

УДК 612.82:612.216

DOI: 10.15587/2519-8025.2017.93545

АНАЛІЗ КОГЕРЕНТНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ У ОСІБ ІЗ РІЗНИМ ПРОФІЛЕМ АСИМЕТРІЇ ПІД ЧАС ОБРОБКИ РИТМІЧНИХ ПАТЕРНІВ

© О. С. Павлович, О. М. Абрамчук, Л. О. Шварц, А. І. Поручинський, А. Г. Моренко

Досліджено зміни когерентності електроенцефалограми кори головного мозку 170 осіб під час обробки ритмічних патернів. Встановлено збільшення когерентності в обстежуваних у скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори та зниження – між лобовими. Зміни в лобових ділянках більшою мірою характерні для жінок із правобічним та осіб із лівобічним профілями асиметрії

Ключові слова: електроенцефалограма (ЕЕГ), когерентність, відчуття ритму, ритмічні патерни, індивідуальний профіль асиметрії

1. Вступ

Нині в умовах постійного ускладнення інформаційного середовища людини (комп'ютеризація, необхідність виконання складних алгоритмів у побуті та в професійній діяльності) дослідження сенсомоторних процесів у людини є необхідним [1]. Сенсомоторні процеси відображають комплекс моторних відповідей на дію подразників різної модальності (світлових, звукових і т. д.) [2]. Моторний супровід у відповідь на ритмічні подразники звукової модальності, які формуються в сенсорному просторі сучасної людини, відображають відчуття ритму. Отже, реалізація відчуття ритму – сенсомоторний процес. Дослідження, якого викликає особливу зацікавленість оскільки передбачає з'ясування діяльності мозку людини при скоординованій взаємодії периферійного та центрального відділів слухової та моторної систем.

2. Літературний огляд

Реєстрація електроенцефалограми (ЕЕГ) найбільш повно та інформативно розкриває роботу мозку безпосередньо під час виконання певного виду діяльності, тобто відображає його дії в часі [3]. Досліджень, присвячених аналізу електроенцефалограми кори головного мозку під час обробки ритмічних патернів, нині небагато. Більше уваги приділено вивченню впливу на параметри ЕЕГ ритмічної фоно- й фотостимуляції різної інтенсивності та частоти [3, 4], аудіо- й зорово-моторного реагування [5, 6]. Постановка досліджуваної проблеми дасть змогу розвинути сучасні уявлення про мозкові процеси ритмоутворення. А саме вивчення фізіологічних механізмів відчуття ритму людини розкрити принципи синхронізованої взаємодії між різними центрами та структурами нервової системи.

Під час обробки інформації, що надходить по сенсорних системах до головного мозку людини важливу роль відіграє спеціалізація півкуль [7, 8]. З іншого боку, відповідно до результатів досліджень низки авторів [9, 10] на розподіл функцій між півкулями кори визначальний вплив здійснює індивідуальний профіль сенсорної та моторної асиметрії. Тому цей фактор необхідно враховувати під час дослідження ЕЕГ слухового сприйняття та мануального відтворення (обробки) ритмічних патернів.

Водночас недостатньо дослідженими під час забезпечення процесу суб'єктивного ритмізування у

осіб з відмінним індивідуальним профілем асиметрії залишаються взаємодія різних коркових ділянок, зміна міжпівкульової та внутрішньопівкульової діяльності. Крім того, не з'ясованим під час виконання дослідницьких завдань роль такого провідного біологічного фактора, як стать людини.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – з'ясувати наявність змін когерентності електроенцефалограми у осіб із різним профілем асиметрії під час обробки ритмічних патернів.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

– встановити зміни когерентності θ -, α -, β -, γ -коливаних ЕЕГ в обстежуваних групах під час слухового сприйняття й мануального відтворення (обробки) монофонічних та поліфонічних ритмічних патернів;

– виявити відмінності когерентності коливаних електроенцефалограми в обстежуваних залежно від статі та профілю асиметрії.

