

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

ISSN 2076-5835

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-1

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія
БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

Виходить 2 рази на рік
Заснований у березні 1997 року

№1. 2018

Черкаси – 2018

**Засновник, редакція, видавець і виготовлювач –
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
Свідоцтво про державну перереєстрацію КВ № 21393-11193Р від 25.06.2015**

Науковий збірник містить статті, в яких розглядаються актуальні проблеми сучасної біологічної науки. Авторами робіт є доктори, кандидати наук, аспіранти та студенти вищих навчальних закладів та наукових установ різних регіонів України.

Для широкого кола науковців, викладачів, аспірантів та студентів.

Наказом міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. № 747 журнал включено до переліку наукових фахових видань з біологічних наук.

Випуск №1 наукового журналу Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки» рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол №3 від 19.06.2018 року).

Журнал індексується у міжнародній наукометричній базі Index Copernicus (ICV 61.43) та реферується Українським реферативним журналом «Джерело» (засновники: Інститут проблем реєстрації інформації НАН України та Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського), індексується Google Scholar.

Головна редакційна колегія:

Черевко О. В., д.е.н., проф. (головний редактор); *Боєчко Ф. Ф.*, член-кор. НАПН України, д.б.н., проф. (заступник головного редактора); *Корновенко С. В.*, д.і.н., проф. (заступник головного редактора); *Кирилюк Є. М.*, д.е.н., проф. (відповідальний секретар); *Архипова С. П.*, д.пед.н., проф.; *Біда О. А.*, д.пед.н., проф.; *Гнезділова К. М.*, д.пед.н., проф.; *Головня Б. П.*, д.т.н., доц.; *Гусак А. М.*, д.ф.-м.н., проф.; *Десятов Т. М.*, д.пед.н., проф.; *Земзюліна Н. І.*, д.і.н., проф.; *Жаботинська С. А.*, д.філол.н., проф.; *Кузьмінський А. І.*, член-кор. НАПН України, д.пед.н., проф.; *Кукурудза І. І.*, д.е.н., проф.; *Лизогуб В. С.*, д.б.н., проф.; *Ляшенко Ю. О.*, д.ф.-м.н., доц.; *Марченко О. В.*, д.філос.н., проф.; *Масненко В. В.*, д.і.н., проф.; *Мінаєв Б. П.*, д.х.н., проф.; *Морозов А. Г.*, д.і.н., проф.; *Перехрест О. Г.*, д.і.н., проф.; *Поліщук В. Т.*, д.філол.н., проф.; *Селіванова О. О.*, д.філол.н., проф.; *Чабан А. Ю.*, д.і.н., проф.; *Шпак В. П.*, д.пед.н., проф.

Редакційна колегія серії:

Лизогуб В. С., д.б.н., проф. (відповідальний редактор); *Черненко Н. П.*, к.б.н. (відповідальний секретар); *Абуладзе А. В.*, к.б.н. (Грузія); *Анна Радохонська*, д.б.н., проф. (Польща); *Бащенко М. І.*, академік НААН, д.с.-г.н., проф.; *Білоножко В. Я.*, д.с.-г.н., проф.; *Боєчко Ф. Ф.*, член-кор. НАПН України, д.б.н., проф.; *Гаврилюк М. Н.*, к.б.н., доц.; *Коваленко С. О.*, д.б.н., проф.; *Ковтун М. Ф.*, д.б.н., проф.; *Конограй В. А.*, к.б.н., доц.; *Макаренко М. В.*, д.б.н., проф.; *Макарчук М. Ю.*, д.б.н., проф.; *Мельник Т. О.*, к.б.н., доц.; *Мищенко В. С.*, д.б.н., проф. (Польща); *Освальд Руксенас*, д.б.н., проф. (Литва); *Спрягайло О. В.*, к.б.н., доц.; *Харченко Д. М.*, д.психол.н., к.б.н., проф.

За зміст публікації відповідальність несуть автори.

Адреса редакційної колегії:

18031, Черкаси, бульвар Шевченка, 81, Черкаський національний університет
ім. Б. Хмельницького, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації.

Тел. (0472) 45-44-23

<http://bio-ejournal.cdu.edu.ua/index>

e-mail: nataliya-cherненко2005@ukr.net

CORRELATION OF VEGETATIVE TONE INDICATOR WITH KERDO INDEX AND HEART RATE VARIABILITY

Introduction. Vegetative tone is traditionally evaluated with Kerdo index (KI). Recently, the method of determining the tone correlation of various parts of the autonomic nervous system with the indicators of heart rate variability (HRV) has been widely used. However, there are no comparative studies of these approaches.

Purpose. The purpose of the study was to investigate the links of Kerdo index with HRV indicators among athletes and non-sportsmen.

Methods. The measurements were carried out on 27 powerlifters (group I), 28 athletes of endurance events (group II) and 60 non-sportsmen (group III) at the age of 18-24 in conditions close to the basic circulation. The blood pressure and the registration of chest rheogram signals were measured in prone position at rest and tilt test for 5 minutes. The KI was evaluated based on HRV. The correlation analysis was conducted determining non-parametric Spearman coefficient.

