

КОГЕРЕНТНІ ЗВ'ЯЗКИ У ФОНОВІЙ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМІ ХЛОПЧИКІВ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ З НЕВРОЗОПОДІБНИМ ЗАЙКАННЯМ

Надійшла 22.02.13

Досліджували когерентність ЕЕГ-коливань різних частотних діапазонів у хлопчиків-дошкільнят із неврозоподібним зайканням та здорових хлопчиків аналогічного віку в стані функціонального спокою. Отримані результати дозволяють дійти висновку про підвищену активність глибинних структур головного мозку у хлопчиків, що страждають на неврозоподібне зайкання, оскільки відносна кількість когерентних відносин значущого і високого рівнів низькочастотних ЕЕГ-осциляцій (дельта-хвиль) у цих дітей перевищувала аналогічні показники у здорових дошкільнят. У хлопчиків, що займаються, виявлені також певні відмінності в патерні когерентних зв'язків коливань тета-діапазону та підвищена когерентність осциляцій у симетричних локусах лівої та правої півкулі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: неврозоподібне зайкання, фонові електроенцефалограма, когерентність, дошкільний вік, мовлення.

ВСТУП

Мовлення займає особливе місце в системі психофізіологічних функцій людини. Онтогенез дитячого мовлення відіграє величезну роль у психічному розвитку дитини, оскільки формування мислення, когнітивних функцій і становлення особистості тісно пов'язані з появою і розвитком мовної діяльності. Як і будь-яка інша функціональна система, мовлення є найбільш чутливим до дії негативних факторів у період свого інтенсивного формування. Дефекти мовлення обмежують комунікативні можливості дитини, спотворюють розвиток особистісних якостей, утруднюють соціальну адаптацію [1].

Порушення темпоритмічних характеристик процесу мовлення, зокрема зайкання, складають важливу медико-соціальну проблему. Збільшення числа дітей з подібними розладами серед мешканців великих міст значною мірою визначається дією численних факторів, вражаючих ЦНС у пре- і постнатальному періодах та зумовлюючих неврози та неврозоподібні розлади. Це підвищення рівня психоемоційної напруги, розлади механізмів резистентності, несприятливі аспекти екологічної ситуації. За даними Британської асоціації зайкання (British Stammering Association), різноманітними

видами неврологічних розладів мовлення страждає від 1 до 3 % мешканців Європи. Аналогічна ситуація спостерігається в Україні, де відмічено явне збільшення кількості дітей з розладами в розвитку мовлення [1].

Фундаментальні механізми зайкання (лого-неврозу) до цього часу залишаються фактично нез'ясованими [2, 3]. Така принципова неясність і сьогодні є однією з основних перешкод для створення успішних методик корекції даного дефекту.

Незважаючи на велику кількість існуючих електрофізіологічних методик, котрі дозволяють отримати об'єктивні оцінки стану ЦНС, пошук і розробка адекватних критеріїв морфофункціонального розвитку головного мозку дітей і формування його системної інтегративної діяльності в нормі і в умовах тих або інших патологій є виключно актуальними.

Одними з можливих маркерів просторово-часової організації електричної активності головного мозку є рівні когерентності ЕЕГ-осциляцій тих або інших частотних діапазонів у різних локусах кори. Увага до результатів когерентного аналізу ЕЕГ в останні роки істотно зросла. Вищі функції мозку забезпечуються складною інтеграцією активності мозкових структур і утворенням функціональних зв'язків між ними, і це певною мірою відображується в синхронізації електричної активності таких структур. Оцінки когерентності ЕЕГ-коливань дають певну інформацію про ступінь взаємозв'язку ней-

¹Херсонський державний університет (Україна).
Ел. пошта: nataliavasi@rambler.ru (Н. О. Васильєва).

ронних систем різних локусів кори і, відповідно, про міжрегіональну синхронізацію. Оскільки вважається, що сигнал ЕЕГ, відведений тим або іншим електродом, значною мірою залежить від активності нейронних мереж саме даної області, когерентність таких сигналів може розглядатись як міра взаємодії відповідних нейронних популяцій. Згідно з точкою зору низки авторів, оцінки когерентності сигналів ЕЕГ забезпечують більш чутливе відображення стану вищих когнітивних функцій, ніж, наприклад, амплітудні характеристики ЕЕГ [4, 5].

У своїй роботі ми дослідили когерентні характеристики фонові ЕЕГ у хлопчиків дошкільного віку з істотним порушенням темпоритмічних характеристик мови (неврозоподібним заїканням) та хлопчиків без порушення мовлення.

МЕТОДИКА

У дослідженні взяли участь 97 хлопчиків дошкільного віку, поділених на дві групи. Першу з них склали 47 хлопчиків із неврозоподібним заїканням, а другу, контрольну, – 59 хлопчиків без порушення мовлення. Хлопчики з неврозоподібним заїканням виховувались у спеціалізованих логопедичних групах трьох дитячих садків Херсона. Діагноз „неврозоподібне заїкання” був встановлений за результатами аналізу витягів із протоколів засідань психолого-медико-педагогічної консультації. Хлопчики контрольної групи відвідували звичайні групи дошкільного навчального закладу. Всі обстежені діти були праворукими за самооцінкою та результатами мануальних тестів (переплетіння пальців кисті, схрещування рук на грудях, аплодування, теплінг-тест, динамометрія). Комплексне дослідження проводилося на базі відділення функціональної діагностики Дитячої обласної клінічної лікарні м. Херсона та лікарні Дніпровського району ім. О. С. Лучанського м. Херсона.