4. Матеріали та методи дослідження

В експерименті з дотриманням норм біомедицини етики взяло участь 170 осіб віком 19–21 рік. Залежно від профілю слухової та мануальної [10] асиметрії сформовано дві групи обстежуваних із різноставевими підгрупами: 50 осіб чоловічої й 50 жіночої статі з правобічним профілем мануальної та слухової асиметрії (ППА); 35 осіб чоловічої й 35 – жіночої статі з лівобічним профілем мануальної та слухової асиметрії (ЛПА). Обстеження жінок здійснено з урахуванням циклічних змін в організмі.

Реєстрацію електроенцефалограми здійснювали за такими тестовими ситуаціями:

- 1) стан функціонального спокою (фон);
- 2) слухове сприйняття й мануальне відтворення пальцями кисті ведучої та неведучої рук монофонічних ритмічних патернів;
- 3) слухове сприйняття й мануальне відтворення пальцями кисті ведучої та неведучої рук поліфонічних ритмічних патернів.

Мануальне відтворення ритмічних патернів передбачало відбиття пальцями кисті з мінімальною амплітудою у відповідь на кожен ритмічний звуковий стимул.

Усі ритмічні патерни розроблені за допомогою програмного забезпечення Finale-2006. Звукові стимули в патернах пред'являли бінаурально за допомогою чотирьох колонок, що містились у різних кутках кімнати на відстані 1,2 м від обстежуваного. Гучність регламентували за допомогою шумоміра DE-3301 № 0507011882 (свідоцтво про державну реєстрацію № В 025-2009, дійсне до 21 грудня 2014 р.). Вона на виході колонок не перевищувала 55–60 дБ. Усі патерни включали поодинокі й подвоєні стимули, їх подавали за однаковим ритмічним рисунком – «/ // // /». У монофонічних патернах як стимули використовували звуки барабанного бою, які мали однакову висоту. У поліфонічних патернах на одновисотні звуки барабанного бою накладали різновисотні (мелодичні) звуки гри на фортепіано.

ЕЕГ реєстрували з поверхні шкіри голови за допомогою апаратно-програмного комплексу «Нейроком», розробленого науково-технічним центром радіоелектронних медичних приладів і технологій «ХАІ-Медика» Національного аерокосмічного університету «ХАІ» (свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26 січня 2007 р.). При записі ЕЕГ активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у 19 точках на скальпі голови: лобових (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8), центральних (C3, C4), скроневих (T3, T4, T5, T6), тім'яних (P3, P4), потиличних (O1, O2) та сагітальних (Fz, Cz, Pz) відведеннях. Відведення з непарним індексом встановлювали в лівій півкулі, а з парним – у правій. Реєстрацію здійснювали монополярно, як референтні використовували вушні електроди A1 і A2. Для покращення якості запису розміщували додаткові референтні електроди – Ref та N (nasion).

За допомогою програмного забезпечення «Нейроком» здійснювали первинний аналіз ЕЕГ-даних. Оцінювали когерентність електричної активності міжпівкулевих симетричних (8 пар) та всіх внутрішньопівкулевих (56 пар по 28 у кожній півкулі кори) відведень. Доцільність вибору обраних пар зв'язків для оцінки когерентності обґрунтовано нами в роботі (Пат. 89604 Україна, МПК (2014.01) A61B5/00.U201313989). Когерентність є функцією, що показує синхронність змін ЕЕГ у двох різних відведеннях. Кількісний показник когерентності коефіцієнт, який варіює в діапазоні від 0 до +1. Чим вище значення коефіцієнта когерентності, тим тісніший зв'язок мозкових структур під час спеціалізованої діяльності. Показники когерентності коливань ЕЕГ досліджували в частотних діапазонах: тета (θ)-частота – 4–7 Гц, амплітуда – 100–150 мкВ, альфа (α)-частота – 8–13 Гц, амплітуда – до 100 мкВ, бета (β)-частота – 14–35 Гц, амплітуда – 5–30 мкВ, гамма (γ)-частота – 36–45 Гц та амплітуда нижче 10 мкВ.