Results. In prone position at rest in all groups, vagotonia was found and was expressed most in sportsmen training endurance. The athletes with strength training focus had higher level of the links of Kerdo index and HRV indicators. At tilt test, the correlation of HRV and KI increased in group II sportsmen at rest, remained high in group I sportsmen and increased slightly in non-sportsmen.

Conclusion. In the groups of sportsmen, the most stable and high links were found between Kerdo index and rMSSD and pNN50, which might be recommended for evaluating vegetative tone in training process.

Keywords: heart rate variability, vegetative tone.

Problem statement. The analysis of heart rate variability (HRV) is widespread among the modern information technologies of determining the functional state of healthy people organism. However, the physiological interpretation of some indicators of computer analysis of fluctuation frequency of heart rate is not fully substantiated. It also concerns the evaluation of vegetative tone by HRV. Traditionally, vegetative tone is evaluated by Kerdo index (KI) [1].

Analysis of recent research and publications. HRV under the influence of physical activity was investigated by many authors [2, 3, 4, 5]. The HRV indicators proved to be reliable and predictive for evaluating sportsmen's functional state. However, the accuracy problem of characterizing vegetative tone level by means of HRV is controversial by this time.

Research goal and tasks. The goal of the research was to study the links of Kerdo index with HRV indicators in athletes and non-sportsmen. To achieve the goal we had to solve the following tasks: to analyze the KI level in athletes with different training focus and in non-sportsmen; to conduct correlation analysis of KI and the HRV indicators in prone position at rest; to conduct correlation analysis of KI at rest and the HRV indicators at tilt test.

Methods

27 powerlifters (group I), 28 athletes of endurance events (group II) and 60 non-sportsmen aged 18-24 were studied in the conditions close to basic circulation adhering the requirements of bioethical provisions of the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997), the Declaration of the Helsinki World Medical Association on the ethical principles of conducting human medical research (1994-2008).

Blood pressure and the registration of chest rheogram signals were measured for 5 minutes in prone position at rest and tilt test. Kerdo index was determined with the formula of $KI=100*(1-APd/HR)$ (where APd – diastolic arterial pressure, HR – heart rate). The following indicators of HRV were determined: amplitude mode (aMo); cardio interval scatter (DX); voltage index for Baevsky (IN); standard deviation of cardio intervals (SDNN); RMSSD – the square root of the average sum of squares of differences between adjacent

cardio intervals; pNN50 – the number of adjacent cardio intervals with a difference of more than 50 ms divided by the total number of cardio intervals; oscillation power of cardio intervals in the ranges of 0-0.04 Hz (VLF), 0.04-0.15 Hz (LF), 0.15-0.4 Hz (HF), 0-0.4 Hz (TP); normalized power in the range of 0.15-0.4 Hz (HF_{norm}) in the Caspico program [6].

In the statistical analysis of the KI, the mean value and its error were determined with the estimation of the differences according to Student's t-criterion. Correlation analysis was carried out with the definition of Spearman's nonparametric coefficient.

Results and their Discussion

In prone position at rest, KI in different groups had the following levels: -28.7 ± 3.8 c.u. (group I), -45.7 ± 5.8 c.u. (group II), -14.3 ± 2.2 c.u. (group III). There are reliable ($p < 0.001$) differences among all these values. Thus, vagotonia was found in all groups and expressed in the highest degree in sportsmen training endurance. Such a pattern is consistent with the generally accepted notions of economizing the human body work at rest under the influence of regular aerobic activities.

The following data were found in the correlation analysis of KI correlation with HRV indicators in the prone position at rest (Table).

Table 1

Correlation coefficients between Kerdo index and heart rate variability in athletes with different training focus and non-sportsmen

Indicators	Prone position at rest			Tilt test		
	I	II	III	I	II	III
HR	0.81	0.97	0.75	0.51	0.82	0.51
aMo	0.73	0.29	0.34	0.72	0.36	0.34
DX	-0.47	-0.06	-0.11	-0.63	-0.50	-0.28
IN	0.74	0.40	0.38	0.72	0.47	0.42
SDNN	-0.80	-0.25	-0.25	-0.67	-0.36	-0.40
rMSSD	-0.82	-0.35	-0.33	-0.68	-0.67	-0.31
pNN ₅₀	-0.83	-0.47	-0.41	-0.65	-0.68	-0.31
VLF	-0.71	-0.34	-0.05	-0.67	-0.30	-0.44
LF	-0.66	-0.04	-0.31	-0.52	-0.11	-0.41
HF	-0.79	-0.33	-0.36	-0.68	-0.45	-0.25
HF _{norm}	-0.50	-0.34	-0.06	-0.47	-0.38	0.08
TP	-0.80	-0.29	-0.30	-0.67	-0.36	-0.40

The highest correlation was found between KI and HR. It is explained by the fact that KI is calculated on the basis of this indicator. The most dense links were found in athletes of group I (from -0.47 till 0.82), the level of athletes in group II and non-sportsmen was not high (the highest being -0.47). In group II of athletes, the factor decreasing the density of the links can be the availability of persons with relatively low frequency of respiration [7]. Relatively low correlation between KI and HF_{norm} draw our attention; the indicator of it is positioned as a feature of vegetative tone by some authors. At the same time, rMSSD and pNN50 had the highest correlation with KI.