Реєстрація ЕЕГ здійснювалася за допомогою системи комп'ютерної електроенцефалографії “Braintest” (Харків, Україна). Обмеження смуги відповідали 1 Гц знизу та 30 Гц зверху, стала часу складала 0.3 с, а частота дискретизації сигналу – 50 с^{-1} . Міжелектродний опір був меншим за 5 кОм. Записи ЕЕГ піддавалися швидкому перетворенню Фур'є. Враховувалися наступні частотні діапазони: дельта (0.2–3.8 Гц), тета (4.0–7.8 Гц),

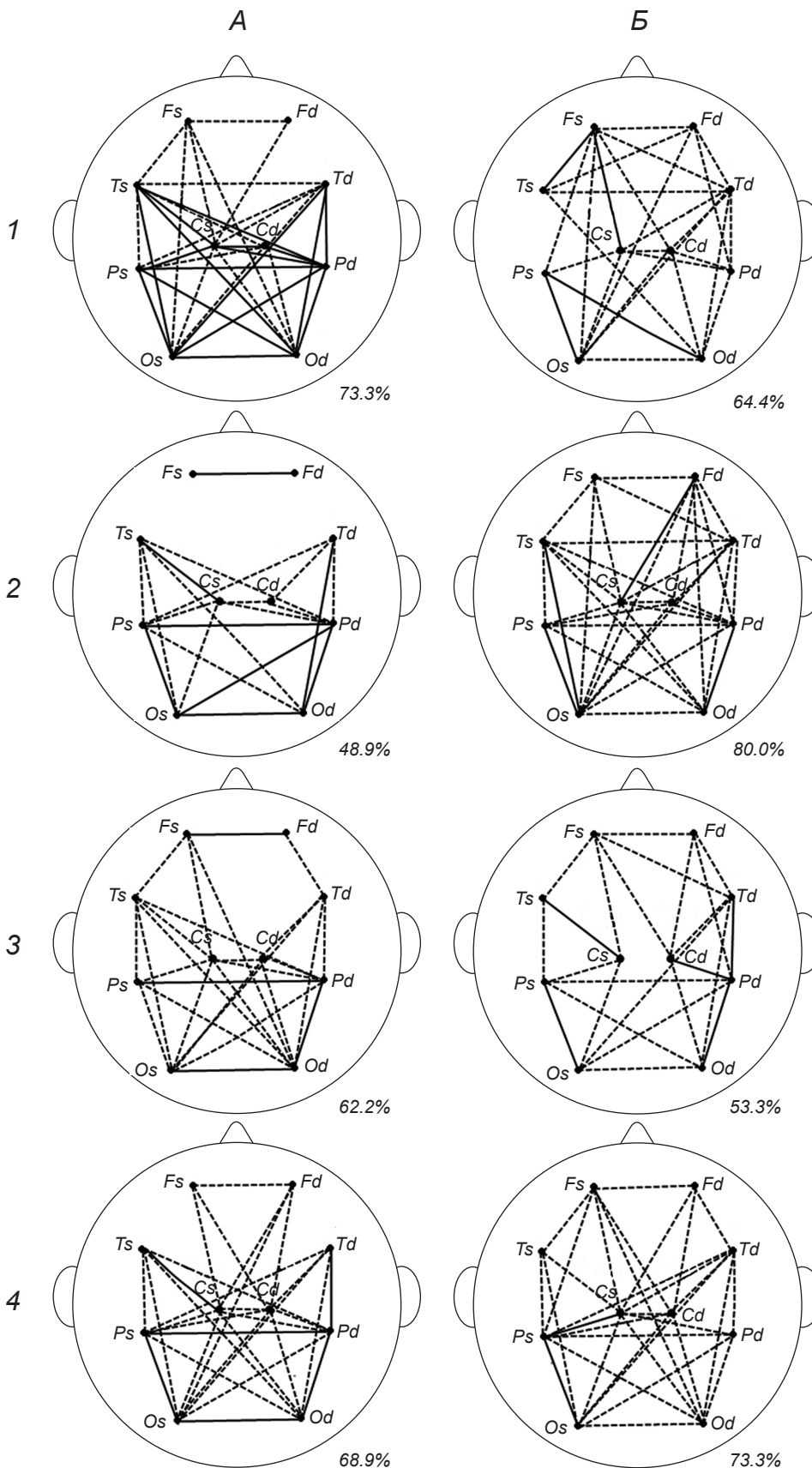
альфа (8.0–12.8 Гц) і бета (13.0–30 Гц). Аналізували 60-секундні періоди відведення; епоха аналізу відрізків складала 2000 мс з 50 %-вим перекриттям. Електроди були розміщені відповідно до загальноприйнятої міжнародної системи «10–20» у десяти симетричних локусах – фронтальних (Fs і Fd), окципітальних (Os і Od), парієтальних (Ps та Pd), темпоральних (Ts та Td) та центральних (Cs і Cd). Як референтний електрод використовували об'єднані вушні контакти, встановлені на мочках вух [6, 7].

Когерентність є оцінкою фазово-часових співвідношень коливань різних ритмів ЕЕГ безвідносно до потужності цих коливань. Рівень когерентності є мірою зв'язку двох процесів на кожній частоті; він являє собою величину взаємної кореляції на такій частоті і відображує ступінь подібності двох процесів (подібність може бути повною, частковою або відсутньою, причому незалежно від амплітуди коливань у досліджуваному відрізку ЕЕГ). Рівень, або коефіцієнт когерентності (КК), – величина нормована; його значення лежать у межах від 0 до 1.00. При КК менше 0.30 рівень когерентності звичайно вважається низьким, при 0.31–0.50 – помірним, при 0.51–0.70 – значущим, а при 0.71–1.0 когерентність вважається високою [5]. Стандартне програмне забезпечення використаного апаратного комплексу дозволяло отримувати значення КК для ЕЕГ-коливань у парах усіх зазначених вище локусів відновлення. В наших дослідженнях ми враховували переважно значущі та високі рівні когерентності та визначали частки зв'язків такого рівня від усіх можливих комбінацій локусів відведення.

Міжгрупові різниці між двома середніми величинами вважали вірогідними при значеннях $P \leq 0.05$. Математичні операції проводилися з використанням програмних пакетів „Microsoft Excel 2003” та „Statistica 6.0” [9].

РЕЗУЛЬТАТИ

Аналіз топографічного розподілу когерентних зв'язків хвиль ЕЕГ високого і значущого рівнів дав змогу виявити певні особливості в кожній із груп досліджуваних. У стані функціонального спокою у хлопчиків дошкільного віку, що заїкалися, відмічалось більше ($P > 0.05$) значущих та високих величин КК у коливань дельта-діапазону порівняно з аналогічними показниками у хлопчиків аналогічного віку без порушення мовної функції



Просторова організація когерентних зв'язків ЕЕГ-коливань різних частотних діапазонів (1-4) у хлопчиків дошкільного віку з неврозподібним заїканням (А) та нормальною мовною функцією (Б).

