



УДК 612.82:615.825

Особливості електроміографічної активності дистальних м'язів кисті в жінок із різною модальною α -частотою

Ольга Коржик, Ольга Павлович, Сергій Бранюк, Алевтина Моренко

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна
Адреса для листування: Morenko.Alevtyna@eenu.edu.ua

Отримано: 12.05.18; прийнято до друку: 13.06.18; опубліковано: 25.06.18

Резюме. Важливим компонентом узгодженої активності моторних систем головного мозку й діяльності виконавчого апарату є питання взаємозв'язку характеристик певних ритмів електроенцефалограми з особливостями керування дистальними м'язами. Уважається, що характер спонтанної ЕЕГ визначається генетично детермінованими особливостями структурно-функціональної організації мозку й може бути пов'язаний із рівнем психомоторних і когнітивних здібностей. **Мета дослідження** полягає у виявленні особливостей електричної активності поверхневих м'язів пальців кисті як показників їхнього функціонального стану в спокої та під час виконання мануальних рухів у відповідь на дію сенсорних сигналів у жінок із різними характеристиками α -ритму ЕЕГ. Обстежено 136 респонденток віком 19–21 рік, яких розділено на дві групи – із високими та низькими значеннями індивідуальної модальної альфа-частоти (α Ч) ЕЕГ, визначеної індивідуально в стані спокою. Електроміограми (ЕМГ) м'яз-згинача (*m. flexor digitorum superficialis*) і розгинача (*m. extensor digitorum*) пальців кисті жінок реєстрували в стані спокою та під час стискання і розтискання пальців кисті правої і лівої рук у відповідь на ритмічні слухові сигнали. Функціональний стан м'язів в спокої оцінювали за середніми амплітудою і частотою фонових осциляцій ЕМГ, стан цих м'язів під час мануальних рухів – за логарифмічними коефіцієнтами змін середніх амплітуди та частоти ЕМГ. У жінок із високою α Ч у стані спокою встановлено більш значущі латеральні й реципрокні відмінності параметрів електроміограми флексорів та екстензорів пальців кисті руки, порівняно з обстежуваними з низькою індивідуальною α -частотою. Жінок із високою α -частотою під час мануальних рухів відзначала менша скорочувальна активність поверхневих м'язів пальців кисті, особливо згиначів правої руки. Для жінок із низькою α -частотою притаманні менш специфічні й диференційовані процеси активації поверхневих м'язів пальців. Перспективою подальших досліджень може бути встановлення особливостей електроміографічної активності дистальних м'язів рук за умови ускладнення мануальної моторики.

Ключові слова: флексор, екстензор, мануальні рухи, електроміограма, амплітуда.

Peculiarities of Electromyographic Activity of Hand's Distal Muscles in Women With Different Modal α -Frequency

Olga Korzhyk, Olga Pavlovych, Sergiy Braniuk, Alevtyna Morenko

Lesia Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine
Correspondence: Morenko.Alevtyna@eenu.edu.ua

Resume. An important component of the coordinated activity of the brain's motor systems and of the executive apparatus is the question of the relationship between the characteristics of the electroencephalogram's specific rhythms and the features of control of distal muscles. It is believed that the EEG modal α -frequency is determined genetically along with the brain's structural and functional organization and might be related to the

level of psychomotor and cognitive abilities. The purpose of the study is to identify the electrical activity of the surface muscles of the hand's fingers as indicators of their functional state at rest and during the execution of manual movements in response to the action of sensory signals in women with different characteristics of the α -rhythm of the EEG. The study involved 136 women aged 19–21 years, who were divided into two groups – with high and low values of EEG modal alpha frequency ($1\alpha F$), which was determined individually during rest state. Electromyograms of flexor muscle (*m. Flexor digitorum superficialis*) and extensor (*m. Extensor digitorum*) fingers of women were registered at rest and during manual compression movements and unclashed fingers of right and left hands in response to rhythmic auditory signals. Functional state of the muscles was evaluated at rest by the average amplitude and by the frequency of background oscillations of EMG, condition of these muscle during manual movements – by the amplitude medium logarithmic change factor and EMG frequency. At rest in women with high $1\alpha F$ was installed more significant lateral and reciprocal differences in the electromyogram parameters of flexor and extensor fingers of the hand compared to the examinees with low individual α -range. During the manual movements women with high modal α -frequency were marked with less contractile activity of superficial finger muscles, especially right hand's flexors. Women with low α -frequency were marked with less specific and differentiated processes of surface muscles fingers activation. The prospect of further research may be to establish the peculiarities of the electromyographic activity of the hand's distal muscle, under conditions of higher manual complexity of manual movements.