At tilt test, the correlation of HRV with KI increased at rest in the athletes of group II, remained high in the sportsmen of group I, increased slightly in non-sportsmen. The most stable and high links with KI in these conditions were found with rMSSD and pNN50. Previously, it has been shown that the reactivity of HRV, in contrast to the reactivity of blood pressure indicators, has significant individual characteristics with the change of the

body position of healthy young men that may cause changes in the correlation of these indicators [8].

Conclusions

1. Vagotonia is found in the prone position at rest and expressed in the highest degree in the athletes training endurance.
2. The sportsmen with strength focus of their training process have the highest level of correlation of Kerdo index with HRV indicators.
3. In sportsmen groups, the most stable and high links are found between Kerdo index with rMSSD and pNN50, which can be recommended for evaluation of vegetative tone in the training process.

References

1. Kérdő I. (1966). Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage. *Acta neurovegetativa*. 2. 250-268.(in De).
2. Kovalenko S.O., Kudiy L.I. (2016). Heart Rate Variability. Methodical aspects. Cherkasy: Cherkas'kyy natsional'nyy universytet im. B. Khmel'nyts'koho. 298. (in Ukr.)
3. Cornell D. J., Paxson J. L.,Caplinger R. A., Seligman J. R., Davis N. A. (2017). Ebersole K.T.Resting Heart RateVariabilityAmong Professional Baseball Starting Pitchers. *J Strength Cond Res*.2017 Mar;31(3):575-581. doi: 10.1519/JSC.0000000000001538.
4. Kiss O., Sydó N., Vargha P., Vágó H., Czibalmos C., Édes E., Zima E., Apponyi G., Merkely G., Sydó T., Becker D., Allison T.G., Merkely B. (2016). Detailed heart ratevariability analysis in athletes. *Clin Auton Res*. Aug;26(4):245-52. doi:10.1007/s10286-016-0360-z
5. Molina G.E.,Fontana K.E.,Porto L.G.,Junqueira L.F. (2016). Post-exerciseheart-raterecovery correlates to restingheart-ratevariabilityin healthy men. *Clin Auton Res*.2016 ;26(6):415-421. doi:10.1007/s10286-016-0378-2.
6. Kovalenko S.O., Yakovlev M.Ye. (2005). The computer program for registration and analysis of heart rate and respiration ("CASPICO"). The author testimony of Ukraine №11262, Abstract in the official journal "Copyright and Related Rights", 6. 338. (in Ukr)
7. KovalenkoS.O., KudiyL.I., Kalenychenko O.V. (2004). Heart rhythm variability in individuals with different respiration frequency. *Fiziol Zn*. 50, 6. 43-7.
8. Kovalenko S.O., Kudij L.I. (2002). Analysis of deviation reactions of heart rhythm at the changes of position of body. *Visnyk Cherkas'koho universytetu. Seriya biolohichni nauky (Bulletin of Cherkasy University. Biological sciences series)*. 39. 70-74. (in Ukr)

References (in language original)

1. Kérdő I. Ein aus Daten der Blutzirkulation kalkulierter Index zur Beurteilung der vegetativen Tonuslage / I. Kérdő // *Acta neurovegetativa*. — 1966. — № 2. — P. 250-268. (in De).
2. Коваленко С.О.Варіабельність серцевого ритму.Методичні аспекти / С. Коваленко, Л. Кудій. — Ч: Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. — 298 с.
3. CornellD.J. EbersoleK.T. RestingHeartRateVariabilityAmongProfessionalBaseballStartingPitchers / D.J. Cornell, J.L.Paxson, R.A.Caplinger, J.R.Seligman, N.A. Davis // *J Strength Cond Res*. — 2017. — № 31(3). P. 575-581. doi: 10.1519/JSC.0000000000001538.
4. Kiss O. Detailed heart rate variability analysis in athletes / O. Kiss, N. Sydó, P. Vargha, H. Vágó, C. Czibalmos, E. Édes, E. Zima, G. Apponyi, G. Merkely, T. Sydó, D. Becker, T.G. Allison, B. Merkely // *Clin Auton Res*. — 2016. — № 26(4). — P. 245-52. doi:10.1007/s10286-016-0360-z
5. Molina G.E. Post-exerciseheart-raterecovery correlates to restingheart-ratevariabilityin healthy men / G. E. Molina, K.E. Fontana, L.G. Porto, L.F. Junqueira // *Clin Auton Res*. — 2016. — № 26(6). — P. 415-421. doi:10.1007/s10286-016-0378-2.
6. Коваленко С. О. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання ("CASPICO"). Авторське свідоцтво України №11262 / С.О. Коваленко, М.Е.Яковлев // Авторське право та суміжні права. — 2005. — №6. — С. 338.
7. Kovalenko S. O. Heart rhythm variability in individuals with different respiration frequency / S. O. Kovalenko, L. I. Kudiy, O. V. Kalenychenko // *Fiziol Zn*. — 2004. — №50. — P. 43-47.
8. Коваленко С. О. Аналіз варіативності реакцій серцевого ритму при змінах положення тіла / С. О. Коваленко, Л. І. Кудій // *Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки (Bulletin of Cherkasy University. Biological sciences series)*. — 2002. — №39. — С. 70-74.

