

## НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНЕ ТА ВЕГЕТАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕРОБКИ СЛУХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ОСІБ З РІЗНИМ РІВНЕМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РУХЛИВОСТІ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ

*У статті проаналізовано кореляцію між кількістю перероблених слухових подразників, функціональною рухливістю нервових процесів, показниками електроенцефалографа та спектральними характеристиками серцевого ритму. Виявлено топографічні відмінності в розподілі електроенцефалографічної активності кори головного мозку та сумарній потужності спектру серцевого ритму осіб з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів.*

**Ключові слова:** електроенцефалографія, функціональна рухливість нервових процесів, слухомоторна діяльність, регуляція серцевого ритму.

**Постановка проблеми.** Дослідження шляхів мобілізації функціональних резервів організму, пристосувальних механізмів мозку, серцево-судинної системи як провідних у здійсненні переробки інформації залишається одним з пріоритетних напрямків фізіології [2, 4].

**Аналіз наукових досліджень.** Відомо, що результативність розумової та фізичної діяльності, ступінь адаптації до різних навантажень значною мірою залежать від високо генетично-детермінованих властивостей вищої нервової діяльності, якими є функціональна рухливість, сила та врівноваженість нервових процесів [1, 2].

До цього часу спостерігається відсутність остаточної даних відносно характеру та ступеня церебральної активації, регуляції серцевого ритму людини з врахуванням типологічних властивостей основних нервових процесів. Аналіз характеристик електроенцефалограм (ЕЕГ), серцевого ритму (СР), які отримані безпосередньо під час переробки інформації, будуть корисними для оптимізації виробничого процесу та вдосконалення профорієнтаційної роботи, профілактики неврологічної симптоматики.

Зручною моделлю вивчення особливостей мозкової та серцево-судинної діяльності є виконання роботи із безпомилкового диференціювання подразників різної складності на високих швидкостях. Припускаємо, що функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП) може знаходити відображення як в особливостях вегетативної регуляції серця, так і мати відповідні індикатори в паттернах ЕЕГ.

**Мета статті.** Метою нашої роботи було з'ясувати особливості ЕЕГ та СР під час переробки слухової інформації в осіб з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів.

**Методика.** В обстежуваних 120 чоловіків віком 18-20 років, було досліджено ФРНП та визначено характеристики ЕЕГ та СР (статистичні, варіаційні і спектральні) в умовах спокою та під час виконання роботи щодо переробки слухової інформації.

ФРНП досліджували за допомогою комп'ютерного комплексу «Діагност-ІМ» в режимі «нав'язаного ритму»

за показниками швидкості і якості переробки інформації за методикою М.В. Макаренка [3]. Кількісним показником рівня ФРНП був максимальний темп пред'явлення та переробки сигналів, при якому обстежуваний зробив не більше 5,0-5,5% помилок на найвищій швидкості. Вважали, чим більший темп пред'явлення інформації, тим вищий рівень ФРНП.

ЕЕГ реєстрували в 19 відведеннях за допомогою комп'ютерного енцефалографа «НейроКом» ХАІ Medica, з розміщенням електродів за міжнародною системою 10-20, в стані спокою та під час переробки слухових подразників. В якості референтного використовувався об'єднаний вушний електрод. Проведення ЕЕГ відбувалось у спеціальній звуко- та світлонепроникній екранованій камері при заплочених очах. Усі обстежувані були правшами і в стані спокою в них спостерігався  $\alpha$ -ритм з різним ступенем виразності.

Реєстрацію статистичних, варіаційних та спектральних характеристик СР проводили на приладі «Cardiolab +» у стані спокою та під час переробки інформації. Визначали частоту серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв.), амплітуду моди (АМО, %) та стандартне відхилення інтервалів R-R у вибірці (SDNN, мс). Спектральний аналіз СР здійснювали за показниками сумарної потужності спектру (Total Power – TP, мс<sup>2</sup>), потужності спектру на дуже низьких (VLF, мс<sup>2</sup>), низьких (LF, мс<sup>2</sup>) та високих (HF, мс<sup>2</sup>) частотах, а також визначали HF нормалізоване (%) та відношення LF/HF (у.о.) [6].