Пунктирними і суцільними лініями показані когерентні зв'язки значущого ($r = 0.51-0.71$) і високого ($r = 0.71-0.99$) рівнів відповідно. Під графіками вказана нормована кількість (%) таких рівнів когерентності серед усіх можливих випадків зв'язків (прийнято за 100 %). 1-4 – зв'язки коливань дельта-, тета-, альфа- й бета-діапазонів відповідно.

Т а б л и ц я 1. Коефіцієнти когерентності коливань при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою: міжпівкульні симетричні зв'язки

Локуси	Дельта-діапазон		Тета-діапазон		Альфа-діапазон		Бета-діапазон	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Fs-Fd	0.68 ± 0.10	0.68 ± 0.07	0.88 ± 0.05 *	0.65 ± 0.06	0.77 ± 0.06	0.66 ± 0.05	0.69 ± 0.06	0.58 ± 0.08
Ts-Td	0.63 ± 0.10	0.60 ± 0.10	0.48 ± 0.10	0.57 ± 0.06	0.49 ± 0.03	0.45 ± 0.07	0.47 ± 0.06	0.47 ± 0.06
Cs-Cd	0.79 ± 0.09*	0.61 ± 0.06	0.56 ± 0.11	0.55 ± 0.09	0.62 ± 0.07	0.48 ± 0.07	0.65 ± 0.07	0.54 ± 0.08
Ps-Pd	0.79 ± 0.07*	0.47 ± 0.07	0.80 ± 0.06 *	0.62 ± 0.05	0.74 ± 0.06 *	0.52 ± 0.07	0.75 ± 0.05 *	0.60 ± 0.07
Os-Od	0.92 ± 0.03*	0.69 ± 0.07	0.84 ± 0.05 *	0.69 ± 0.05	0.81 ± 0.06 *	0.68 ± 0.03	0.77 ± 0.05 *	0.63 ± 0.04

П р и м і т к и. А – хлопчики з неврозоподібним заїканням, Б – без порушення мовної функції. Локуси відведень: F – лобові, T – скроневі, C – центральні, P – тім'яні, O – потиличні зони кори (s – лівої, d – правої півкулі). Наведені значення середніх ± похибка середнього ($M \pm m$). Зірочкою відмічені випадки вірогідних відмінностей r ($P < 0.05$) значень у групах хлопчиків дошкільного віку із неврозоподібним заїканням від відповідних величин у хлопчиків без порушення мовної функції.

(відповідно 73.3 і 64.4 % усіх можливих комбінацій локусів відведень). У той же час у хлопчиків із неврозоподібним заїканням було зафіксовано вірогідно ($P \leq 0.05$) менше (48.9 %) значущих і високих когерентних зв'язків у тета-діапазоні, ніж у хлопчиків контрольної групи (89.00 %). Для альфа-діапазону у хлопчиків із неврозоподібним заїканням частка значущих і високих когерентних зв'язків була дещо більшою (62.2 %), ніж у хлопчиків без порушення мовної функції (53.3 %), але ця різниця не досягала рівня вірогідності ($P > 0.05$). Відносна кількість значущих і високих когерентних зв'язків у бета-діапазоні у хлопчиків із заїканням і хлопчиків контрольної групи становила 68.9 і 73.3 % відповідно, і дані значення вірогідно не розрізнялися (див. рисунок, А, Б, 1–4).

Міжпівкульні симетричні зв'язки. У хлопчиків із неврозоподібним заїканням високі значення КК у дельта-діапазоні (табл. 1) спостерігалися при співставленні симетричних центральних, тім'яних і потиличних зон ($r = 0.79 \pm 0.09$, 0.79 ± 0.07 та 0.92 ± 0.03 відповідно). Ці значення перевищували відповідні показники у хлопчиків без порушення мовних функцій ($r = 0.61 \pm 0.06$, 0.47 ± 0.07 і 0.69 ± 0.07 відповідно; $P \leq 0.05$).

У хлопчиків із заїканням (табл. 1) порівняно з хлопчиками контрольної групи більші значення рівня когерентності в тета-діапазоні виявлялися між симетричними лобовими ($r = 0.88 \pm 0.05$), тім'яними ($r = 0.80 \pm 0.06$) і потиличними ($r = 0.84 \pm 0.05$) зонами кори великих півкуль ($P \leq 0.05$).

У коливань альфа-діапазону фонові ЕЕГ рівень когерентності (табл. 1), характерний для міжпівкульних симетричних зв'язків, у хлопчиків із неврозоподібним заїканням був вірогідно вищим ($P \leq 0.05$), ніж у контрольній групі, в симетричних тім'яних ($r = 0.74 \pm 0.06$) та потиличних ($r = 0.81 \pm 0.06$) зонах кори великих півкуль голо-

ного мозку.

Рівень когерентності осциляцій бета-діапазону для міжпівкульних симетричних відношень у хлопчиків із неврозоподібним заїканням виявився вірогідно вищим при співставленні симетричних тім'яних ($r = 0.75 \pm 0.05$) та потиличних ($r = 0.77 \pm 0.05$) локусів порівняно з тим, що спостерігалось у хлопчиків без порушення мовної функції; в останній групі даний показник становив 0.60 ± 0.07 та 0.63 ± 0.04 відповідно (табл. 1).

Аналіз асиметричних міжпівкульних когерентних зв'язків. У досліджуваній групі хлопчиків із неврозоподібним заїканням рівень когерентності для асиметричних міжпівкульних зв'язків осциляцій дельта-діапазону був вірогідно вищим ($P \leq 0.05$) порівняно з таким у контрольній групі при співставленні лівої скроневої та правої тім'яної ($r = 0.78 \pm 0.08$), лівої центральної та правої потиличної ($r = 0.70 \pm 0.08$), лівої тім'яної та правої скроневої ($r = 0.62 \pm 0.07$), а також лівої потиличної та правої тім'яної ($r = 0.71 \pm 0.07$) зон кори великих півкуль (табл. 2). Водночас у разі співставлення лівої потиличної та правої лобової ($r = 0.41 \pm 0.05$) зон кори великих півкуль головного мозку у хлопчиків із заїканням цей показник виявився вірогідно нижчим ($P \leq 0.05$).