Summary. *О. І. Андрощук, В. А. Завгородня. Зв'язки показника вегетативного тонузу за індексом Кердо та варіабельністю серцевого ритму.*

Introduction. Традиційно вегетативний тонус оцінюють за індексом Кердо (ІК). Останнім часом широко розповсюджений метод визначення співвідношення тонузу різних ланок вегетативної нервової системи за показниками варіабельності серцевого (ВСР) ритму. Втім досліджень з порівняннями цих підходів немає.

Purpose. Метою дослідження було вивчити зв'язки індекса Кердо з показниками ВСР у спортсменів та осіб, що не займаються спортом.

Methods. Вимірювання проведені на 27 спортсменах пауерліфтерах (І група), 28 – у видах на витривалість (ІІ група) і 60 неспортсменах (ІІІ група) віком від 18 до 24 років в умовах, наближених до основного обміну. Здійснювали вимірювання артеріального тиску та реєстрацію сигналів реограми грудної клітки упродовж 5 хвилин у спокої лежачи та при проведенні ортопроби. Оцінювали ІК та основні показники ВСР. Кореляційний аналіз проводили з визначенням непараметричного коефіцієнту Spearman

Results. В стані спокою лежачи у всіх групах спостерігалась ваготонія у найбільшому ступені виражена у спортсменів, що тренують витривалість. Спортмени з силовою спрямованістю тренувального процесу мають більш високий рівень зв'язків індексу Кердо з показниками ВСР. При ортопробі у спортсменів ІІ групи кореляції ВСР з ІК в спокої збільшуються, у спортсменів І групи залишаються високими, а у не спортсменів – зростають незначно.

Conclusion. У групах спортсменів найбільш стабільні та високі зв'язки відмічені між індексом Кердо та rMSSD і rNN50, котрі можна рекомендувати для оцінки вегетативного тонузу у тренувальному процесі.

Keywords: *варіабельність серцевого ритму, вегетативний тонус*

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького

Одержано редакцією 06.03.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

ОСОБЛИВОСТІ АДАПТАЦІЇ ЧУЖОРІДНОГО ВИДУ *LAMIUM PURPUREUM* L. У ВТОРИННОМУ АРЕАЛІ

Визначено чинники антропогенної трансформації довкілля за участі угруповань *Lamium purpureum*. Показано, що зміни екологічних умов екотопів спричинені наслідками рекреаційної діяльності, механічним впливом на біоту, урбанізацією, близькістю до транспортної мережі тощо. Встановлено слабкий, середній та сильний ступені трансформації середовища, що супроводжуються еколого-ценотичними адаптаційними змінами популяції виду. Здійснено аналіз морфометричних параметрів: висота рослини, кількість квіток, кількість листків, кількість пагонів, діаметр пагону, середня площа окремого листка, загальна листкова поверхня. Аналіз мінливості ознак через коефіцієнт варіації показав, що досліджені морфометричні параметри варіюють у межах 21,0%–89,2%. Встановлено, що при посиленні антропогенного пресингу коефіцієнт варіації збільшується. Аналіз віталітетної структури показав домінування процвітаючого типу популяції. Індекс якості був у межах 0,315-0,435.

Ключові слова: *Lamium purpureum* L., екологічні загрози, антропогенна трансформація, морфометричні параметри, віталітетний аналіз.

Постановка проблеми. Сучасний інтенсивний антропогенний вплив призводить до трансформації довкілля, яка проявляється у руйнуванні та фрагментації ґрунтового і рослинного покриву, що спричиняє порушення природних потоків речовини, енергії та інформації, деградацію природних екосистем [1, 2]. З іншого боку, в Україні з кожним роком зростає негативний вплив неаборигенних видів рослин на навколишнє середовище. Наразі ця проблема набула вкрай важливого значення, оскільки інвазії адвентивних видів рослин порушують структурно-функціональні ланки лісових екосистем [3, 4].

Для вирішення зазначених проблем значну роль відіграють популяційні дослідження, які є надійною основою не тільки для характеру змінності рослинних угруповань, але й для діагностики стану та динаміки природних екосистем під впливом екологічних чинників різного генезису [5]. Дослідження на комплексному популяційному рівні чужорідних видів дозволяють виявити характер їх мінливості, залежність між внутрішньопопуляційною мінливістю та адаптаційними можливостями для прогнозування напрямків розвитку популяцій.

Аналіз останніх публікацій. Кропива глуха пурпурова *Lamium purpureum* L. відноситься до родини губоцвіті (*Lamiaceae*) *L. purpureum* – одно-, рідше дворічник висотою 10-30 см. Рослина має чотирихгранні лежачі, прямі та гіллясті стебла з нещільним опушенням, в міжвузлях – блискучі, у верхній частині – з пурпуровим забарвленням. Листки – перехресно-супротивні, м'яковолосисті, зморшкуваті, з вираженим жилкуванням. Нижні листки зеленого кольору розташовані на черешках (довжина 2-5 см), мають яйцевидно-серцеподібну форму, нерівномірно зубчасту листкову пластинку, загальна довжина листків сягає 1-3 см, ширина – 1-2 см.