Key words: flexor, extensor, manual movement, electromyogram, amplitude.

Вступ

Важливим компонентом узгодженої активності моторних систем головного мозку й діяльності виконавчого апарату є питання взаємозв'язку характеристик певних ритмів електроенцефалограми (ЕЕГ) з особливостями керування дистальними м'язами верхніх кінцівок. Уважається, що характер спонтанної ЕЕГ визначається генетично детермінованими особливостями структурно-функціональної організації мозку [1–3]. Одним із найбільш цінних параметрів мозкових процесів вважається мода частоти α -ритму [4–8]. Згідно з літературними даними, переважання у фоновій ЕЕГ тієї чи іншої людини низько- або високочастотних діапазонів альфа-ритму може бути пов'язане із рівнем психомоторних і пізнавальних здібностей [9–12]. В осіб із вихідною високою модальною частотою α -ритму ЕЕГ виявлено вищий рівень вибірковості уваги й локальніші зміни електричної активності кори головного мозку в перебігу сенсорного сприйняття та регуляції мануальної моторики, тоді як в обстежуваних із відносно низькою модою α -частоти відзначено менш специфічні й диференційовані процеси активації кори [13, 14].

Виходячи з таких результатів, а також ураховуючи структурно-функціональні

особливості пірамідної системи, ми припустили, що характеристики фонові α -активності, зокрема мода α -частоти ЕЕГ, можуть мати відображення не лише в особливостях організації мозкової діяльності людини, але й у функціях виконавчого апарату, а саме в активності м'язів кисті. Водночас аналіз літературних джерел виявив недостатність інформації про особливості центрального програмування і низхідної іннервації м'язів дистальних відділів руки в людей із різною індивідуальною α -частотою під час виконання звичних мануальних рухів.

Мета дослідження – виявлення особливостей електричної активності поверхневих м'язів пальців кисті як показників їхнього функціонального стану в спокої й під час виконання мануальних рухів у відповідь на дію сенсорних сигналів у жінок із різними характеристиками α -ритму ЕЕГ.

Матеріали й методи дослідження

У тестах узяли участь 136 здорових жінок-добровольців віком 19–21 рік. Визначали профіль мануальної та слухової асиметрії за характером відповідей під час опитування й виконання моторних і психоакустичних проб [15]. У подальших тестах брали участь обстежувані з правим

профілем мануальної та слухової асиметрії (коефіцієнт асиметрії – вище +50 %). Цю групу склали 113 жінок.

Під час ЕЕГ – тестування обстежувані перебували в стані спокою із закритими очима в положенні напівлежачи, кінцівки розслаблені, не перехрещені. Експеримент відбувався у звуко- й світлонепрониклій кімнаті.

Для кожного обстежуваного експериментальна процедура реєстрації ЕМГ уключала такі послідовні етапи: стан функціонального спокою, стискання та розтискання пальців кисті без зусилля (за типом хапальних рухів) у відповідь на звукові стимули.