В якості тесту щодо переробки інформації використовували режим «зворотний зв'язок» із застосуванням звукових сигналів. Обстежуваному необхідно було упродовж 5 хвилин якомога швидше диференціювати позитивні й гальмівні слухові подразники, які подавались через навушники бінаурально. Використовували чисті тони, що описуються правильною синусоїдою. До початку дослідження обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності до якої за умов появи звуку 1000 Гц (високий тон) необхідно швидко натиснути пальцем правої руки на праву кнопку. Поява звуку в 300 Гц (низький тон) вимагала швидкого натискання пальцем лівої руки на ліву кнопку. На звук у 600 Гц (середній тон) – гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок. Застосован-

ня режиму «зворотного зв'язку» дозволяло обстежуваному самостійно встановлювати індивідуально високий темп диференціювання слухової інформації, який сприяв уникненню перевтоми. Експозиція першого слухового подразника складала 1000 мс. Подача кожного наступного слухового подразника автоматично змінювалась залежно від правильності відповіді. Після вірної відповіді вона скорочувалась, а в разі помилки – подовжувалась на 20 мс. Приймалося, що чим більше подразників зміг переробити обстежуваний за 5 хвилин роботи, тим вище в нього рівень слухомоторного реагування.

Результати дослідження було оброблено методами непараметричної статистики за пакетом програм Excel-2010.

**Викладення основного матеріалу.** Встановлено достовірний зв'язок між показниками ФРНП та кількістю

переробленої слухової інформації ( $p < 0,05$ ,  $r = 0,66$ ). Тому за показниками ФРНП, обстежувані були розподілені на три групи: з високою, середньою та низькою ФРНП. Обстежувані, які були віднесені до групи з високим рівнем ФРНП, змогли переробити в середньому 740 пред'явлених подразників, з середнім – 640 подразників та низьким – менше 580 подразників за 5 хвилин роботи.

Показники ЕЕГ і СР осіб з різним рівнем ФРНП, які отримані в стані спокійного неспання, не мали достовірних різниць ( $p > 0,05$ ).

На відміну від цього, показники мозкової діяльності та серцево-судинної системи, зафіксовані під час переробки слухової інформації мали значні відмінності (рисунк 1. табл. 1).

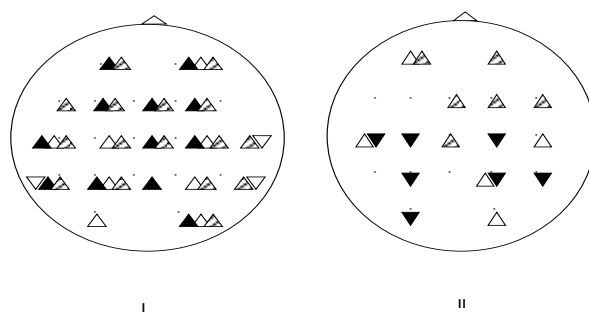


Рис. 1. Динаміка потужності ЕЕГ у різних зонах кори мозку під час переробки слухових подразників порівняно зі станом спокою у обстежуваних з високим (I) та низьким (II) рівнем ФРНП;

Примітка: ▲▼ –  $\alpha$  – ритм,  $\Delta \nabla$   $\beta$  – ритм,  $\Delta \nabla$   $\theta$  – ритм: стрілки вниз – зниження, а вгору – збільшення ЕЕГ-активності

У осіб з високим рівнем досліджуваної типологічної властивості під час переробки слухових подразників встановлено високу ступінь синхронізації роботи мозку, яка виражалась зростанням  $\alpha$ - і  $\theta$ -ритмів по всьому скальпу та  $\beta$ -ритму в центральньо-тім'яно-потиличних зонах на тлі одночасного зниження їх потужності в задніх бічних скроневих та у правій передньо-скроневій зонах. Імовірно, переробка слухової

інформації обстежуваними потребувала залучення ретикулярної формації стовбура мозку [4].

Медіани спектральних показників ТР, VLF, HF у обстежуваних з високим рівнем ФРНП, зафіксовані під час переробки інформації були достовірно нижчі, порівняно із показниками осіб, які мали низький рівень досліджуваної властивості ( $p < 0,05$ ).