Рівень когерентності коливань тета-діапазону в перебігу аналізу міжпівкульних асиметричних зв'язків у хлопчиків із заїканням порівняно з контрольною групою був істотно вищим ($P \leq 0.05$) при співставленні лівого тім'яного та правого скроневого ($r = 0.59 \pm 0.08$) і лівого потиличного та правого скроневого ($r = 0.73 \pm 0.06$) локусів кори (табл. 2), тоді як для лівої центральної і правої тім'яної ($r = 0.54 \pm 0.10$), лівої центральної і правої лобової ($r = 0.42 \pm 0.13$), лівої тім'яної і правої центральної ($r = 0.34 \pm 0.10$) зон кори великих півкуль значення КК були нижчими ($P \leq 0.05$), ніж у контрольній

Т а б л и ц я 2. Коефіцієнти когерентності коливань при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою: міжпівкульні асиметричні зв'язки

Локуси	Дельта-діапазон		Тета-діапазон		Альфа-діапазон		Бета-діапазон	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Fs-Td	0.46 ± 0.10	0.64 ± 0.08	0.47 ± 0.05	0.53 ± 0.10	0.43 ± 0.07	0.55 ± 0.11	0.44 ± 0.08	0.49 ± 0.10
Fs-Cd	0.49 ± 0.12	0.57 ± 0.09	0.46 ± 0.10	0.49 ± 0.14	0.44 ± 0.11	0.53 ± 0.13	0.51 ± 0.08	0.60 ± 0.09
Fs-Pd	0.42 ± 0.10	0.44 ± 0.04	0.40 ± 0.07	0.47 ± 0.14	0.41 ± 0.05*	0.32 ± 0.09	0.42 ± 0.10	0.42 ± 0.08
Fs-Od	0.59 ± 0.09	0.50 ± 0.12	0.46 ± 0.05	0.49 ± 0.09	0.53 ± 0.06	0.46 ± 0.11	0.47 ± 0.08	0.52 ± 0.06
Ts-Fd	0.45 ± 0.09	0.55 ± 0.11	0.38 ± 0.08	0.47 ± 0.10	0.43 ± 0.07	0.45 ± 0.12	0.43 ± 0.06	0.45 ± 0.08
Ts-Cd	0.56 ± 0.10	0.43 ± 0.04	0.35 ± 0.06	0.44 ± 0.08	0.45 ± 0.07	0.43 ± 0.11	0.48 ± 0.06	0.46 ± 0.03
Ts-Pd	0.78 ± 0.08 *	0.50 ± 0.09	0.58 ± 0.08	0.54 ± 0.17	0.52 ± 0.06*	0.37 ± 0.07	0.55 ± 0.05*	0.35 ± 0.04
Ts-Od	0.79 ± 0.07	0.62 ± 0.07	0.54 ± 0.06	0.61 ± 0.12	0.54 ± 0.09	0.47 ± 0.06	0.57 ± 0.04*	0.42 ± 0.04
Cs-Fd	0.57 ± 0.09	0.45 ± 0.17	0.42 ± 0.13*	0.71 ± 0.08	0.43 ± 0.13	0.44 ± 0.18	0.52 ± 0.09	0.57 ± 0.13
Cs-Td	0.55 ± 0.07	0.65 ± 0.15	0.48 ± 0.07	0.59 ± 0.07	0.44 ± 0.07	0.50 ± 0.16	0.47 ± 0.08	0.55 ± 0.10
Cs-Pd	0.71 ± 0.10	0.61 ± 0.14	0.54 ± 0.10*	0.70 ± 0.08	0.57 ± 0.06*	0.36 ± 0.17	0.55 ± 0.08	0.50 ± 0.15
Cs-Od	0.70 ± 0.08 *	0.47 ± 0.11	0.50 ± 0.07	0.60 ± 0.11	0.54 ± 0.03*	0.37 ± 0.12	0.59 ± 0.06	0.52 ± 0.04
Ps-Fd	0.36 ± 0.08	0.47 ± 0.15	0.38 ± 0.08	0.40 ± 0.07	0.28 ± 0.08	0.32 ± 0.13	0.43 ± 0.08	0.45 ± 0.12
Ps-Td	0.62 ± 0.07 *	0.47 ± 0.09	0.59 ± 0.08*	0.38 ± 0.09	0.49 ± 0.05	0.49 ± 0.12	0.57 ± 0.08	0.51 ± 0.08
Ps-Cd	0.64 ± 0.10	0.45 ± 0.19	0.34 ± 0.10*	0.57 ± 0.06	0.45 ± 0.09	0.43 ± 0.08	0.53 ± 0.07	0.58 ± 0.08
Ps-Od	0.79 ± 0.07	0.71 ± 0.10	0.69 ± 0.09	0.57 ± 0.10	0.61 ± 0.07	0.59 ± 0.06	0.64 ± 0.06	0.63 ± 0.06
Os-Fd	0.41 ± 0.05 *	0.60 ± 0.15	0.40 ± 0.08	0.53 ± 0.07	0.44 ± 0.07	0.36 ± 0.10	0.51 ± 0.07	0.47 ± 0.09
Os-Td	0.72 ± 0.05	0.69 ± 0.16	0.73 ± 0.06 *	0.56 ± 0.04	0.64 ± 0.05 *	0.54 ± 0.09	0.61 ± 0.07	0.54 ± 0.07
Os-Cd	0.57 ± 0.08	0.59 ± 0.07	0.44 ± 0.10	0.54 ± 0.05	0.51 ± 0.08	0.43 ± 0.10	0.51 ± 0.08	0.51 ± 0.03
Os-Pd	0.71 ± 0.07 *	0.42 ± 0.15	0.77 ± 0.05	0.67 ± 0.05	0.64 ± 0.08	0.62 ± 0.11	0.66 ± 0.07	0.51 ± 0.10

Примітка. Пояснення такі ж самі, що й в табл. 1.

групі.

Аналіз когерентності коливань альфа-діапазону у хлопчиків дошкільного віку з неврозоподібним заїканням показав, що міжпівкульні асиметричні зв'язки для цих осциляцій були вірогідно інтенсивнішими ($P \leq 0.05$) при співставленні лівої лобової і правої тім'яної ($r = 0.41 \pm 0.05$), лівої скроневої і правої тім'яної ($r = 0.52 \pm 0.06$), лівої центральної і правої тім'яної ($r = 0.57 \pm 0.06$), лівої центральної і правої потиличної ($r = 0.54 \pm 0.03$), а також лівої потиличної і правої скроневої ($r = 0.64 \pm 0.05$) зон кори порівняно з такими у хлопчиків без порушення мовної функції.