Як стимули використовували ритмічні акустичні сигнали, що імітували барабанний бій (програмне забезпечення *Finale 2006*; частота 2 c^{-1} , загальна кількість стимулів у пробі – 80). Вибір відносно низької частоти фоностимуляції був зумовлений тим, що саме така частота відповідає частотному діапазону виконання мануальних рухів. Такий діапазон принципово зумовлений біомеханічними можливостями реалізації рухів дистальних ланок руки [16]. Слухові сигнали подавали бінаурально за допомогою чотирьох акустичних колонок, які розміщували на відстані 1,2 м від обстежуваного [17]. Тривалість кожного сигналу становила 120 мс, частотний діапазон – 220–235 Гц, гучність на виході колонок не перевищувала 55 дБ над порогом чутності (визначали за допомогою шумоміра DE-3301).

ЕЕГ реєстрували, використовуючи стандартні методичні прийоми, за допомогою апаратно-програмного комплексу «Нейроком» (НТЦ «ХАІ-Медика», свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26.01.2007 р.). Під час монополярного відведення ЕЕГ активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у 19 точках на скальпі голови. Відведення з непарним індексом відповідали лівій півкулі, а з

парним – правій. Референтним електродом слугували об'єднані контакти на мочках вух. Для покращення якості запису використовували додаткові референтні електроди між передньолобовими та латеральнолобовими відведеннями (Ref) та між правим і лівим передніми лобовими відведеннями (N, nasion).

У кожного обстежуваного в кожному відведенні ЕЕГ визначали моду спектральної потужності α -ритму ЕЕГ. Її значення усереднювали за всіма відведеннями; отриману величину вважали індивідуальною α -частотою обстежуваного (I α Ч, Гц) [18]. В усіх жінок розраховували середнє значення такого показника. Прийняли умовний розподіл вибірки. Обстежувані, які мали менше значення I α Ч, ніж середнє, увійшли до групи з низькою I α Ч ($n = 59$, I α Ч < 10,25 Гц). Обстежувані, які мали більше значення I α Ч, ніж середнє, увійшли до групи з високою I α Ч ($n = 54$, I α Ч \geq 10,25 Гц).

Реєстрацію ЕМГ поверхневих м'язів – згинача (*m. flexor digitorum superficialis*) та розгинача (*m. extensor digitorum*) пальців кисті правої й лівої рук, здійснювали із застосуванням двоканальної системи комп'ютерної електроміографії «Нейро-ЕМГ-Мікро» («Нейрософт», Росія, ЄС-сертифікат № RQ093102-V). Використовували біполярне відведення поверхневими електродами, які фіксували на шкірі над ділянкою рухової точки м'яза; електрод заземлення розміщували над ліктьовим суглобом. Сигнали ЕМГ усереднювали за десятьма реалізаціям для кожної експериментальної ситуації. Тривалість кожної ЕМГ-проби становила 40 с.

У стані спокою аналізували середні амплітуду (мкВ) і частоту (Гц) коливань ЕМГ. Під час моторних навантажень розраховували логарифмічні коефіцієнти ($L = 20 \lg A(\text{Ч})_{\text{руху}}/A(\text{Ч})_{\text{спокою}}$, дБ) змін середніх амплітуди (А) й частоти (Ч) коливань ЕМГ м'язів, порівняно зі станом спокою [19, 20]. Вибір таких показників зумовлений значними розбіжностями у величині

похибки середніх у спокої та під час мануальних рухів в обстежуваних.

Для перевірки на нормальність розподілів числових даних у вибірках застосовано *W*-тест Шапіро-Уїлкоксона (пакет *STATISTICA* 6.0, *Stat-Soft*, 2001). Оскільки розподіли наших даних звичайно були нормальними, розраховували середні значення (*M*), стандартні відхилення (σ) та величини похибки середнього ($\pm m$). Обчислення значущих відмінностей (від $p \leq 0,05$ – $\leq 0,01$) здійснювали, використовуючи параметричні тести, зокрема *t*-критерій Стюдента для залежних вибірок (між тестами) й незалежних із рівними вибірками (між групами). Статистичні

розрахунки та побудову графіків і діаграм проводили за допомогою комп'ютера типу *IBM PC Pentium* та програмного пакета *M. Excel Windows Vista*.

