

16. Temporal differences in the ability of ethanol to modulate endotoxin-induced increases in inflammatory cytokines in muscle under in vivo conditions / R. A. Frost, G. Nystrom, P. V. Burrows, C. H. Lang // *Alcohol. Clin. Exp. Res.* – 2005. – Vol. 29, № 7. – P. 1247–1256.
17. The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) / G. Mancia, R. Fagard, K. Narkiewicz [et al.] // *European Heart Journal.* – 2013. – Vol. 34, № 28. – P. 2159–2219.
18. Vary T. C. Restoration of protein synthesis in heart and skeletal muscle after withdrawal of alcohol / T. C. Vary, A. C. Nairn, C. H. Lang // *Alcohol. Clin. Exp. Res.* – 2004. – Vol. 28, № 4. – P. 517–525.
19. World health statistics 2014 / [World Health Organization]. – Geneva : WHO, 2014. – P. 180.

**Мельничук Алексей.** Временной ход последнего сокращения в тетанусе *m. gastrocnemius* (cap. med) в алкоголизованных крыс в условиях критической васкулярной ишемии задних конечностей. Изменение вектора развития мышечной силы. В работе исследовались изменения контрактильных и векторных характеристик последнего сокращения в последовательных тетанических пробегах *m. gastrocnemius* (cap. med) в алкоголизованных крыс. Регистрация механической активности *m. gastrocnemius* (cap. med) осуществлялась в изометрическом режиме при непосредственной электрической стимуляции. Анализ контрактильных интервалов мышечного сокращения позволил сделать вывод об отсутствии достоверных изменений временного хода сокращения мышцы в алкоголизованных крыс сравнительно с неалкоголизованными. Однако в алкоголизованных и неалкоголизованных крыс мышца развивает силу под острым углом, сравнительно с контролем, где числовые значения tg угла  $\varphi$ , приближенные к значениям прямого угла, уменьшаясь во второй половине эксперимента. Изменение вектора развития мышечной силы в обеих экспериментальных группах крыс свидетельствует об интенсивных ишемие-ассоциированных ультраструктурных изменениях мышечной ткани и ускорении развития мускульной усталости.

**Ключевые слова:** *m. gastrocnemius*, алкогольная интоксикация, васкулярная ишемия, вектор развития мышечной силы, контрактильные характеристики.

**Melnychuk Olexiy.** Time Course of the Last Contraction of *m. gastrocnemius* (cap. med) Tetanus in Alcohol-intoxicated Rats under Critical Vascular Hind Limbs Ischemia. The Change of Muscle Tension Vector Growth. In this article was studied contractile characteristics and muscle tension vector growth changes of the last contraction of *m. gastrocnemius* (cap. med) tetanic runs sequence in alcohol-intoxicated rats. *m. gastrocnemius* (cap. med) mechanical activity was conducted in isometric mode under direct electrical stimulation. Muscle contraction contractile intervals analysis suggests to the conclusion about the absence of significant changes in the time course of *m. gastrocnemius* (cap. med) muscle contraction in alcohol-intoxicated rats compared with non-alcoholic. However, in alcohol-intoxicated and non-alcoholic rats muscle develops tension at an acute angle, compared to the control, where tg  $\varphi$  angle numerical values are approximate to the straight angle values decreasing in the second half of the experiment. The change of muscle tension vector growth in both experimental rat groups are indicates the intense ischemic-associated muscle tissue ultrastructural changes and muscle fatigue development accelerate.

**Key words:** *m. gastrocnemius*, alcohol intoxication, vascular ischemia, muscle tension vector growth, contractile properties.

Стаття надійшла до редколегії  
22.04.2014 р.

УДК 612.82:615.825

Алевтина Моренко

### Електрична активність кори головного мозку та поверхневих м'язів пальців у жінок із високою і низькою індивідуальною $\alpha$ -частотою

113 здорових жінок за значенням медіани ( $m_e = 10,29$  Гц) індивідуальної  $\alpha$ -частоти (ІАЧ) було поділено на групи з високим і низьким рівнями ІАЧ. У жінок із високою ІАЧ вищий активаційний тонус кори пов'язаний із більшими латеральними відмінностями активності дистальних м'язів кисті, з низькою ІАЧ – виявлено підвищення напруженості мозкових процесів.

**Ключові слова:** стан функціонального спокою, індивідуальна альфа-частота, потужність і когерентність електроенцефалограми, тонус м'язів.