Більші значення КК, ніж у хлопчиків контрольної групи, для міжпівкульних асиметричних зв'язків осциляцій бета-діапазону (табл. 2) у досліджуваних хлопчиків дошкільного віку з неврозоподібним заїканням були виявлені в разі співставлення лівої скроневої та правої потиличної ($r = 0.57 \pm 0.04$), а також лівої скроневої та правої тім'яної ($r = 0.55 \pm 0.05$) зон кори півкуль головного мозку ($P < 0.05$).

Аналіз внутрішньопівкульних зв'язків. Вірогідно вищий ($P \leq 0.05$) рівень когерентності внутрішньопівкульних зв'язків для коливань дельта-діапазону у хлопчиків із неврозоподібним заїканням спостерігався при співставленні скроневої та центральної ($r = 0.78 \pm 0.07$), скроневої

і тім'яної ($r = 0.70 \pm 0.09$), скроневої та потиличної ($r = 0.77 \pm 0.06$) зон кори лівої півкулі. У правій півкулі аналогічні відношення відмічалися між скроневою і тім'яною ($r = 0.75 \pm 0.06$) і тім'яною та потиличною ($r = 0.86 \pm 0.09$) зонами (табл. 3). У той же час вірогідно нижчий рівень когерентності в дельта-діапазоні у хлопчиків із неврозоподібним заїканням порівняно з таким у контрольній групі було виявлено між лобовою та скроневою ($r = 0.58 \pm 0.08$) зонами кори лівої півкулі ($P \leq 0.05$).

Для тета-активності внутрішньопівкульні зв'язки у хлопчиків із неврозоподібним заїканням були вірогідно слабшими ($P \leq 0.05$), ніж у хлопчиків без порушення мовної функції, при співставленні лобової та скроневої ($r = 0.65 \pm 0.07$), лобової та центральної ($r = 0.68 \pm 0.05$), скроневої та потиличної ($r = 0.71 \pm 0.09$) зон кори лівої півкулі. Аналогічна тенденція спостерігалася між лобовою та скроневою ($r = 0.68 \pm 0.09$), а також лобовою і тім'яною ($r = 0.61 \pm 0.12$) зонами кори правої півкулі (табл. 3).

Що ж до внутрішньопівкульних зв'язків осциляцій альфа-діапазону, то вірогідно вищі ($P \leq 0.05$) значення КК у хлопчиків із неврозоподібним заїканням порівняно з такими в контрольній групі були виявлені при співставленні скроневої та потиличної ($r = 0.64 \pm 0.06$) зон лівої

Т а б л и ц я 3. Коефіцієнти когерентності коливань при відведенні ЕЕГ у стані функціонального спокою: внутрішньопівкульні зв'язки

Локуси	Дельта-діапазон		Тета-діапазон		Альфа-діапазон		Бета-діапазон	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Fs-Ts	0.58 ± 0.08*	0.76 ± 0.07	0.49 ± 0.08*	0.65 ± 0.07	0.57 ± 0.06*	0.68 ± 0.09	0.50 ± 0.06	0.54 ± 0.06
Fs-Cs	0.61 ± 0.11	0.71 ± 0.04	0.50 ± 0.12*	0.68 ± 0.05	0.51 ± 0.10*	0.70 ± 0.07	0.58 ± 0.09	0.67 ± 0.11
Fs-Ps	0.49 ± 0.10	0.51 ± 0.12	0.37 ± 0.08	0.41 ± 0.10	0.34 ± 0.06	0.46 ± 0.09	0.37 ± 0.09*	0.53 ± 0.10
Fs-Os	0.59 ± 0.07	0.53 ± 0.12	0.42 ± 0.08	0.51 ± 0.09	0.47 ± 0.06	0.45 ± 0.10	0.47 ± 0.09	0.50 ± 0.06
Ts-Cs	0.78 ± 0.07*	0.48 ± 0.09	0.71 ± 0.10	0.66 ± 0.16	0.68 ± 0.08	0.71 ± 0.07	0.74 ± 0.05*	0.54 ± 0.09
Ts-Ps	0.70 ± 0.09*	0.44 ± 0.07	0.57 ± 0.07	0.60 ± 0.12	0.58 ± 0.08	0.56 ± 0.07	0.65 ± 0.03*	0.54 ± 0.06
Ts-Os	0.77 ± 0.06*	0.50 ± 0.02	0.59 ± 0.06*	0.71 ± 0.09	0.64 ± 0.06*	0.50 ± 0.04	0.58 ± 0.04	0.52 ± 0.05
Ps-Cs	0.75 ± 0.10	0.68 ± 0.12	0.54 ± 0.10	0.66 ± 0.08	0.59 ± 0.10	0.68 ± 0.04	0.63 ± 0.06	0.77 ± 0.07
Ps-Os	0.88 ± 0.04	0.78 ± 0.09	0.76 ± 0.07	0.78 ± 0.09	0.74 ± 0.05	0.77 ± 0.05	0.75 ± 0.04	0.76 ± 0.05
Os-Cs	0.66 ± 0.09	0.55 ± 0.18	0.57 ± 0.07	0.60 ± 0.06	0.53 ± 0.06	0.51 ± 0.08	0.53 ± 0.07	0.62 ± 0.06
Fd-Td	0.47 ± 0.12	0.63 ± 0.10	0.50 ± 0.08*	0.68 ± 0.09	0.53 ± 0.05	0.56 ± 0.12	0.44 ± 0.08*	0.61 ± 0.11
Fd-Cd	0.48 ± 0.13	0.39 ± 0.15	0.46 ± 0.10	0.64 ± 0.12	0.43 ± 0.12	0.52 ± 0.10	0.53 ± 0.08	0.61 ± 0.10
Fd-Pd	0.39 ± 0.12	0.53 ± 0.21	0.42 ± 0.06*	0.61 ± 0.12	0.33 ± 0.08*	0.51 ± 0.13	0.41 ± 0.09	0.43 ± 0.12
Fd-Od	0.40 ± 0.10	0.44 ± 0.13	0.49 ± 0.05	0.56 ± 0.09	0.44 ± 0.07	0.47 ± 0.09	0.46 ± 0.08	0.48 ± 0.11
Td-Cd	0.57 ± 0.08	0.60 ± 0.10	0.56 ± 0.08	0.65 ± 0.03	0.58 ± 0.07	0.64 ± 0.08	0.56 ± 0.07	0.63 ± 0.02
Td-Pd	0.75 ± 0.06*	0.55 ± 0.07	0.66 ± 0.07	0.66 ± 0.05	0.63 ± 0.07	0.71 ± 0.10	0.71 ± 0.05*	0.55 ± 0.12
Td-Od	0.71 ± 0.09	0.68 ± 0.23	0.78 ± 0.06	0.67 ± 0.06	0.69 ± 0.05	0.67 ± 0.09	0.64 ± 0.05	0.56 ± 0.06
Pd-Cd	0.72 ± 0.09	0.59 ± 0.12	0.58 ± 0.11	0.66 ± 0.12	0.65 ± 0.08	0.72 ± 0.02	0.62 ± 0.08	0.50 ± 0.10
Pd-Od	0.86 ± 0.09*	0.58 ± 0.06	0.80 ± 0.07	0.73 ± 0.06	0.84 ± 0.06*	0.71 ± 0.02	0.85 ± 0.04*	0.56 ± 0.06
Od-Cd	0.66 ± 0.08	0.55 ± 0.12	0.50 ± 0.10	0.45 ± 0.02	0.57 ± 0.05	0.55 ± 0.06	0.55 ± 0.07	0.54 ± 0.03