Результати й обговорення

У жінок обох груп встановлено вищу амплітуду коливань ЕМГ м'язів-розгинчів правої й лівої рук ($p \leq 0,05$). Амплітуда м'яза-згинача лівої руки у жінок із високою ІаЧ була більшою, порівняно з правою рукою ($p \leq 0,05$). Відзначали більшу частоту коливань ЕМГ м'яза-згинача лівої руки в жінок із низькою ІаЧ, ніж розгинача ($p \leq 0,05$) (рис. 1).

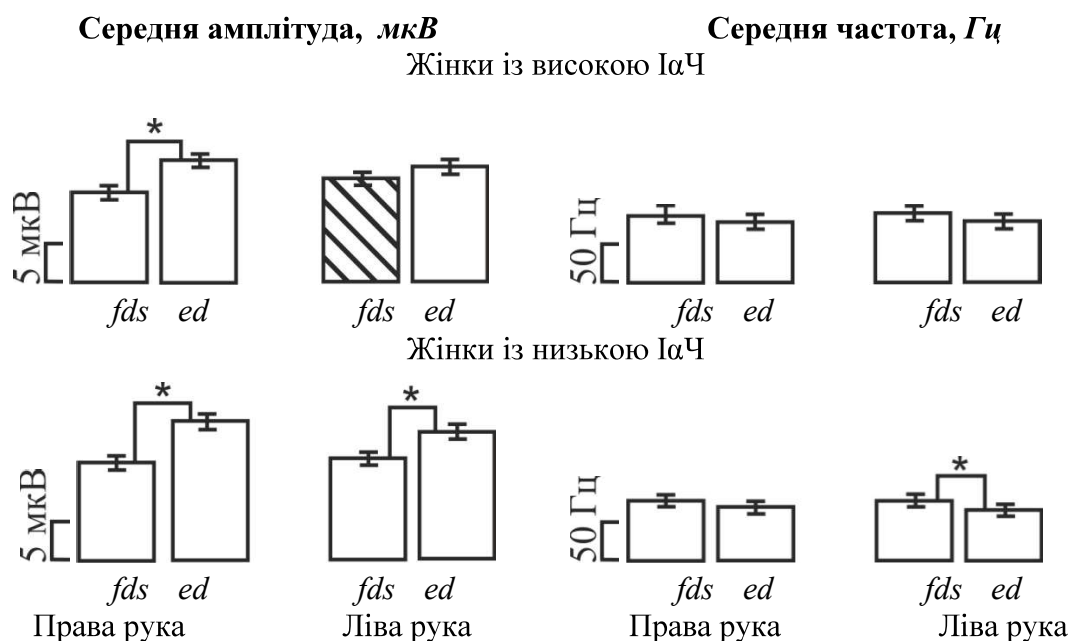


Рис. 1. Діаграми середньої амплітуди й середньої частоти коливань ЕМГ (мкВ) поверхневих м'язів-згиначів (*m. flexor digitorum superficialis*, *fds*) і розгиначів (*m. extensor digitorum*, *ed*) пальців кисті правої та лівої рук у групах обстежуваних жінок

Примітки.

- 1) *, ** – значущі відмінності між параметрами ЕМГ антагоністичних м'язів, $p \leq 0,05$)
 ▨ ▢ – значущі відмінності між параметрами ЕМГ м'язів правої та лівої рук, $p \leq 0,05$.

Особливості ЕМГ-активності поверхневих дистальних м'язів руки під час виконання мануальних рухів у жінок із високою і низькою ІаЧ. У всіх жінок реєстрували збільшення значень логарифмічного коефіцієнта приросту середньої

амплітуди коливань ЕМГ усіх працюючих м'язів, порівняно зі станом спокою. ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів-згиначів правої та лівої рук ($p \leq 0,05$) був більшим, порівняно з розгиначами ($p \leq 0,05$). Значення ЛКП середньої