Таблиця 1

**Показники серцевого ритму та їх імовірність під час переробки слухової інформації в обстежуваних з різною ФРНП**

Досліджувані показники (мс <sup>2</sup> )	Рівень функціональної рухливості нервових процесів		
	Високий	Середній	Низький
ТР	1280,2* (221,3; 131,5)	2482,3 (738,1; 779,2)	5250,8 (1632,6; 1630,7)
VLF	465,8* (84,4; 21,3)	910,4 (618,8; 347,3)	1940 (466; 468)
LF	385,0 (51,4; 66,8)	594,9 (298,2; 302,6)	824,05 (280,5; 282,2)
HF	280,0* (16,3; 64,5)	383,0 (112,6; 83,6)	867,15 (230,1; 232,2)

Особи з низьким рівнем типологічної властивості під час диференціювання слухових подразників у режимі «зворотного зв'язку» характеризувались посиленням кіркового контролю, що виражалось у збільшенні  $\theta$ -ритму фронтальних зон мозку та підвищенням емоційного сприйняття, яке проявлялось генералізованою депресією  $\alpha$ -ритму в центральнотім'яних та лівій потиличній зонах мозку. Крім того, переробка інформації викликала підвищення потужності  $\beta$ -хвиль у бічних вискових та правій тім'яно-потиличній зонах. Спектральні показники СР цих осіб відрізнялись вищими значеннями TP, VLF, HF, порівняно з особами, які мали високий рівень ФРНП.

На відміну від вище наведених результатів, раніше в нашій лабораторії було встановлено, що переробка інформації в режимі «нав'язаного ритму» супроводжується достовірно вищими показниками спектральних характеристик СР осіб, які мали високий рівень ФРНП. Такі результати вказують на більшу активізацію вегетативних регуляторних механізмів та їх напруження в осіб з високими значеннями ФРНП [5].

Отже, переробка інформації в режимі «зворотного зв'язку», коли обстежуваний має можливість самостійно встановлювати індивідуально високий темп диференціювання слухової інформації, характеризувалась нижчими медіанам спектральних показників TP, VLF, HF у обстежуваних з високим рівнем ФРНП, що свідчить на користь високих резервних можливостей регуляторних

систем та узгодженість між нейродинамічними та вегетативними механізмами регуляції. Імовірно, такі перебудови в мозковій діяльності та вегетативній регуляції СР сприяють формуванню специфічної функціональної системи переробки слухомоторної інформації [1, 4].

Отже, виявлено відмінні паттерни змін досліджуваних ритмів ЕЕГ та комплексів показників серцевого ритму в залежності від рівня ФРНП обстежуваних.

Використання кореляційного аналізу дозволило встановити зв'язок між кількістю перероблених слухових подразників та ФРНП ( $p < 0,05$ ), які в свою чергу корелювали з потужністю ЕЕГ деяких зон кори мозку у відповідних частотних діапазонах та характеристиками СР (рис. 2).

З рисунка видно, що специфічний паттерн досліджуваних ритмів ЕЕГ визначав відповідний рівень ФРНП обстежуваних. Крім того, чим більшою була ФРНП обстежуваного, тим нижчою ставала потужність TP, VLF, HF, SDNN та підвищувалася АМО і навпаки. Слід думати, що переробка інформації в режимі «зворотного зв'язку» дозволяє обстежуваному самостійно встановлювати індивідуально високу швидкість диференціювання подразників, і тому обстежувані з низьким рівнем ФРНП демонстрували меншу якість виконання роботи, що викликало надмірне підвищення тону вегетативної нервової системи та вказувало на розузгодження між нейродинамічними та вегетативними механізмами регуляції.