Примітка. Пояснення такі ж самі, що й в табл. 1.

півкулі, а також тім'яної та потиличної ($r = 0.84 \pm 0.06$) зон правої півкулі (табл. 3). У той же час у хлопчиків, котрі заїкалися, значення КК для внутрішньопівкульних зв'язків коливань згаданого діапазону були більш низькими ($P \leq 0.05$) для лобової і скроневої ($r = 0.57 \pm 0.06$), лобової та центральної ($r = 0.51 \pm 0.10$) зон лівої півкулі, а також лобової і тім'яної ($r = 0.33 \pm 0.08$) зон правої півкулі головного мозку.

Вірогідно вищі ($P \leq 0.05$) КК осциляцій бета-частоти у хлопчиків із неврозоподібним заїканням порівняно з аналогічними показниками в контрольній групі спостерігалися при співставленні скроневого і потиличного ($r = 0.65 \pm 0.03$), скроневого і центрального ($r = 0.74 \pm 0.05$) локусів лівої півкулі (табл. 3), а також тім'яного і потиличного ($r = 0.85 \pm 0.04$) і скроневого та тім'яного (0.71 ± 0.05) локусів правої півкулі кори головного мозку ($P \leq 0.05$). У той же час у хлопчиків, що заїкалися, порівняно з хлопчиками без порушення мовної функції значення КК для бета-коливань були вірогідно нижчими за результатами співставлення лобової і скроневої ($r = 0.44 \pm 0.08$) зон кори правої півкулі та лобової і тім'яної ($r = 0.37 \pm 0.09$) зон лівої півкулі (табл. 3).

Таким чином, згідно з аналізом просторової

впорядкованості ЕЕГ-активності у великих півкулях головного мозку дітей дошкільного віку, у хлопчиків із неврозоподібним заїканням у низці зон головного мозку відмічалися помітно більші рівні когерентності значної частини коливань фонові ЕЕГ. Особливо це проявлялось у дельта- та альфа-діапазонах. У певній частині пар локусів для коливань усіх діапазонів фонові ЕЕГ у хлопчиків, що страждали на заїкання, спостерігались і значущі, і високі величини КК. У хлопчиків без порушення мовної функції значно частіше виявлялися лише значущі величини КК осциляцій даних частотних діапазонів ЕЕГ. Звертає на себе увагу також той факт, що когерентність тета-коливань у хлопчиків, що заїкалися, в цілому була помітно меншою, ніж у здорових хлопчиків, а просторовий розподіл когерентних зв'язків коливань зазначеного діапазону був досить специфічним.

ОБГОВОРЕННЯ

Вивчення просторової синхронності та синфазності коливань ЕЕГ за незмінного стану досліджуваного дозволяє певною мірою судити про зв'язки механізмів генерації цих коливань. Визначення

когерентності осциляцій ЕЕГ дає інформацію про ступінь подібності двох сигналів і, як наслідок, про їх міжрегіональну синхронізацію. Вважається, що сигнал ЕЕГ, відведений кожним з електродів, відображає в основному активність нейронних мереж даної області; тому когерентність у такому випадку може бути мірою взаємодії двох нейронних популяцій [9].

Когерентність електричної активності кори головного мозку, яка характеризує взаємозв'язок кортикальних ділянок, змінюється під час дозрівання мозку [10], але все ж демонструє досить високу генетичну детермінованість. Зважаючи на це, ми очікували виявлення специфічних патернів просторової синхронізації коливань ЕЕГ, пов'язаних із специфікою процесу мовлення у досліджуваних групах хлопчиків дошкільного віку.

Серед досить значної кількості робіт, в яких за допомогою реєстрації ЕЕГ досліджувався функціональний стан головного мозку дітей із заїканням, можна вказати наступні.

У 95 % дітей, що страждали на заїкання, були виявлені певні ознаки, характерні для діенцефального синдрому, що найчастіше формується при ураженнях гіпоталамуса. До таких ознак відносилися генералізовані спалахи монофазних або двофазних гострих хвиль альфа-частоти, а також веретенноподібні групи альфа- й бета-коливань. У решти дітей із заїканням були зареєстровані зміни електричної активності верхньостовбурового генезу [3, 11].