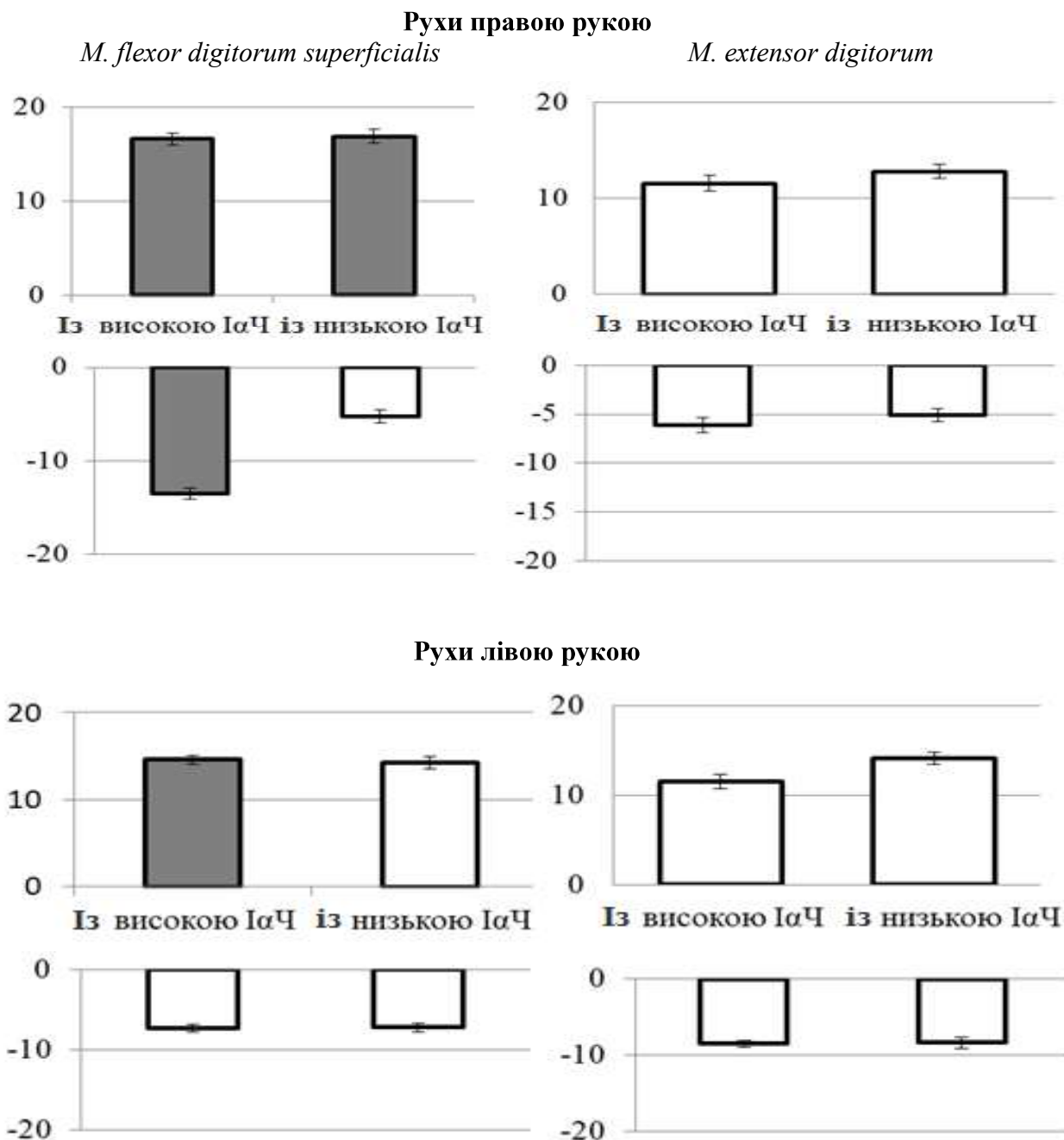


Рис. 2. Логарифмічні коефіцієнти (дБ) приросту середньої амплітуди й спадання середньої частоти коливань ЕМГ поверхневих м'язів пальців кисті правої та лівої рук у групах жінок із різною частотою α -ритму ЕЕГ під час виконання мануальних рухів, порівняно зі спокоєм

Примітки до рис. 2:

Сірий стовпчик показує відмінності між м'язами-антагоністами, $p \leq 0,05$;

незафарбований стовпчик – відсутність відмінностей між м'язами-антагоністами.