Обчислення значущих відмінностей здійснювали за допомогою параметричних методів статистики ($p \leq 0,05$ і $p \leq 0,001$).

5. Результати досліджень змін когерентності ЕЕГ під час обробки ритмічних патернів у чоловіків і жінок із різним профілем асиметрії

Сприйняття та відтворення моно- та поліфонічних ритмічних патернів супроводжувалося зростан-

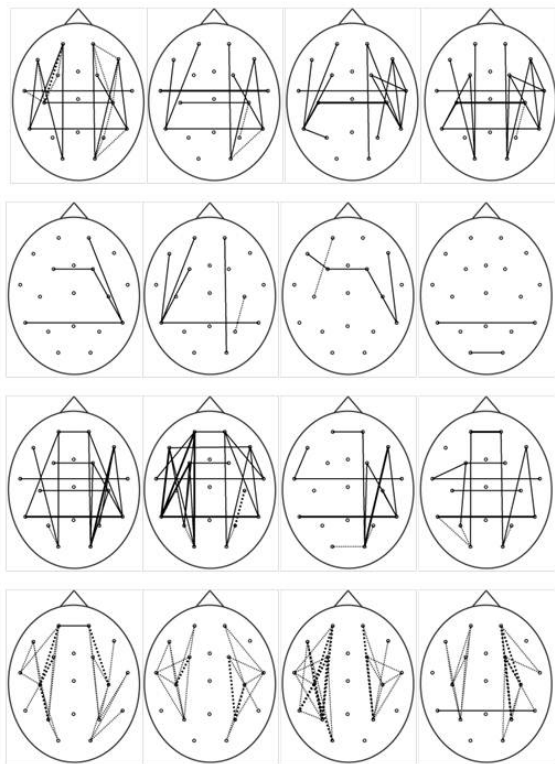
ням та зниженням когерентності θ -, α -, β - і γ -коливань ЕЕГ у групах обстежуваних, порівняно зі станом функціонального спокою (рис. 1, 2).

У θ -діапазоні ЕЕГ сприйняття й відтворення ритмічних патернів в осіб із ППА та чоловіків із ЛПА супроводжувалося здебільшого зростанням між- та внутрішньопівкулевої когерентності, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$ (рис. 1, а). Водночас під час відтворення монофонічних патернів правою рукою виявлено локальне зниження когерентності в чоловіків із ППА в лобових відведеннях, у чоловіків із ЛПА – у задніх ділянках кори, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$. У жінок із ППА за умов тестування простежили посилення міжпівкулевих і правопівкулевих когерентних взаємодій між лобово-скроневими ділянками, $p \leq 0,05$ (рис. 1, а). Зниження внутрішньопівкулевої когерентності в корі зафіксували в лівопрофільних осіб жіночої статі, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$ (рис. 1, а).

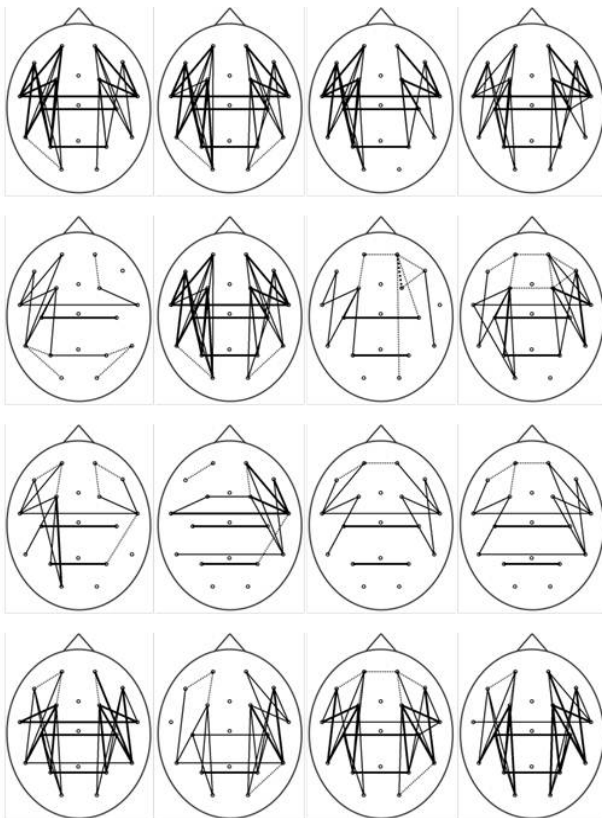
Під час обробки моно- та поліфонічних ритмічних патернів у групах встановлено зростання міжпівкулевої (між скроневими, центральними й тім'яними відведеннями) та внутрішньопівкулевої когерентності в α -діапазоні ЕЕГ, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$ (рис. 1, б). Ця закономірність у чоловіків із ППА та жінок із ЛПА більш значуща й поширена в корі та локальна – в чоловіків із ЛПА й жінок із ППА. Зниження когерентності фіксували в жінок із ППА та осіб із ЛПА між відведеннями лобової ділянки, особливо під час поліфонічного тестування, $p \leq 0,05$ (рис. 1, б). Крім цього, у підгрупах виявляли зменшення α -когерентності у лівій скроневій ділянці $p \leq 0,05$, (рис. 1, б).