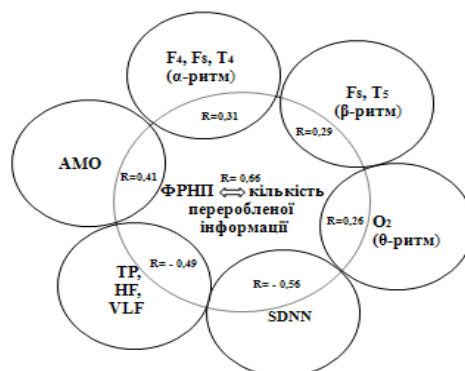


Рис. 2. Кореляція між ФРНП, кількістю переробленої слухової інформації, характеристиками СР та ЕЕГ

Таким чином, встановлені особливості просторово-часової організації ЕЕГ та спектрального ритму під час переробки слухової інформації знаходяться в залежності від індивідуально-типологічних властивостей нервової системи, а саме від ФРНП. ФРНП, як базова високогенетично детермінована властивість нервової системи, що складає нейрофізіологічну основу максимально можливого темпу безпомилкової слухомоторної діяльності, робить значний внесок у зміни індивідуального характеру вегетативного забезпечення.

**Висновки.** 1. Під час переробки слухової інформації встановлено кореляцію між кількістю перероблених слухових подразників, ФРНП, потужністю  $\alpha$ ,  $\beta$ , та  $\theta$ -ритмів

ЕЕГ у «зацікавлених» зонах кори головного мозку та регуляторними механізмами серцевого ритму.

2. Особам з високим рівнем ФРНП під час переробки слухової інформації були притаманні активізація зон F4, T4 для  $\alpha$ -ритму та T5 для  $\beta$ -ритму та нижчі значення сумарної потужності спектру СР, потужності спектру на високій та дуже низькій частотах.

3. У осіб з низьким рівнем ФРНП переробка слухової інформації викликала активізацію лише лівій потиличної ділянки ( $\theta$ -ритм) кори мозку та супроводжувалась високими значеннями сумарної потужності спектру СР, потужності спектру на високій та дуже низькій частотах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лизогуб В.С. Прояв типологічних властивостей ВНД в характері діяльності серцево-судинної системи / В.С. Лизогуб // Матеріали симпозиуму «Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі». – Київ – Черкаси, 1995. – С. 45.

2. Макаренко М.В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини: [монографія] / М.В. Макаренко, В.С. Лизогуб. – Черкаси: Вид-во «Вертикаль», 2011. – 256 с.

3. Патент 96496 Державна служба інтелектуальної власності України, МПК А 61В5/16. Спосіб психофізіологічної оцінки функціонального стану слухового аналізатора / Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Галка М.С., Юхименко Л.І., Хоменко С.М. – № а 2010 02225; заявл. 01.03.2010; опубл.

10.11.2011, Бюл. № 21.

4. Свидерская Н.Е. Влияние индивидуально-психологических характеристик на пространственную организацию ЭЭГ при невербально-дивергентном мышлении / Н.Е. Свидерская, А.Г. Антонов // Физиология человека. – 2008. – 34, №5. – С. 34-43.

5. Хоменко С.М. Розумова діяльність за умов переробки зорової інформації різного ступеня складності та успішність навчання учнів з різними типологічними властивостями вищої нервової діяльності: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.13 / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. – Київ, 2005. – 20 с.

6. Akselrod S. Components of heart rate variability // Heart rate variability. – N.Y.: Armonk., 1995. – P. 146 – 164.

## REFERENCES

1. Dushanin, S.A., Karlenko, V.N. (2003). Instruktsiya po ispolzovaniyu kompyuternoy programmy otsenki funktsionalnykh i rezervnykh vozmozhnostey organizma D&K-test [Instructions for using the computer program of evaluation of functional and reserve capacity of the organism D&K-test]. Kyiv: Gosudarstvennyi Departament intelektualnoy sobstvennosti Ministerstva obrazovaniya i nauki Ukrainy [in Russian].

2. Kostiukevych, V.M. (2012). Teoretychni ta metodychni osnovy modeliuвання trenuvannoho protsesu sportsmeniv ihrovykh vydiv sportu [Theoretical and methodological foundations of modelling training process of athletes playing sports]. *Extended Abstract of Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

3. Lyzogub, V.S., Harchenko, D.M., Khomenko, S.M., Yukhymenko, L.I., Petrenko, Yu.O., Yavnyk O.E. (2002). Ontohenez neyrodynamicnykh funktsii liudyny [Ontogeny of human neurodynamic functions]. *Fiziologichniy zhurnal – Physiological Journal*. (Vols. 48), 2, 123-124 [in Ukrainian].