амплітуди ЕМГ-коливань усіх м'язів правої руки, особливо згиначів, були вищими, ніж лівої (із $p \leq 0,05$) (рис. 2).

В усіх обстежуваних під час виконання мануальних моторних завдань встановили збільшення значень логарифмічного коефіцієнта спаду (ЛКС) середньої частоти ЕМГ-активності (рис. 2). У досліджуваних із високою І α Ч ЛКС середньої частоти ЕМГ-коливань м'яза-згинача правої руки під час рухів пальців вагомо перевищував такий розгинача ($p \leq 0,05$). Робота правою рукою супроводжувалася більшим ЛКС середньої частоти ЕМГ м'яза-згинача ($p \leq 0,05$) порівняно з лівою рукою.

Жінки із низькою І α Ч відзначалися вищими ЛКС середньої частоти ЕМГ-коливань м'яза-згинача правої руки ($p \leq 0,05$), лівою рукою – ЛКП середньої амплітуди ЕМГ м'яза-розгинача ($p \leq 0,05$), ніж обстежувані з високою І α Ч.

Згідно з даними літератури [19, 21–24], такі зміни можуть указувати на зростання ЕМГ-активності м'язів, передусім згиначів, пов'язане зі збільшенням м'язового зусилля й напруги, підвищенням узгодженості роботи моторних одиниць м'язів. Під час виконання рухів у жінок із високою І α Ч відзначали меншу ЕМГ-активність м'язів правої руки, ніж лівої ($p \leq 0,05$). Такі закономірності можуть засвідчувати більшу «економічність» роботи м'язів правої руки, особливо згиначів, обстежуваних із високою І α Ч. Для жінок із низькою α -частотою були притаманні менш специфічні й диференційовані процеси активації поверхневих м'язів пальців.

Висновки

У стані спокою в жінок, передусім із високою І α Ч, установлені значущі латеральні та реципрокні відмінності параметрів електроміограми флексорів та екстензорів пальців кисті руки, порівняно з обстежуваними з низькою індивідуальною α -частотою. Під час виконання мануальних рухів жінок із вихідною високою

α -частотою відзначено меншу скорочувальну активність поверхневих м'язів пальців кисті, особливо згиначів правої руки. Для жінок із низькою α -частотою властиві менш специфічні й диференційовані процеси активації поверхневих м'язів пальців.

Дослідження проведено в рамках наукової теми біологічного факультету Східноєвропейського національного університету імені Лесі України «Нейрофізіологічні механізми сенсомоторної організації людини (віковий та статевий аспекти)», № 0111U002143 (2009–2011 роки).

Література

1. Базанова О. М.; Афтанас Л. Й. Индивидуальные показатели альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность. *Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова* 2007, 93 (1), с 14–26.
2. Иффе М. Е. Мозговые механизмы формирования новых движений при обучении: эволюция классических представлений. *Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова* 2003, 53 (1), с 5–21.
3. Hikosaka O.; Nakamura K.; Sakai K.; Nakahara H. Central mechanisms of motor skill learning. *Current Opinion in Neurobiol.* 2002, 12 (2), pp 217–222.
4. Умрюхин Е. А.; Коробеникова И. И.; Каратыгин Н.А. Успешность выполнения тестовых заданий студентами с различными спектральными характеристиками α -ритма фоновой электроэнцефалограммы. *Физиология человека*, 2009, 35 (5), с 33–39.
5. Bazanova O.M. Age related alpha activity change differs for males and females and for low and high alpha frequency EEG patterns. *Revista Española de Neuropsicología* 2008, 10 (1), pp 82–83.
6. Begleiter H.; Potjesz B.. Genetics of human brain oscillations. *International Journal of Psychophysiology* 2006, 60 (2), pp 162–171.
7. Hummel F.; Saur R.; Lasogga S.; Plewnia C.; Erb M.; Wildgruber D.; Grodd W.; Gerloff, C. To act or not to act: neural correlates of executive control of learned motor behavior. *NeuroImage* 2004, 23, pp 1391–1401.
8. Morenko A. G.; Tsjos A V.; Kotsan I. Ya. Features of the cortical activity of men having a high or low alpha-frequency background of the EEG while performing alternate finger movements. *Health Problems of Civilization* 2014, 8(1), pp 24–31.