Сприйняття й відтворення ритмічних патернів в обстежуваних відбувалося переважно зі зростанням між- і внутрішньопівкулевої когерентності β -коливань ЕЕГ загалом у корі, $p \leq 0,05$ (рис. 2, а). Більш значущі зміни за таких умов простежували в підгрупах жінок, у чоловіків – під час обробки монофонічних патернів ведучою рукою. Варто зазначити, що в інших тестових пробах у підгрупах чоловіків помітні більш локальні зміни (рис. 2, а). Зменшення β -когерентності ЕЕГ реєстрували в лобових структурах, особливо правої півкулі. Такі зміни були більш значущими в жінок із ППА та в осіб із ЛПА під час поліфонічного тестування, $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$. Зниження когерентності також фіксували в чоловіків із ППА й осіб із ЛПА, особливо в жінок, у скроневих і потиличних ділянках правої півкулі, $p \leq 0,05$ (рис. 2, а).

Сприйняття й відтворення монофонічних патернів в усіх обстежуваних супроводжувалося локальним збільшенням між- та внутрішньопівкулевої когерентності γ -коливань ЕЕГ, $p \leq 0,05$ (рис. 2, б). Зокрема, у правій півкулі в лівопрофільних жінок і між скроневими й потиличними ділянками кори обох півкуль у чоловіків із ППА відзначали зниження когерентності, $p \leq 0,05$ (рис. 2, б). Під час поліфонічного тестування в усіх чоловіків у центральних і скроневих ділянках, у жінок із ППА й у чоловіків із ЛПА також між лобовими та потиличними ділянками кори ($p \leq 0,05$) реєстрували збільшення когерентності γ -коливань ЕЕГ (рис. 2, б). У лобових ділянках у всіх обстежуваних виявили послаблення когерентних взаємодій, у чоловіків із ППА також і між відведеннями задніх структур кори обох півкуль, $p \leq 0,05$ (рис. 2, б).