4. Lysenchuk, H.A., Solomonko, V.V. & Solomonko, O.V. (2007). *Futbol [Football]*. Kyiv: Olimpiiska literatura [in Ukrainian].

5. Makarenko, M.V. & Lyzogub, V.S. (2011). *Ontohenez psykhofiziologichnykh funktsii liudyny [Ontogeny of human psycho-physiological functions]*. Cherkasy: Vertikal [in Ukrainian].

6. Maksymenko, I.G. (2011). *Teoretyko-metodychni osnovy bahatorichnoi pidhotovky yunykh sportsmeniv u ihrovykh vyдах sportu [Theoretical and methodological foundations of long-term training of young athletes in playing sports]*. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

7. Ostashov, P.V. (1982). *Prognozirovaniye sposobnostey futbolista [Forecasting football player's abilities]*. Moscow: Fizkultura i sport [in Russian].

8. Suchilin, A.A. (1981). *Sistema podgotovki futbólnogo rezerva [System of football reserve training]*. Volgograd: Smena [in Russian].

9. Shamardin, V.N. (2001). *Sistema podgotovki yunykh futbolistov [System of young footballers' training]*. Dnepropetrovsk [in Russian].

*В. С. Лизогуб, Л. И. Юхименко, С. Н. Хоменко, Т. В. Кожемяко*

## НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ И ВЕГЕТАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ СЛУХОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБСЛЕДОВАННЫХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Установлены топографические различия в распределении ЭЭГ- активности коры головного мозга, а также суммарной мощности спектра сердечного ритма у обследованных с разным уровнем ФПНП. У обследованных с высоким уровнем ФПНП во время переработки слуховой информации установлено активизацию лобных и височных зон (для  $\alpha$  и  $\beta$ -ритма), низкую суммарную мощность спектра сердечного ритма, спектра на высокой и очень низкой частотах, а у обследованных с низким уровнем изучаемой типологической особенностью – активизацию левой затылочной области мозга на фоне высоких значений суммарной мощности спектра сердечного ритма, а также мощности спектра на высокой и очень низкой частотах.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография, функциональная подвижность нервных процессов, слухомоторная деятельность, регуляция сердечного ритма.

*V. S. Lyzohub, L. I. Yukhymenko, S. M. Khomenko, T. V. Kozhemiako*

**NEUROPHYSIOLOGICAL AND VEGETATIVE MAINTENANCE OF AUDITORY INFORMATION PROCESSING OF PEOPLE WITH DIFFERENT LEVELS OF FUNCTIONAL MOBILITY OF NERVOUS PROCESSES**

In the article the peculiarities of neurophysiological and vegetative maintenance of auditory information processing of people with different levels of functional mobility of nervous processes were found. For this purpose, 120 men aged 18-20 were examined. Functional mobility of nervous processes and the characteristics of electroencephalograms and heart rate (static, variative and spectral) in a quiescent state and while auditory information processing was investigated. The results of the study revealed topographical differences in distribution of EEG activity of the brain cortex, and the total capacity of heart rate spectrum of individuals with different levels of functional mobility of nervous processes. During the auditory information processing, the correlation between the number of processed auditory stimuli, functional mobility of nervous processes, capacity of  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\theta$  EEG rhythms in the "interested" areas of the brain cortex and regulatory mechanisms of cardiac rhythm was found. During auditory information processing the activation of F4 zone, T4 zone for  $\alpha$ -rhythm and T5 zone for  $\beta$ -rhythm and lower value of the total capacity of heart rhythm spectrum, capacity of spectrum at high and very low frequencies were peculiar to the people with a high level of functional mobility of nervous processes. The activation of only left occipital lobe ( $\theta$ -rhythm) during the auditory information processing was peculiar to the people with low levels of functional mobility of nervous processes. It was accompanied by high values of the total capacity of heart rhythm spectrum, capacity of spectrum at high and very low frequencies.

**Keywords:** electroencephalography, functional mobility of nervous processes, auditory-motor activity, heart rhythm regulation.

*Подано до редакції 15.08.14*