Верхні листки розташовані на черешках довжиною лише 0,2-0,5 слабосидячі, яйцеподібної форми, здебільшого мають пурпурове або зелене забарвлення. Приквіткові листки – яйцеподібні та коротко загострені. Квітки *L. purpureum* пурпурного або рожевого кольору, розташовані в багатоквіткових (по 6-10 шт.) пазушних мутовках. Чашечка – пурпурова, дзвоникоподібна з 5 ланцетними зубцями, без опушення, 0,7-0,9 см завдовжки і 0,15 см завширшки. Віночок має таке саме забарвлення, як і чашечка, зовні опушений, з тонкою, прямою трубкою 1,0-1,3 см. Верхня губа має шоломоподібну форму (0,35-0,40 см завдовжки), нижня губа – трилопатева, з ліловими плямами, глибоко надрізана на верхівці. Плід – сірий оберненояйцевидний горішок, 0,20-0,25 см завдовжки і 0,10-0,30 см завширшки.

Максимальна плодючість однієї рослини становить 1700 горішків. Цвіте *L. purpureum*з квітня по жовтень [6,7].

Природний ареал *L. purpureum* розташований у більшій частині Європи. Вид поширений від Скандинавії на південь до Середземномор'я, а також в Туреччині, Сирії, Лівані, Алжирі, включаючи Агори, Мадейру та Канарські острови (рис. 1, а) [8, 9]. *L. purpureum* відсутній на Балеарських островах, Сицилії і о. Крит. Вид натуралізований в Гренландії, Ісландії, Японії, Новій Зеландії, Канаді, США, Чилі, Аргентині тощо [10-12]. На території України вид є заносним. *L. purpureum* – археофіт, епекофіт, аколотофіт [2].

Вид має високу ступінь інвазійності, трапляється в мішаних лісах, у складі угруповань рослин на порушених біотопах, на пасовищах, полях тощо [2]. На основі аналізу картографічних матеріалів і літературних джерел створена сучасна мапа з зонами основного та спорадичного поширення *L. purpureum* у вторинному ареалі (рис. 1, б).

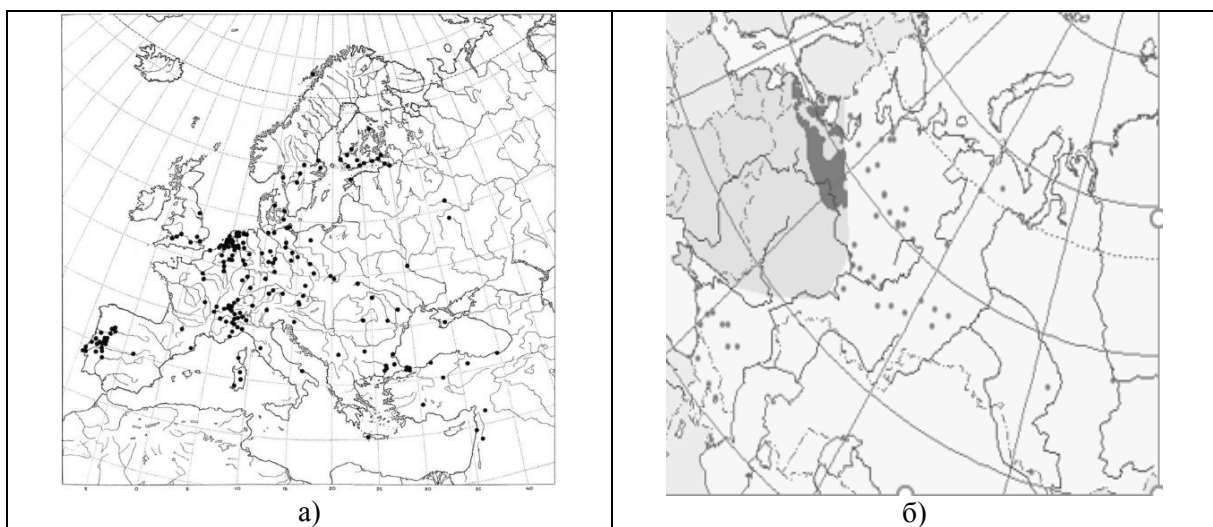


Рис. 1. Мапа поширення *L. purpureum*: а) – природний ареал; б) – вторинний ареал (з матеріалами http://www.agroatlas.ru/ru/content/weeds/Lamium_purpureum/map/)

Мета статті. Метою роботи є сучасна комплексна оцінка стану популяцій виду у вторинному ареалі на прикладі території Правобережного Лісостепу.