© Моренко А., 2014

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Раціональність й успішність діяльності людини значною мірою визначають індивідуальні структурно-функціональні особливості сенсорної та моторної систем, діяльність мозку. Фізіологічною методикою, яка дає змогу прямо оцінити індивідуальні генетично обумовлені особливості структурно-функціональної організації головного мозку, є реєстрація фонові електроенцефалограми (ЕЕГ) [2; 4; 11; 17; 21]. Серед її параметрів найбільшу інформативність має індивідуальна варіативність амплітудно-частотних характеристик  $\alpha$ -ритму ЕЕГ, зокрема частота максимального піку  $\alpha$ -ритму [1; 10; 13; 14; 18]. Цей показник відображає вроджені особливості структурної організації таламічних нейронів, а точніше, їх кальцієвих Т-каналів, активності йоно- та метаболічних рецепторів, специфіки таламо-кортикальних і ретикуло-таламічних взаємодій [12; 15; 22; 23]. Вважається, що переважання у фоновій енцефалограмі людини низько- або високочастотного діапазону  $\alpha$ -ритму обумовлює її психомоторні та когнітивні можливості [1; 6; 7; 16; 19; 20].

Водночас нині недостатньо інформації про особливості мозкових процесів у людей із різною індивідуальною  $\alpha$ -частотою та про їх вплив на процеси низхідної іннервації м'язів дистальних відділів руки. Наявних на сьогодні даних не вистачає для створення цілісної системи уявлень із цієї проблематики. Проте така проблема досить актуальна і має не тільки теоретичне, а й очевидне практичне значення.

**Мета і завдання дослідження** полягають у встановленні особливостей мозкових процесів та низхідної іннервації м'язової периферії в стані спокою з урахуванням порівняльного вивчення потужності і когерентності коливань ЕЕГ, амплітудно-частотних параметрів ЕМГ поверхневих м'язів пальців кисті в жінок із високою або низькою вихідною індивідуальною  $\alpha$ -частотою.

**Організація та методи досліджень.** У наших дослідженнях узяли участь 113 жінок-добровольців віком 19–21 рік. При проведенні експерименту були дотримані норми біомедичної етики відповідно до Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень за участю людини. Усі жінки були здорові за даними медичного професійно-консультативного висновку, мали нормальний слух за самооцінкою, правобічний профіль мануальної та слухової асиметрії. Останній показник визначали за характером відповідей під час опитування та виконання моторних і психоакустичних проб [3].

Під час ЕЕГ та електроміографічного (ЕМГ) тестувань обстежували перебували у стані спокою із заплющеними очима в положенні напівлежачи, кінцівки розслаблені, не перехрещені. Експеримент відбувався у звуко- і світлонепроникній кімнаті.

При записі електроенцефалограми (ЕЕГ, «Нейроком», свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26 січня 2007 р.) активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках на скальпі голови. Реєстрацію ЕЕГ здійснювали монополярно, як референтні використовували вушні електроди. Тривалість проби становила 40 с. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу становила 4 с із 50 % перекриттям. Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували процедуру ICA-аналізу.

Оцінювали потужність ( $\text{mkB}^2$ ) і когерентність електричної активності мозку в  $\theta$ -,  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -частотних діапазонах. Беручи до уваги функціональну гетерогенність різних піддіапазонів  $\alpha$ - і  $\beta$ -ритмів ЕЕГ, ми враховували зміни потужності й когерентності в кожному з них. Аналізували коефіцієнти когерентності від 0,5.

У кожній обстежуваній визначали індивідуальну  $\alpha$ -частоту ЕЕГ за методикою W. Klimesch et al. [20] (ІАЧ, Гц). За величиною медіани, усередненої в усіх частках кори ІАЧ, було сформовано групи з високою ( $n = 59$ , ІАЧ  $\geq 10,29$  Гц) і низькою ( $n = 59$ , ІАЧ  $< 10,29$  Гц) ІАЧ.

Межі частотних діапазонів визначали індивідуально, виходячи зі значення ІАЧ обстежуваної особи. Використовували такий алгоритм [20]: у правий бік від ІАЧ з кроком у 2 Гц відкладали верхню межу  $\alpha 3$ -піддіапазону. Вона відповідала нижній межі  $\beta 1$ -смути. Верхню межу  $\beta 1$ -піддіапазону визначили відповідно до класичних уявлень як 25 Гц. Ліворуч від піку з кроком у 2 Гц визначали нижню межу  $\alpha 2$ -, в 4 Гц –  $\alpha 1$ -, у 6 Гц –  $\theta$ -частот. Межі  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -смути визначалися як класичні – відповідно 26–35 Гц і 36–45 Гц.