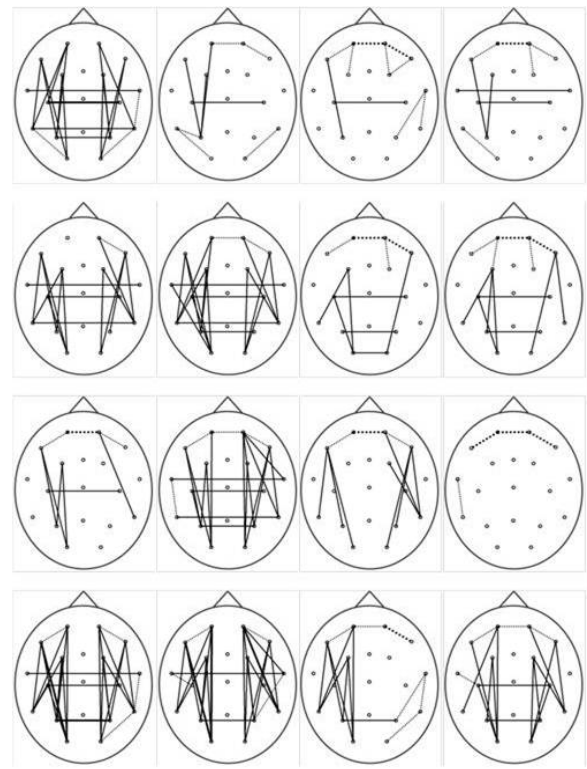


a

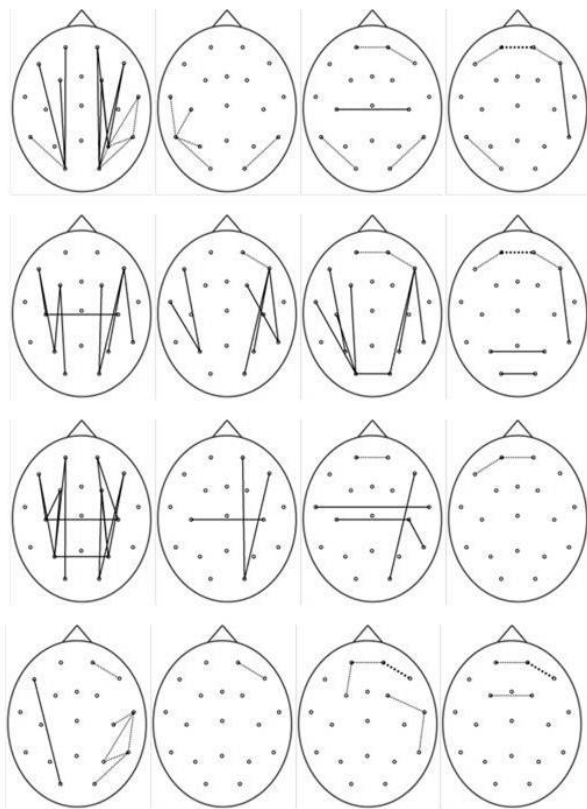


б

Рис. 1. Зміни когерентності електроенцефалограми в обстежуваних під час обробки ритмічних патернів, порівняно зі станом спокою: *a* – в θ -діапазоні ЕЕГ; *б* – в α -діапазоні ЕЕГ: ----- – зростання (зниження) показників, порівняно з фоном, $0,001 \leq p \leq 0,05$; --- – зростання (зниження) показників, порівняно з фоном, $p \leq 0,001$



a



б

Рис. 2. Зміни когерентності електроенцефалограми в обстежуваних під час обробки ритмічних патернів, порівняно зі станом спокою: *a* – в β -діапазоні ЕЕГ; *б* – в γ -діапазоні ЕЕГ: ----- – зростання (зниження) показників, порівняно з фоном, $0,001 \leq p \leq 0,05$; --- – зростання (зниження) показників, порівняно з фоном, $p \leq 0,001$

Таким чином, когерентність коливань ЕЕГ зростає в θ -, α - та β -діапазонах у корі під час обробки ритмічних патернів у групах обстежуваних, окрім жінок із ЛПА. Локальне зменшення значень когерентності α - і β -коливань встановлено під час сприйняття та відтворення ритмічних патернів у лобових ділянках, передусім у правопротильних жінок та лівопротильних осіб.