У дітей з логоневрозом відмічалися ознаки ірритації в тім'яно-потиличних відділах кори головного мозку та наявність аномального вогнища в тім'яно-потилично-скроневої області правої півкулі. Могли також спостерігатись ознаки пароксизмальної активності у фоновій ЕЕГ, поява генералізованої пароксизмальної (епілептиформної) активності в умовах гіпервентиляційної проби, наявність вираженої генералізованої пароксизмальної активності через 40–60 с після закінчення гіпервентиляції. В той же час розподіл альфа-активності в півкулях головного мозку не демонстрував істотних відхилень. Наявність вогнища повільнохвильової поліморфної активності в тім'яно-потиличній ділянці правої півкулі була зафіксована у 79 % хворих на логоневроз [3].

З інших ЕЕГ-феноменів слід відмітити загально мозкові зміни, що зустрічались у 66 % випадків і виглядали як інтенсифікація дифузних бета-коливань; це може бути пов'язано з дисфункцією гіпоталамуса [12]. Дослідження осіб

із заїканням виявило у них відносно підвищену потужність альфа-активності в задніх відділах лівої і в передніх відділах правої півкулі. У дітей, що розмовляли нормально, десинхронізація альфа-ритму при виконанні проби на прослуховування і повторення фраз переважала в задніх відділах лівої гемісфери, а в осіб з логоневрозом – правої гемісфери. У дітей без порушення темпоритмічних характеристик мовлення при вимові фраз із змістовим компонентом, що сильно активізують уявлення, спостерігалось збільшення потужності альфа-ритму тільки в лівій півкулі, а у дітей з логоневрозом – в обох гемісферах [12].

З наведеного короткого огляду досліджень характеристик поточної ЕЕГ у дітей з неврозоподібним заїканням видно, що когерентність частотних компонентів цього процесу вивчалась у даного контингенту в дуже обмеженій мірі або навіть взагалі безпосередньо не розглядалась. Спеціально зазначений аспект аналізувався лише у дітей старшого віку (підлітків). Повідомлялося, що для таких груп була характерною істотна кількість значущих та високих когерентних зв'язків у тета-діапазоні [13, 14]. Майже весь масив даних щодо когерентності хвиль ЕЕГ стосується дорослого контингенту [4, 5, 15, 16].

Згідно з результатами нашого дослідження, у дітей дошкільного віку з неврозоподібним заїканням, незважаючи на значну індивідуальну варіабельність, спостерігається низка досить значних відмінностей просторового патерну когерентних зв'язків ЕЕГ-коливань різних частотних діапазонів від аналогічного патерну у дітей того ж самого віку з нормальним мовленням. Насамперед, це значно жорсткіша когерентність найбільш низькочастотних ЕЕГ-коливань (дельта-ритму) і, в дещо меншій мірі, альфа-активності. У хлопчиків, що страждали на заїкання, дельта-коливання в нашому випадку демонстрували значущі та високі рівні когерентності майже в трьох чвертях усіх можливих пар співставлення, тоді як у групі контролю такі зв'язки спостерігались менше ніж у двох третинах випадків. При цьому в першій зі згаданих груп зв'язки високого рівня ($KK > 0.7$) були відмічені в 17 парах порівняння, а в другій – тільки в чотирьох (табл. 1–3; див. рисунок, А). До певної міри подібна, але менш різко виражена ситуація була характерна й для патерну когерентних зв'язків альфа-коливань. Для бета-активності картина теж виглядала досить подібною: сумарна кількість випадків значущої та високої когерентності даних осциляцій у двох групах була

дуже близькою, але високі значення КК бета-осциляцій у дітей із заїканнями спостерігались у п'яти випадках, а у дітей з нормальним мовленням – лише в одному. Іншими словами, у дітей з неврозподібним заїканням випадки строгого співпадіння фазово-частотних характеристик ЕЕГ-осциляцій зустрічаються значно частіше, ніж у контрольній групі, і насамперед це стосується найбільш низькочастотного компонента ЕЕГ – дельта-діапазону. Дана особливість може бути пов'язаною з аномально посиленою активністю глибинних структур головного мозку [6, 7, 12, 17–19].

Ситуація з когерентністю тета-коливаних є дещо відмінною, причому і в кількісному, і в якісному аспектах. Кількість випадків значущої та високої когерентності тета-активності в нашій групі дітей з неврозподібним заїканням виявилася значно меншою, ніж у групі контролю (менше половини всіх можливих комбінацій відведень порівняно з 80 % в останній групі). Водночас кількість міжлокусних зв'язків з високим (>0.7) рівнем когерентності тета-хвиль у хлопчиків, що заїкалися, була вдвічі більшою (вісім проти чотирьох у дітей з нормальним мовленням). При цьому майже всі пари локусів з відносно великими рівнями когерентності (>0.5) концентрувалися переважно в задніх регіонах кори; у фронтальній корі спостерігався лише один зв'язок (симетричний міжгемісферний – Fs–Fd). У хлопчиків же з нормальною мовною функцією когерентні зв'язки дещо меншої інтенсивності охоплювали практично всю поверхню кори (див. рисунок, 2). Отже, у дітей з неврозподібним заїканням спостерігається вельми специфічний просторовий патерн когерентних зв'язків тета-активності, значно відмінний і від такого у хлопчиків без розладу мовної функції, і від патернів когерентності коливаних інших частотних діапазонів в обох досліджених групах дітей. Беручи до уваги існуючі уявлення про особливу роль нейронних систем гіпокампа у формуванні ЕЕГ-хвиль тета-діапазону [6, 7, 12], логічним виглядає припущення про досить істотні порушення гіпокампо-неокортикальних відносин у дітей, що заїкаються.

Нарешті, третьою характерною особливістю патерну когерентних відносин ЕЕГ-активності у дітей з неврозподібним заїканням є значно жорсткіша когерентність осциляцій у симетричних локусах двох гемісфер («поперечних» парах відведень). Такі зв'язки між відведеннями Os–Od та Ps–Pd з високими значеннями КК були притаманні коливанням усіх частотних діапазонів

(див. рисунок). Крім того, такі ж самі відносини були характерні для дельта-активності в парі Cs–Cd і для тета-активності в лобових відведеннях (пара Fs–Fd). Аналогічні зв'язки в групі контролю в жодному випадку не досягали високого рівня (хоча значущі КК для даних відведень були звичайними). Таким чином, складається враження, що у дітей із неврозподібним заїканням генерація ЕЕГ-осциляцій у симетричних точках протилежних гемісфер є синхронною та синфазною значно частіше, ніж у дітей з нормальною мовною функцією. А це призводить до висновку, що спеціалізація функцій лівої та правої гемісфер та міжгемісферна асиметрія у дітей з подібним розладом мовлення виражені в дещо недостатній мірі.