9. Моренко А. Г.; Павлович О. С.; Коцан И. Я. Кортикальные активационные процессы у мужчин с высокой и низкой исходной индивидуальной частотой альфа-ритма во время сенсомоторной деятельности различной сложности. *Физиологический журнал* 2013, 59 (5), с 41–49.
10. Персон Р. С. *Спинальные механизмы управления мышечным сокращением*. Наука: Москва, 1985; с 184.
11. Булгакова Н. В.; Тальнов А. В.; Мельничук О. П.; Костюков А. И. Систематичні помилки позиціонування та електроміографічна активність м'язів у односуглобових рухах людини. *Фізіологічний журнал* 2008, 54 (1), с 17–26.
12. Anokhin A.; Muller V.; Lindenberger U.; Heath A. C.; Myers E. Genetic influences on dynamic complexity of brain oscillations. *Neurosci Letters* 2006, 397 (1–2), pp. 93–98. doi: 10.1016 / j.neulet.2005.12.025
13. Куликов Г.А. Принцип доминанты и кортикальные механизмы слухо-двигательной координации. *Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова*, 2000, 86 (8), с 961–967.
14. Klimesch W.; Sauseng P.; Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 2007, 53, pp 63–88.
15. Жаворонкова Л. А. Правши – Левши. Межполушарная асимметрия биопотенциалов мезга человека. *Jekoinvest: Krasnodar*, 2009; с 240.
16. Лапутін А. М. *Біомеханіка спорту*. Олімпійська література: Київ, 2001; с 319.
17. Каплан А. Я.; Борисов С. В. Динамика сегментных характеристик альфа-активности ЭЭГ человека в покое и при когнитивных нагрузках. *Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова* 2003, 53 (1), сс. 22–32.
18. Angelakis E.; Lubar J. F.; Stathopoulou S.; Kounios J. Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness. *Clinical Neurophysiology* 2004, 115, pp 887–897.
19. Верещака І. В.; Горковенко А. В.. Суперпозиція моторних команд в перебігу створення двосуглобових статистичних зусиль м'язами руки людини. *Фізіологічний журнал* 2012, 58 (1), сс 43–50.
20. Разумникова О. М.; Тарасова И. В.; Вольф Н. В. Особенности активации коры у лиц с высокой и низкой вербальной креативностью: анализ альфа 1, 2-ритмов. *Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова*, 2009, 59 (5), СС, 581–586.
21. Мейгал А. Ю.; Ивуков А. Ю.; Герасимова Л. И. Влияние общего охлаждения на электромиографические характеристики мышечного утомления, вызванного динамометрической нагрузкой. *Физиология человека*, 2000, 26 (2), сс. 80.
22. Герасимова Л. И.; Варламова Т. В.; Антонен Е. Г. Возрастные особенности турн-амплитудных характеристик электромиограммы при дозированном изометрическом сокращении. *Физиология человека*, 2004, 30 (3), с 119–125.
23. Гурфинкель В. С.; Левик Ю. С. *Концепция схемы тела и моторный контроль. Интеллектуальные процессы и их моделирование*. Организация движений. Наука: Москва, 1991; с 59–105.
24. Клиماش А. В.; Цицерошин М. Н.; Шеповальников А. Н. Нарушения пространственной организации биоэлектрической активности мезга у больных с тяжелой черепно-мозговой травмой при различной выраженности угнетения сознания. *Физиология человека* 2010, 36 (5), с 49–65.