Матеріал та методи

Підібрано лісові біотопи у межах Правобережного Лісостепу (Полісько-Придніпровський край) на території Київської та Вінницької областей, які певною мірою відображають характер антропогенної трансформації лісів зелених зон міст. Відповідно до принципів порівняльної екології, шляхом рекогносцирувальних обстежень пробні площі (ПП) були закладені на градієнті антропогенної трансформації. ПП відрізняються між собою екологічними умовами, структурою ценозу та ступенем антропогенної трансформації. Всього біло закладено 6 пробних площ та проаналізовано 6 ценопопуляцій. Номер ПП відповідає номеру ценопопуляції. ПП1 (ценопопуляція I) та ПП2 (ценопопуляція II) закладені на території Вінницького лісництва, 62 квартал, 11 та 12 виділи, тип лісу – Д₂ГД (свіжа грабово-дубова діброва). ПП3 (ценопопуляція III) та ПП4 (ценопопуляція IV) закладені на території Уманського лісництва, 6 квартал, 2 виділ, тип лісу – Д₂ГД (свіжа грабово-дубова діброва). ПП5 (ценопопуляція V) та ПП6 (ценопопуляція VI) – на території Фастівського лісництва, 23 квартал, 11 виділ, тип лісу – С₂ГДС (свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд). Дослідження проводилися в червні 2017 року.

Польові дослідження на екопрофілі проводили за допомогою загальноприйнятих в екології, геоботаніці методів [13, 14]. Латинські назви видів рослин наведено згідно сучасної номенклатури [15, 16]. Стадію рекреагенної дигресії ґрунту визначали за А. Ф. Поляковим [17]. Класифікували і ранжували екологічні загрози, які впливають на лісові екосистеми за особливостями впливу, дотримуючись датського підходу [18, 19]. Визначення ступеню антропогенної трансформованості рослинного покриву проводили за методикою П. Л. Горчаковського [20]. Оцінку морфометричних параметрів популяції виду проводили, дотримуючись відповідних методик (табл. 1) [21]. З кожної популяції відбирали по 30 особин.

Таблиця 1

Морфометричні ознаки *Lamium purpureum* L.

№ п/п	Морфо-метричні ознаки	Умовне позначення
1	Висота рослини (см)	h
2	Кількість квіток на рослині (шт.)	N_{Fl}
3	Кількість листків на рослині (шт.)	N_l
4	Кількість пагонів (шт.)	N_s
5	Середня площа окремого листка (см ²)	a_l
6	Загальна листкова поверхня (см ²)	$A = a_l \cdot N_l$
7	Діаметр стебла (мм)	d

Для оцінки мінливості ознак використано коефіцієнт варіації (CV, %). Ступені варіювання ознак, згідно з рекомендаціями Г. Ф. Лакіна [22], приймаємо у таких межах: $V > 25\%$ – високий; $V = 11\text{--}25\%$ – середній; $V < 10\%$ – низький. Для оцінки стану популяції проведено віталітетний аналіз із використанням одномірного підходу за стандартною методикою [5]. Індекс якості популяції (Q) визначали:

$$Q = 0,5 \times (a + b),$$

де a – кількість особин вищого класу віталітету, b – кількість особин середнього класу віталітету. Популяція вважається процвітаючою при $Q > c$, рівноважною при $Q \approx c$ і депресивною при $Q < c$. Для статистичної обробки даних були застосований кластерний аналіз з застосуванням Евклідової відстані (OriginPro 9).

Результати та обговорення

Було проведено аналіз ценотичної структури рослинних угруповань на кожній ПП. На ПП1 деревостан є двоярусним, перший ярус сформований *Quercus robur* L. та *Carpinus betulus* L., другий – *Acer platanoides* L. та *Tilia cordata* L. Поширені значні куртини підліску *Acer tataricum* L., *Corylus avellana* L., *Euonymus verrucosa* Scop., *Sambucus nigra* L. та *Malus sylvestris* Mill. Загальне проективне покриття трав'яного ярусу становить 90,0% (*L. purpureum* – 7,5%), до складу угруповання входять 20 видів. Превалюють лісові види, проективне покриття яких становить 2-5% (*Aegopodium podagraria* L., *Betonica officinalis* L., *Galium aparine* L., *Geranium robertianum* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Pyrola rotundifolia* L., *Stellaria holostea* L., *Viola nemoralis* Kütz., *Dryopteris filix-max* L., *Veronica chamaedrys* L. тощо). Проективне покриття лучних та лучно-степових видів становить лише 3,5%. Стадія рекреагенної дигресії ґрунту – 1. Серед екологічних загроз зафіксовано рекреаційне навантаження та незначний механічний вплив на біоту через збирання лікарських

рослин, ягід, грибів. Ступінь антропогенної трансформації – слабкий. На ПП2 деревостан також є двоярусним, перший ярус представлений *Q. robur* та *C. betulus*, другий – *A. platanoides*, *T. cordata*. Підлісок не розвинений. Загальне проективне покриття трав'яного ярусу становить 60,0%, (*L. purpureum* – 15,0%), до складу угруповання входять 16 видів, з яких лише 3 види є типові для даного типу лісу (проективне покриття 0,5-1%, *P. multiflorum*, *P. officinalis*, *L. vernus*).