Одержані індивідуальні значення потужності та когерентності коливань ЕЕГ у межах виділених груп усереднювали для кожного відведення.

Реєстрували ЕМГ («Нейрософт», ЄС-сертифікат відповідності № RQ093102-V, виданий EUROCAT Institute for Certification and Testing і дійсний до 07.11.2014 р.) поверхневих м'язів-згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis*) та розгиначів (*musculus extensor digitorum*) пальців кисті правої і лівої



рук. При реєстрації ЕМГ використовували біполярне відведення поверхневими електродами. Тривалість ЕМГ-проби становила 40 с. Сигнали ЕМГ у режимі off-line обробляли за допомогою фільтрації та амплітудно-частотного аналізу. Фільтри високих частот встановлювали на рівні 5 кГц, низьких – 2 Гц. Режекторний фільтр становив 50–60 Гц. Епоха аналізу становила 3 с із частотою запити АЦП 10 кГц. Аналізували середню амплітуду (мкВ) і частоту (Гц) коливань ЕМГ.

Статистичну обробку результатів дослідження виконано в програмному забезпеченні Microsoft Excel, STATISTICA 6.0 (Stat-Soft, 2001). Нормальність розподілу даних у вибірках перевіряли функціями «Скос», «Екссес», у тесті Шапіро–Вілка (показник W). Обчислення значущих відмінностей ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) здійснювали за допомогою параметричних методів статистики, зокрема t-критерію Стьюдента для незалежних рівних вибірок.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження.** *Міжгрупові відмінності потужності й когерентності ЕЕГ.* Жінок із низьким рівнем ІАЧ у стані спокою характеризують вища потужність  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ ( $p \leq 0,001$ ) і нижча – в  $\alpha 3$ -,  $\beta 2$ -,  $\gamma$ -смугах, ніж в осіб із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 1). За даними W. Klimesch et al. [20] такі відмінності можуть свідчити про те, що обстежуваних осіб із високою ІАЧ характеризує вищий рівень фонового активаційного тону кори, готовності до діяльності й контролю інформаційних процесів. Гіпотетично це може бути наслідком полегшення таламокортикальних взаємодій [23]. У жінок із низькою ІАЧ на фоні порівняно нижчого вихідного функціонального стану кори відзначено вищі значення когерентності  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ, особливо в лобових, передніх скроневих і центральних ділянках кори, ніж в осіб з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Така закономірність, доповнена вищою потужністю  $\beta 1$ -активності в корі, може вказувати на компенсаторне зростання напруженості мозкових процесів [9], що, ймовірно, модулюється посиленням неспецифічних тонічних впливів лімбічної системи [5]. У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою в діапазоні  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -частот відзначено нижчу когерентність у корі ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 1). Такі відмінності можуть обумовлюватися слабшими інтегративними можливостями кори, пов'язаними з когнітивними функціями, взаємодією неокортикальних проєкцій різних аналізаторних систем [8].