У нашому дослідженні основну увагу ми звернули на загальну картину когерентних відносин між ЕЕГ-коливаннями в різних точках кори великих півкуль. Вірогідно, особливий інтерес мають викликати відповідні відносини між тими регіонами кори, котрі найбільш безпосередньо залучені в контроль функції мовлення. Це область задньої ділянки скроневої звивини (на стику первинної слухової та моторної кори) правої півкулі, так звана зона Верніке, та нижня частина премоторної звивини лівої півкулі (звичайно у правшів), зона Брока. Функцією першої з них вважають сприйняття мови, тоді як функцією другої є в основному контроль рухової сторони мовлення. Більш докладний аналіз когерентності ЕЕГ-осциляцій у цих двох спеціалізованих зонах кори, вірогідно, має бути предметом спеціального подальшого дослідження.

У нашій роботі ми зустрілися з досить високими значеннями КК ЕЕГ-коливаних у значній частині пар відведень. Пари з високими та значущими величинами КК звичайно складали значно більше половини всіх можливих комбінацій (табл. 1–3). У той же час більшість дослідників, котрі вивчали когерентність ЕЕГ-активності у дорослих, повідомляли про значно менші величини КК для переважної більшості регіонів кори [4, 15, 16]. Так, наприклад, у роботі Конаревої [16] високі значення КК практично були виключеннями, а в більшості випадків значення цього коефіцієнта відповідали лише низькому та помірному рівням. Очевидно, високі рівні когерентності ЕЕГ-осциляцій значною мірою притаманні онтогенетично незрілому мозку, а з віком загальний ступінь когерентності даної активності помітно зменшується, і ЕЕГ-коливання в різних локусах кори стають менш жорстко взаємопов'язаними. Віковий аспект когерентності

ЕЕГ-активності, безумовно, викликає спеціальний інтерес. Проте слід мати на увазі, що математичні підходи для кількісної характеристики когерентних зв'язків у різних роботах часто є помітно відмінними, і це може істотно впливати на конкретні значення КК, наведені в тому або іншому повідомленні. Тому, мабуть, коректним є співставлення лише тих характеристик когерентності ЕЕГ-хвиль, котрі отримані для ідентичних епох аналізу із використанням ідентичних розрахунків.

Відповідно до положень Комітету з етики Херсонського державного університету, а також згідно з принципами, викладеними в Хельсінкській декларації 1975 р., перед проведенням дослідження всіх обстежуваних дітей інформували про нешкідливість та безболісність процедури, її загальний порядок та приблизну тривалість; батьки всіх учасників досліджень були попередньо інформовані про зміст процедури експериментів і погодилися на участь у них.

Автори даної статті – Н. О. Васильєва та С. В. Шмалей – підтверджують, що у них немає конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В. Кондратенко, В. Ломоносов, *Заїкання: феноменологія та основні напрями реабілітації: навчальний посібник*, КНТ, Київ (2006).
2. В. М. Шкловский, И. П. Лукашевич, Е. В. Воробьева и др., “Патогенетические механизмы заикания”, *Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*, **100**, № 4, 50-53 (2000).
3. М. И. Лохов, Ю. А. Фесенко, Л. М. Щугарева, *Заикание: неврология или логопедия? ЭЛБИ-СПб., СПб.* (2005).
4. R. Swenson and D. M. Tucker, “Multivariate analysis of EEG coherence: stability of the metric individual differences in patterning and response to arousal,” *Biol. Psychol.*, **17**, No. 1, 59-75 (1983).
5. М. Р. Ньюер, “Количественный анализ и топографическое картирование ЭЭГ: методики, проблемы, клиническое применение”, *Успехи физиол. наук*, **23**, № 1, 20-39 (1992).
6. В. В. Гнездицкий, *Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга)*, МЕДпресс-информ, Москва (2004).
7. С. К. Евтушенко, А. А. Омеляненко, *Клиническая электроэнцефалография у детей*, Донецк (2005).
8. С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич, *Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel*, МОРИОН, Киев (2001).
9. И. С. Никишена, *Динамика изменений спектров мощности и когерентности многоканальной ЭЭГ в процессе биоуправления у детей с синдромом нарушения внимания и гиперактивностью*, Автореф. дис. ... канд. биол. наук, СПб. (2005).
10. R. Thatcher, “Cyclic cortical reorganization. Origins of human cognitive development,” in: *Human Behavior and the Developing Brain*, Guilford Press, New York, (1994), pp. 232-266.
11. R. Ceponienė, “Event-related potentials reflect spectral differences in speech and non-speech stimuli in children and adults,” *Clin. Neurophysiol.*, **119**, No. 7, 1560-1577 (2008).
12. Л. Р. Зенков, *Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии)*, МЕДпресс-информ, Москва (2004).
13. А. Поручинська, Н. Желамська, Т. Поручинська, “Просторовий розподіл когерентних зв'язків у тетрадіапазоні електроенцефалограми підлітків із різним рівнем сили нервових процесів при когнітивній діяльності”, *Вісн. Львів. ун-ту*, **50**, 122-130 (2009).
14. D. Poeppel, “The analysis of speech in different temporal integration windows: cerebral lateralization as asymmetric sampling in time,” *Speech Commun.*, **41**, 245-255 (2003).
15. D. M. Tucker, D. L. Roth, and T. B. Bair, “Functional connections among cortical regions: topography of EEG coherence,” *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **63**, No. 3, 242-250 (1986).
16. И. Н. Конарева, “Локус субъективного контроля: особенности когерентности фоновой ЭЭГ-активности в состоянии покоя”, *Neurophysiology/Нейрофизиология*, **45**, № 2, 288-295 (2013).
17. Н. О. Васильєва, С. В. Шмалей, “Міжсистемні взаємозв'язки показників електричної активності та гемодинаміки головного мозку при неврозоподібному заїканні”, *Світ медицини та біології*, № 2, 14-19 (2012).
18. М. Н. Ливанов, *Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга*, Наука, Москва (1989).
19. Г. А. Щекутьев, *Нейрофизиологические исследования в клинике*, Антидор, Москва (2001).