Серед нетипових видів варто відмітити *L.*, *Achillea millefolium* L., *Dactylis glomerata* L., *Stenactis annua* (L.) Cass., (L.), *Rumex confertus* Willd., *Plantago major* L. Стадія рекреагенної дигресії ґрунту – 3. Серед екологічних загроз зафіксовано рекреаційне навантаження, урбанізація, близькість до транспортної мережі, наявність неорганізованих зон відпочинку. Ступінь антропогенної трансформації – помірний. На ПП3 деревостан утворений двома ярусами, перший ярус представлений *Q. robur*, другий – *C. betulus* та *A. platanoides*, підріст утворений *A. campestre*. Загальне проективне покриття трав'яного ярусу становить 85,0% (*L. purpureum* – 10%), до складу угруповання входять 22 види рослин, домінують лісові види (проективне покриття 2-5%, *Asarum europaeum* L., *Carex disticha* L., *Galium aparine* L., *M. perennis*, *P. multiflorum*, *P. aviculare*, *P. officinalis*), але подекуди з'являються нехарактерні для даного типу лісу *D. glomerata*, *P. major*, *S. vulgaris* тощо. Стадія рекреагенної дигресії ґрунту – 1.

Серед екологічних загроз зафіксовано: близькість до транспортної мережі, населеного пункту та незначний механічний вплив на біоту (збір трав, ягід, грибів). Ступінь антропогенної трансформації – слабкий. ПП4 розташована ближче до населеного пункту, порівняно з ПП3, деревостан утворений одноярусними мішаними лісовими культурами *Q. robur*, *T. cordata*, *A. platanoides*, у підрослі розвивається *A. platanoides* та *T. cordata*. Загальне проективне покриття трав'яного ярусу становить 60,0% (*L. purpureum* – 20,0%), до складу угруповання входять 18 видів рослин, домінують нелісові види (проективне покриття 2-5%, *A. millefolium*, *Asclepias syriaca* L., *D. glomerata*, *Conyza canadensis* (), *S. annua*, *P. major* тощо).

Серед лісових видів зафіксовано розвиток лише *M. perennis*, *P. multiflorum* та *P. aviculare* з проективним покриттям 0,5%. Стадія рекреагенної дигресії ґрунту – 3. Серед екологічних загроз наявні рекреаційне навантаження, рубки, урбанізація, близькість до транспортної мережі, звалища. Ступінь антропогенної трансформації – сильний. ПП5 та ПП6 розташовані в околицях м. Фастів, у свіжому грабово-дубово-сосновому сугруді. На ПП5 деревостан одноярусний, утворений *Pinus sylvestris* L. та *Q. robur*. Підлісок представлений *C. avellana*. Загальне проективне покриття трав'яного ярусу становить 85,0% (*L. purpureum* – 5,0%). Загалом угруповання налічує 21 вид.

Серед типових представників виявлено *Betonica officinalis* L., *Euphorbia suparissias* L., *Geranium sanguineum* L., *Origanum vulgare* L., *Pteridium aquilinum* Kuhn. тощо, проективне покриття яких становило 0,5-1%. Стадія рекреагенної дигресії ґрунту – 1. Основною екологічною загрозою є незначний вплив на біоту (збір лікарських ягід, грибів, рослин). Ступінь антропогенної трансформації – слабкий. На ПП6 деревостан також одноярусний, утворений *P. sylvestris* та *Q. robur* L.

Підлісок представлений лише поодинокими екземплярами *C. avellana*. Загальне проективне покриття трав'яного ярусу становить 55,5%, де частка модельного виду становить 20,0%. Всього угруповання налічує 14 видів. На відміну від ПП5 на ПП6 превалюють рудеральні види (*Galinsoga parviflora* Cav., *Poa angustifolia* L., *Trifolium repens* L., *Festuca rubra* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *D. glomerata*, *P. major*), що пояснюється суттєвим впливом екологічних загроз через розташування поруч населеного пункту. Стадія рекреагенної дигресії ґрунту – 3.

Отже, враховуючи вище зазначене, за проведеною оцінкою місцезростань *L. purpureum* та аналізом інтенсивності впливу екологічних загроз було виявлено

ступінь антропогенної трансформації екотопу та ранжирування ПП за градієнтом відповідних змін екологічних умов (табл. 2). Ступінь антропогенної трансформації екотопу, сформовані різні екологічні умови та ценотична приуроченість відрізняють між собою досліджені популяції *L. purpureum*.

Кожна з досліджених ценопопуляцій модельного виду має свій специфічний перелік морфометричних параметрів широкого діапазону (табл. 3). Було встановлено, що за висотою пагону I, II, III, V та VI популяції мають близькі значення, натомість для IV популяції середнє значення даного параметра відрізняється від інших (20,1 см). Дані результати свідчать, що лише на ПП4 популяція з сильним ступенем трансформації екотопу має найвищі значення висоти пагону. Натомість, при слабкому та помірному впливі значення параметра є схожими. Кількість квіток та кількість листків найбільше на рослинах *L. purpureum* ПП, які мають сильний ступінь антропогенної трансформації, що в свою чергу пояснюється більшою кількістю пагонів рослин на цих ПП.

Таблиця 2

Антропогенна трансформація місцезростань *Lamium purpureum* L.