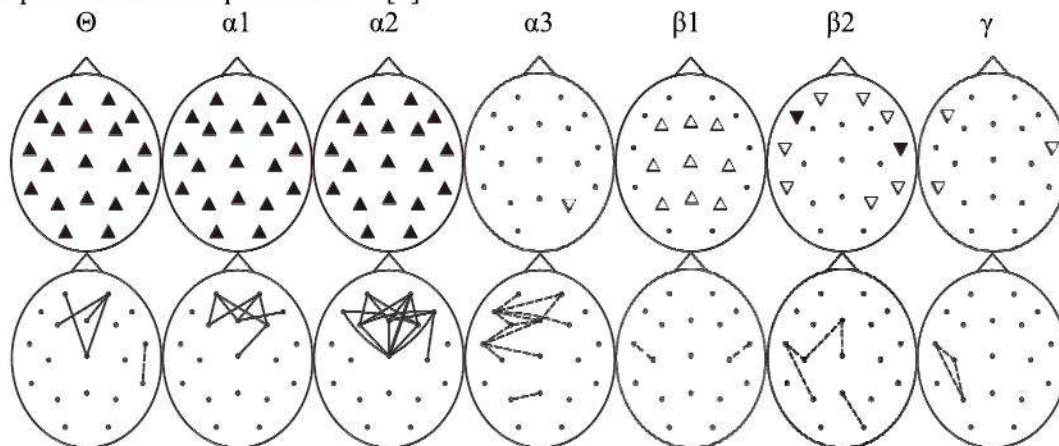


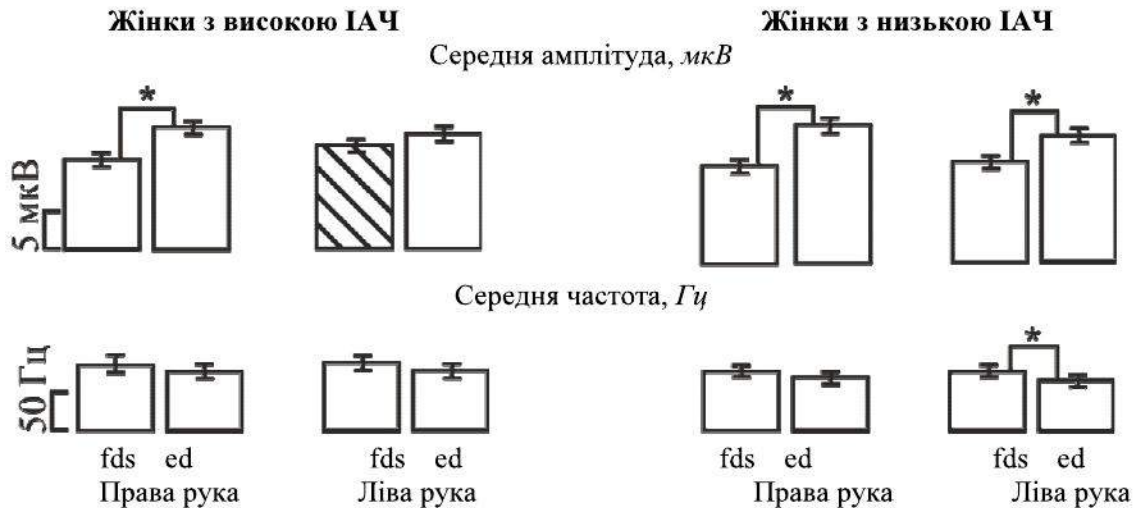
Рис. 1. Відмінності потужності та когерентності коливань ЕЕГ між групами жінок у стані спокою:

- 1) == (==) – вища (нижча) когерентність у підгрупі з низьким рівнем ІАЧ,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ;
- 2)  $\blacktriangle$   $\blacktriangledown$  – вища (нижча) потужність у підгрупі з низьким рівнем ІАЧ,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$

*Міжгрупові відмінності параметрів ЕМГ поверхневих м'язів пальців кисті у стані спокою.* Тонус спокою м'язів правої руки в усіх жінок забезпечують значне переважання амплітуди та нижчі показники частоти коливань ЕМГ м'язів-розгиначів ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 2). Це вказує на активацію порівняно більшої кількості рухових одиниць м'язів-розгиначів, вищу синхронізацію їх розрядів та, як наслідок, їх вищий тонус спокою.

Тонус спокою лівої руки в жінок із високою ІАЧ характеризує збільшення амплітуди ЕМГ згиначів порівняно з правою рукою ( $p \leq 0,05$ ), що можна обґрунтувати меншою вправністю неспроможної руки у жінок-правшів. У групі із низькою ІАЧ простежено аналогічний розподіл тону згиначів і розгиначів до такої правої руки. Встановлено вищу амплітуду і нижчу частоту ЕМГ розгиначів ( $p \leq 0,05$ ). Такі особливості можуть бути свідченням меншої диференційованості в іннервації м'язів правої і лівої руки в жінок із низькою ІАЧ.





**Рис. 2.** Значення середньої амплітуди коливань ЕМГ (мкВ) поверхневих м'язів-згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis*, fds) та розгиначів (*musculus extensor digitorum*, ed) пальців кисті правої та лівої рук у групах обстежуваних осіб:

- 1) \* – значущі відмінності між параметрами ЕМГ антагоністичних м'язів,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ;
- 2) ▨ ▩ – значущі відмінності між параметрами ЕМГ м'язів правої та лівої рук,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Отримані результати загалом доводять вагому роль індивідуального рівня  $\alpha$ -частоти обстежуваних, визначеного в стані спокою, у формуванні мозкових процесів і низхідних впливів на нервово-м'язову периферію у стані функціонального спокою. У жінок із високою ІАЧ у стані спокою встановлені особливості потужності й когерентності ЕЕГ вказують на вищий активаційний тонус кори, очевидно обумовлений полегшенням таламокортикальних взаємодій. Результатом таких мозкових процесів є більша латеральна асиметричність супраспинальних впливів на нервово-м'язову периферію. У жінок із низькою ІАЧ нижчий функціональний стан кори компенсується підвищенням напруженості мозкових процесів, що може модулюватися з боку лімбічної системи. За таких умов відзначено меншу диференціацію низхідних впливів на м'язи пальців правої та лівої рук.