6. Обговорення результатів дослідження змін когерентності ЕЕГ

Отже, під час обробки ритмічних патернів в обстежуваних групах встановлено зміни когерентності електроенцефалограми, а саме її зростання передусім у скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори та локальне зниження в лобових коркових ділянках. Відповідно до наших попередніх досліджень по динамічних змінах ЕЕГ [3] та узгоджених даних літератури тім'яні та задні скроневі ділянки кори відображають процеси активної обробки сенсорної інформації й сенсорно-просторової уваги, а центральні – є корелятом запуску моторної програми та відбору м'язів, які беруть участь у поточній діяльності [11]. Тому очевидно, що виявлене нами зростання когерентності θ -, α - і β -коливань ЕЕГ у скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори створює сприятливі умови для поширення в корі процесів збудження, інтеграції й передачі сенсорної та моторної інформації [12]. Під час виконання завдань правою рукою активаційні процеси зміщувались у контрлатеральну ліву півкулю, лівою рукою – у праву. Такі міжпівкульові відмінності можуть бути зумовлені відмінністю іннерваційних впливів на периферійний нейромоторний апарат домінантною й субдомінантною півкулями відносно працюючої кінцівки.

На фоні збільшення когерентності в корі як загальної тенденції привертає увагу зниження когерентних зв'язків між лобовими відведеннями, передусім у α - і β -діапазонах. На нашу думку та відповідно до даних Posner M. I. et all. [13], це може вказувати на зменшення спрямованого впливу префронтальної кори на ділянки, пов'язані зі сприйняттям й обробкою сенсорної та моторної інформації, у період активності останніх. Це дає підстави припустити, що такі ділянки кори отримують більше «автономності», що, вочевидь, забезпечує полегшення збудження в цих коркових зонах. Роль відповідних змін когерентності

збільшується в лівопротильних осіб, у статевому аспекті – у жінок. Цікавим виявляється й зменшення когерентності коливань у задньоскронево-потиличний ділянці кори. На наш погляд, таке явище може відображати реципрокне переключення фокусу уваги від обробки сенсорних стимулів до процесів організації моторики. Ця особливість простежується в широкому частотному спектрі ЕЕГ у правопротильних чоловіків, у θ - і α -діапазонах – у чоловіків із ЛПА та в жінок. Усі процеси обробки інформації відбувалися на фоні зростання когерентності дистантних зв'язків γ -коливань, що, можливо, забезпечувало стан готовності (очікування) до дії й створювало умови для зв'язування різних процесів, які одночасно відбуваються в корі.

Під час ускладнення сенсорної структури ритмічних патернів (поліфонічного тестування) і виконання завдань неведучою рукою виявляли розширення зони активації (зростання когерентності) за рахунок лобових і передніх скроневих ділянок кори, що відповідають за складніші форми поведінкової й моторної діяльності, а також потиличних, що пов'язані з мисленим уявленням дії [3].

Таким чином, відповідно до отриманих результатів по зміні когерентності електроенцефалограми, досліджено, що в жінок із правобічним та в осіб із лівобічним профілями асиметрії сприйняття й відтворення ритмічних патернів супроводжується зменшенням спрямованого впливу префронтальної кори на центральні, тім'яні та скроневі ділянки, що полегшує активаційні зміни в останніх. Загалом такі зміни діяльності кори головного мозку в жінок з ППА та осіб з ЛПА за нашими попередніми дослідженнями по сприйняттю та відтворенню (розрізненню) ритмічних фрагментів вказали на їх вищу успішність [1].

7. Висновки

На основі одержаних результатів зроблено такі висновки: когерентність коливань ЕЕГ здебільшого зростає в θ -, α - та β -діапазонах у скроневих, центральних та тім'яних ділянках кори під час слухового сприйняття й мануального відтворення (обробки) моно- та поліфонічних ритмічних патернів у групах обстежуваних. Локальне зменшення значень когерентності α - і β -коливань встановлено під час обробки ритмічних патернів у лобових ділянках, передусім у правопротильних жінок та лівопротильних осіб.

