fig.2. Maps-chart of the spatial distributing of coherent connections of alpha wave of cortex in a state at the mathematical (I) and spatial (II) job processing for persons with the low (A), middle (B) and high (B) level of functional mobility of nervous processes. A thin line is meaningful connections (0,51-0,70), a thick line is high connections (0,71-1,0); s is a left hemisphere, d is a right hemisphere. F – frontal, C – central, T – temporal, P – parietal, O – occipital areas.

Фронтальні області лівої півкулі відповідають за організацію довільної уваги [14]. Тому ми можемо припустити, що у досліджуваних з середнім рівнем ФРНП були більш активно задіяні процеси довільної уваги під час виконання поставленого перед ними завдання. Окрім того, електрична активність, що реєструється у лівій півкулі, може бути пов'язана з функціонуванням фонологічної петлі та вербальної робочої пам'яті

[5]. Отже, лівопівкулеве переважання в осіб з середнім рівнем ФРНП може свідчити про більш виражену вербалізацію стимулу.

Загалом зміни в альфа-діпазоні ЕЕГ при різних завданнях переважно або навіть виключно пов'язують з неспецифічними факторами – такими як рівень уваги та бадьорості, і з емоціями, до того ж функціональне значення має придушення альфа-активності в ситуаціях, коли ті чи інші

області кори мають брати участь у здійсненні певної діяльності [15]. З цим пов'язана точка зору, згідно якої припускається, що альфа-ритм є показником «холостого ходу» мозку, і придушення альфа-ритму є необхідною умовою для ефективної обробки інформації. Таким чином при виконанні завдання, що вимагає високого рівня уваги, відбувається збільшення активності різних зон кори, що відображається у зниженні альфа-активності у цих регіонах.

Висновки

Дослідження електричної активності кори великих півкуль мозку в альфа-діапазоні ЕЕГ при когнітивній діяльності школярів з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів виявило певні відмінності у просторовому розподілі когерентних взаємодій різних структур мозку.

У стані функціонального спокою спостерігається тенденція до локалізованої

взаємодії структур мозку із зростанням рівня ФРНП.

В осіб з низьким рівнем ФРНП при дії світлових подразників спостерігається тенденція до зміщення фокусів когерентних взаємодій у передні відділи мозку, порівняно зі станом функціонального спокою. В осіб з середнім та високим рівнями ФРНП такої тенденції не відмічається.

При виконанні когнітивних завдань спостерігається різке зниження когерентних зв'язків у всіх групах досліджуваних порівняно із станом функціонального спокою.

При виконанні математичного завдання спостерігається незначне лівопівкулеве переважання у всіх групах досліджуваних. При виконанні просторового завдання в осіб з низьким та високим рівнями ФРНП відмічається симетричний малюнок взаємодій макроструктур мозку, а в осіб з середнім рівнем ФРНП – дещо посилюється лівопівкулева асиметрія.

1. Болдырева Г.Н., Жаворонкова Л.А., Шарова Е.В., Добронравова И.С. Межцентральные отношения ЭЭГ как отражение системной организации мозга человека в норме и патологии // Журн. высш. нерв. деятельности. – 2003. – Т. 53. - №4. – С. 391-401.
2. Вольф Н.В., Разумникова О.М. Динамика межполушарной асимметрии при восприятии речевой информации у женщин и мужчин. ЭЭГ-анализ // Журнал высшей нервной деятельности. – 2001. – Т. 51. - №3. – С. 310-314.
3. Глезер В.Д., Невская А.А., Чернова Н.Д., Гаузельман В.Е., Кравцов А.Б. Асимметрия полушарий, зрительное обучение и инвариантное опознание образов // Физиология человека. – 2005. – Т.31. - №5. – С. 37-43.
4. Иванов Л.Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография. – М.: ПБОЮЛ Т.М. Андреева, 2004. – 352 с.
5. Кислюк Д.С. Латерализация мозговой активности в зависимости от скорости предъявления и степени вербализации стимула // VII Междисциплинарная конференция по биологической психиатрии «Стресс и поведение», 28 февраля 2003 г.
6. Кулаковский Ю.В. Возрастные особенности мозговой организации вербальной деятельности у школьников 7 и 10 лет: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1996. 148 с.
7. Лизогуб В.С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини: Автореф. Дис. ... д-ра біолог. наук: 03.00.13/ Київ, ун-т ім. Т. Шевченка. – К., 2001. – 29 с.
8. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми. Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Науково-
- дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України, Київ, 2006. – 395 с.
9. Разумникова О.М. Частотно-пространственная организация активности коры мозга при конвергентном и дивергентном мышлении в зависимости от фактора пола. Сообщение II. Анализ когерентности ЭЭГ // Физиология человека. – 2005. – Т. 31. - №3. – С. 39-49.
10. Советский энциклопедический словарь. – М., 1997.
11. Фарбер Д.А., Кирпичев В.И. Электроэнцефалографические корреляты индивидуальных особенностей умственной работоспособности // Журнал высшей нервной деятельности. – 1985. – Т. 35. – № 4. – С. 649- 657.
12. Basar E., Schurmann M., Basar-Eroglu C., Karakas S. Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory // Int. J. Psychophysiol. 1997. V. 26. №1-3. P. 5.
13. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance a review and analysis // Brain Res. Rev. – 1999. – V.29. - №2-3. – P. 169-173.
14. Petsche H., Etinger S.C. EEG aspects of cognitive processes: A contribution to the proteuslike nature of consciousness // Int. J. Psychophysiol. 1998. V. 33. P. 199.
15. Pollen D.A., Trachtenberg M.C. Some problems of occipital alpha block in man // Brain Research. 1972. V. 41. № 2. P. 303.
16. Robinson D. Sex differences in brain activity, personality and intelligence: a test of arousability theory // Person. and Individ. Differ. 1998. V.25. P. 1133.
17. Sowards T.V., Sowards M.A. Alpha-band oscillations in visual cortex: part of the neural correlate of visual awareness? // Int. J. Psychophysiol. 1999. V. 32. №1. P. 35.

Отримано: 24 грудня 2008 р.

Прийнято до друку: 29 травня 2009 р.