Відповідно до одержаних результатів перспективою наших подальших досліджень є встановлення особливостей мозкових процесів та їх впливів на процеси низхідної іннервації м'язів дистальних відділів руки у жінок із різною індивідуальною  $\alpha$ -частотою під час функціональних навантажень, пов'язаних із сенсорним сприйняттям, мануальною моторикою.

Роботу виконано за підтримки державного фінансування (реєстр. номер проекту 0111U002143).

#### Джерела та література

1. Базанова О. М. Современная интерпретация альфа-активности электроэнцефалограммы / О. М. Базанова // Успехи физиологических наук. – 2009. – Т. 40, № 3. – С. 32–53.
2. Взаимосвязь эффективности деятельности человека с ЭЭГ-характеристиками его исходного состояния покоя / С. А. Крижановский, И. Г. Зима, С. В. Тукаев, А. А. Чернинский // Ученые записки Таврич. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Серия : Биология, химия. – 2009. – Т. 22, № 1. – С. 50–58.
3. Жаворонкова Л. А. Правши-левши. Межполушарная асимметрия биопотенциалов мозга человека / Л. А. Жаворонкова. – Краснодар : Экоинвест, 2009. – 240 с.
4. Кирой В. Н. Механизмы формирования и роль осцилляторной активности нейронных популяций в системной деятельности мозга / В. Н. Кирой, Е. И. Белова // Журнал высшей нервной деятельности. – 2000. – Т. 50, № 2. – С. 179–191.
5. Книпст И. Н. Динамика топограмм потенциалов и функциональное состояние коры больших полушарий / И. Н. Книпст, Н. С. Курова, А. В. Кориневский. – М. : Наука, 1982. – 166 с.
6. Русалова М. Н. Функциональная асимметрия мозга: эмоции и активация / М. Н. Русалова // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34, № 5. – С. 93–112.
7. Умрюхин Е. А. Успешность выполнения тестовых заданий студентами с различными спектральными характеристиками  $\alpha$ -ритма фоновой электроэнцефалограммы / Е. А. Умрюхин, И. И. Коробейникова, Н. А. Каратыгин // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 5. – С. 33–39.
8. Чернінський А. О. Олфактична дія рослинних ефірних олій на функціональну активність головного мозку людини : автореф. дис. ... канд. біол. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / Чернінський Андрій Олександрович ; КНУ ім. Т. Шевченка. – К., 2005. – 13 с.