Література

1. Павлович, О. С. Успішність відчуття ритму в чоловіків та жінок з правобічним та лівобічним профілями асиметрії [Текст] / О. С. Павлович, А. І. Розік, В. М. Драганчук, А. Г. Моренко // Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки. – 2013. – № 14. – С. 110–115.
2. Pavlovych, O. S. Cortical Arousal Strategies in Left-Handers during the Aural Perception and Manual Playback of Mono- and Polyphonic Rhythmical Patterns [Text] / O. S. Pavlovych, A. G. Morenko, O. A. Kotyk, S. S. Vlasjuk // Journal of Life Sciences. – 2012. – Vol. 6. – P. 1408–1413.
3. Моренко, А. Г. Кіркові активаційні процеси у чоловіків із високою та низькою вихідною індивідуальною частотою α -ритму під час сенсомоторної діяльності різної складності [Текст] / А. Г. Моренко, О. С. Павлович, І. Я. Коцан // Фізіологічний журнал. – 2013. – Т. 59, № 5. – С. 41–49.
4. Пономарев, В. А. Десинхронизация и синхронизация ЭЭГ подростков, вызванные стимулами, запускающими или запрещающими сенсомоторную реакцию. Сообщение I. Влияние модальности стимулов [Текст] / В. А. Пономарев, Ю. Д. Кропотов, О. В. Кропотова // Физиология человека. – 1999. – Т. 6, № 1. – С. 15–22.

5. Palva, S. New vistas for alpha-frequency band oscillations [Text] / S. Palva, J. M. Palva // Trends in Neurosciences. – 2007. – Vol. 30, Issue 4. – P. 150–158. doi: 10.1016/j.tins.2007.02.001
6. Айдаркин, Е. К. Динамика функциональной межполушарной асимметрии в процессе реализации сенсомоторной реакции [Текст]: мат. Всеросс. конф. / Е. К. Айдаркин // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии и нейропластичности. – М.: Научный мир, 2008. – С. 4–8.
7. Боброва, Е. В. Современные представления о корковых механизмах и межполушарной асимметрии контроля позы (Обзор литературы по проблеме) [Текст] / Е. В. Боброва // Журнал высшей нервной деятельности. – 2007. – Т. 58, № 1. – С. 12–27.
8. Болдырева, Н. Г. Межцентральные отношения ЭЭГ как отражение системной организации мозга человека в норме и патологии [Текст] / Г. Н. Болдырева, Л. А. Жаворонкова, Е. В. Шарова, И. С. Добронравова // Журнал высшей нервной деятельности. – 2003. – Т. 53, № 4. – С. 391–401.
9. Жаворонкова, Л. А. Правши и левши: особенности межполушарной асимметрии мозга и параметров когерентности ЭЭГ [Текст] / Л. А. Жаворонкова // Журнал высшей нервной деятельности. – 2007. – Т. 57, № 6. – С. 645–662.
10. Брагина, Н. Н. Функциональные асимметрии человека [Текст] / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. – М.: Медицина, 1981. – 288 с.
11. Иоффе, М. Е. Мозговые механизмы формирования новых движений при обучении: эволюция классических представлений [Текст] / М. Е. Иоффе // Журнал высшей нервной деятельности. – 2003. – Т. 53, № 1. – С. 5–21.
12. Яковенко, И. А. Анализ вызванной электрической активности коры головного мозга с помощью вейвлет-преобразования на разных стадиях установки на эмоциональное выражение лица [Текст] / И. А. Яковенко, Е. А. Черемушкин, М. К. Козлов // Журнал высшей нервной деятельности. – 2010. – Т. 60, № 4. – С. 409–418.
13. Posner, M. I. The attention system of human brain [Text] / M. I. Posner, S. E. Petersen // Annual Review of Neuroscience. – 1990. – Vol. 13, Issue 1. – P. 25–42. doi: 10.1146/annurev.neuro.13.1.25

Дата надходження рукопису 03.02.2017

Павлович Ольга Сергіївна, кандидат біологічних наук, завідувач лабораторією, лабораторія електроміографії, кафедра фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
E-mail: pos-bio@mail.ru

Абрамчук Ольга Миколаївна, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
E-mail: oabramchuk@gmail.com

Шварц Людмила Олексіївна, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
E-mail: lyudmila.shvarcz@gmail.com

Поручинський Андрій Іванович, кандидат біологічних наук, доцент, кафедра фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
E-mail: Poruchynskiyi.Andrii@eenu.edu.ua

Моренко Алевтина Григорівна, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
E-mail: alevmore@gmail.com