9. Яковенко И. А. Анализ вызванной электрической активности коры головного мозга с помощью вейвлет-преобразования на разных стадиях установки на эмоциональное выражение лица / И. А. Яковенко, Е. А. Черемушкин, М. К. Козлов // Журнал высшей нервной деятельности. – 2010. – Т. 60, № 4. – С. 409–418.
10. Anokhin A. P. Genetic influences on dynamic complexity of brain oscillations / A. P. Anokhin, V. Muller, U. Lindenberger [et al.] // Neuroscience Letters. – 2006. – Vol. 397, № 1–2. – P. 93–98.
11. Begleiter H. Genetics of human brain oscillations / H. Begleiter, B. Porjesz // International Journal of Psychophysiology. – 2006. – Vol. 60, № 2. – P. 162–171.
12. Bellone C. Rapid bidirectional switching of synaptic NMDA receptors / C. Bellone, R. A. Nicoll // Neuron. – 2007. – Vol. 55, № 5. – P. 779–788.
13. Christian J. C. Genetic analysis of the resting electroencephalographic power spectrum in humans twins / J. C. Christian, S. Morzorati, J. A. Norton [et al.] // Journal of Psychophysiology. – 1996. – Vol. 33. – P. 584–591.
14. Clark R. C. Spontaneous alpha peak frequency predicts working memory performance across the age span / R. C. Clark, D. Veltmeyer, R. J. Hamilton [et al.] // International Journal of Psychophysiology. – 2004. – Vol. 53. – P. 1–9.
15. Conn P. J. Pharmacology and functions of metabotropic glutamate receptors / P. J. Conn, J. P. Pin // Annual Review of Pharmacology and Toxicology. – 1997. – Vol. 37. – P. 205–237.
16. Doppelmayr M. Intelligence related upper alpha desynchronization in a semantic memory task / M. Doppelmayr, W. Klimesch, K. Hodlmoser [et al.] // Brain Research Bulletin. – 2005. – Vol. 66. – P. 171–177.
17. Greicius M. D. Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis / M. D. Greicius, B. Krasnow, A. L. Reiss, V. Moenon // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2003. – Vol. 100, № 1. – P. 253–258.
18. Hooper G. S. Comparison of the distributions of classical and adaptively aligned EEG power spectra / G. S. Hooper // International Journal of Psychophysiology. – 2005. – Vol. 55, № 2. – P. 179–189.
19. Hyde J. S. The gender similarities hypothesis / J. S. Hyde // American Psychologist. – 2005. – Vol. 60, № 6. – P. 581.
20. Klimesch W. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis / W. Klimesch, P. Sauseng, S. Hanslmayr // Brain Research Reviews. – 2007. – Vol. 53. – P. 63–88.
21. Mantini D. Electrophysiological signatures of resting state network in the human brain / D. Mantini, M. G. Perucci, C. Del Gratta [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2007. – Vol. 104, № 32. – P. 13170–13175.
22. Niswender C. M. New therapeutic frontiers for metabotropic glutamate receptors / C. M. Niswender, C. K. Jones, P. J. Conn // Current Topics in Medicinal Chemistry. – 2005. – Vol. 5, № 9. – P. 847–857.
23. Pfurtscheller G. Inter- and intrahemispheric differences in the peak frequency of rhythmic activity within the alpha band / G. Pfurtscheller, H. Maresch, S. Schuy // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. – 1977. – Vol. 42, № 1. – P. 77–83.

**Моренко Алевтина. Электрическая активность коры головного мозга и дистальных мышц рук у женщин с высоким и низким уровнем индивидуальной альфа-частоты.** Обследованы 113 здоровых женщин в возрасте 19–21 лет, которые по значению усредненной во всех долях коры медианы индивидуальной  $\alpha$ -частоты (ИАЧ) были разделены на две группы – с высоким ( $n = 59$ ,  $IA \geq 10,29$  Гц) и низким ( $n = 54$ ,  $IAF < 10,29$  Гц) уровнями ИАЧ. Оценивали межгрупповые различия мощности и когерентности колебаний ЭЭГ, средней амплитуды и частоты ЭМГ-сигнала в состоянии покоя. У женщин с высокой ИАЧ установлены особенности мощности и когерентности ЭЭГ указывают на высший активационный тонус коры. Результатом таких мозговых процессов является большая латеральная и реципрокная асимметричность супраспинальных воздействий на нервно-мышечную периферию. У женщин с низкой ИАЧ низшее функциональное состояние коры компенсируется повышением напряженности мозговых процессов, что может модулироваться со стороны лимбической системы. При таких условиях отмечена меньшая латеральная специфичность нисходящих влияний на мышцы пальцев правой и левой рук.

**Ключевые слова:** состояние функционального покоя, индивидуальная альфа-частота, мощность и когерентность электроэнцефалограммы, тонус мышц.

**Morenko Alevtyna. Electrical Activity of the Cerebral Cortex and Superficial Muscles of the Fingers in Women Having High or Low Individual  $\alpha$ -Frequency.** A test group consisting of 113 healthy women from the ages of 19 to 21 was divided into two groups according to the magnitude of their individual EEG  $\alpha$ -frequency (IAF) median – groups with high ( $n = 59$ ,  $IA \geq 10,29$  Hz) and low ( $n = 54$ ,  $IAF < 10,29$  Hz) levels of IAF. Differences between the groups in terms of the power and coherence of EEG oscillations and the EMG signal average amplitude and frequency at rest were estimated. Installed features of power and coherence of EEG oscillations indicate a higher cortex activation tone in women with high IAF. The result of such cerebral processes is the large lateral and reciprocal asymmetry of supraspinal effects on the neuromuscular periphery. In contrast, a lower functional state of the cortex offset the increasing intensity of brain processes that can be modulated by the limbic system in women with low IAF. Under these conditions, marked by smaller lateral specificity in the downstream impacts on the muscles of fingers of the right and left hands.

**Key words:** functional status of rest, individual alpha-frequency, electroencephalogram power and coherency, muscle tone.

Стаття надійшла до редколегії  
04.04.2014 р.