№ пп	Координати місцезростання виду	Екологічні загрози	Ступінь антропогенної трансформації
1	N 49°26'73'', E 28°44'96''	рекреаційне навантаження, незначний механічний вплив на біоту	слабкий
2	N 49°24'83'', E 28°45'51''	рекреаційне навантаження, урбанізація, близькість до транспортної мережі, наявність неорганізованих зон відпочинку, механічний вплив на біоту (збір трав, ягід, грибів)	помірний
3	N 48°77'37'', E 30°26'82''	близькість до транспортної мережі, населеного пункту, незначний механічний вплив на біоту (збір трав, ягід, грибів)	слабкий
4	N 48°76'72'', E 30°25'65''	рекреаційне навантаження, рубки, урбанізація, близькість до транспортної мережі, звалища	сильний
5	N 50°04'69'', E 29°89'98''	незначний вплив на біоту (збір лікарських ягід, грибів, рослин)	помірний
6	N 50°04'03'', E 29°85'43''	рекреаційне навантаження, значний вплив на біоту (збір лікарських ягід, грибів, рослин), урбанізація, комунально-побутові відходи	сильний

Середня площа окремого листка має максимальне значення для II, III ценопопуляцій. Для IV та VI ценопопуляцій значення даного параметра є приблизно однаковими (3,75; 3,78). Найменше середнє значення притаманне для V ценопопуляції (3,28). Аналогічну тенденцію щодо зміни за ступенем антропогенної трансформації має загальна листкова поверхня. Максимальне середнє значення даного параметра притаманне для II та VI ценопопуляцій, мінімальне – I ценопопуляції. Максимальне значення діаметра стебла зафіксовано у особин VI ценопопуляції, мінімальне – у рослин V ценопопуляції.

Варто зауважити, що середнє значення даного параметра виявилось однаковим для I, V та VI ценопопуляцій (32 мм). На основі аналізу дендрограми «подібності-відмінності» морфометричних параметрів можна виділити 2 основні групи кластерів (табл.3, рис. 2). Найбільш схожими виявилися ознаки III та V ценопопуляцій, IV та VI ценопопуляцій. Найменші ознаки схожості з іншими ценопопуляціями виявлено у особин II ценопопуляції.

Таблиця 3

Морфометричні параметри *Lamium purpureum* L.

№	Номер ценопопуляції																							
	I				II				III				IV				V				VI			
	M	min	max	SD	M	min	max	SD	M	min	max	SD	M	min	max	SD	M	min	max	SD	M	min	max	SD
32	18,4				18,7				18,2				20,1				18,3				18,9			
25	10,1				12,3				10,3				10,8				11,4				11,4			
49	29,7				30,5				19,7				30,4				26,2				29,7			
10,09	6,77				7,15				4,55				5,01				5,01				6,77			
34	18,7				18,7				18,2				20,1				18,3				18,9			
28	12,3				12,3				10,3				10,8				11,4				11,4			
51	30,5				30,5				19,7				30,4				26,2				29,7			
11,15	7,15				7,15				4,55				5,01				5,01				6,77			
30	18,2				18,2				18,2				20,1				18,3				18,9			
22	10,3				10,3				10,3				10,8				11,4				11,4			
47	19,7				19,7				19,7				30,4				26,2				29,7			
10,57	4,55				4,55				4,55				5,01				5,01				6,77			
31	20,1				20,1				20,1				20,1				20,1				20,1			
27	10,8				10,8				10,8				10,8				11,4				11,4			
53	30,4				30,4				30,4				30,4				26,2				29,7			
11,45	6,98				6,98				6,98				6,98				6,98				6,98			
32	18,3				18,3				18,3				18,3				18,3				18,3			
20	11,4				11,4				11,4				11,4				11,4				11,4			
52	26,2				26,2				26,2				26,2				26,2				26,2			
11,76	5,01				5,01				5,01				5,01				5,01				5,01			
32	18,9				18,9				18,9				18,9				18,9				18,9			
27	11,4				11,4				11,4				11,4				11,4				11,4			
55	28,4				28,4				28,4				28,4				28,4				28,4			
11,87	6,78				6,78				6,78				6,78				6,78				6,78			

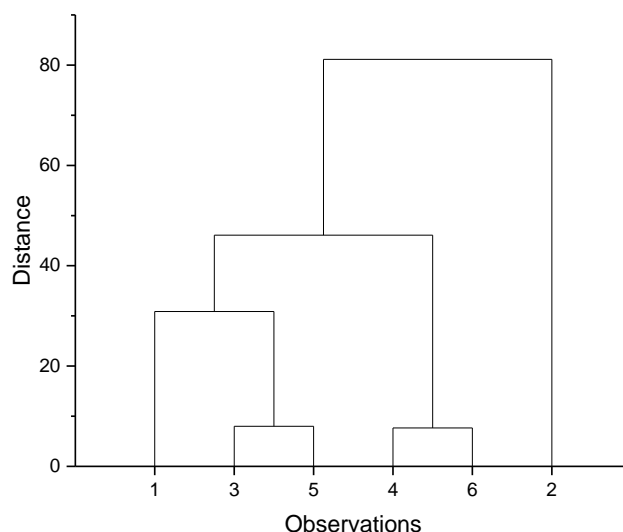


Рис. 2. Дендродіаграма «подібності-відмінності» морфометричних параметрів *L. purpureum* (1-6 – номер ценопопуляції)

Такий розподіл свідчить про те, що рівень подібності/відмінності між морфопараметрами досліджених ценопопуляцій має тісний зв'язок із ступенем антропогенної трансформації довкілля. Аналіз мінливості морфометричних параметрів

через коефіцієнт варіації CV показав, що досліджені морфометричні параметри варіюють у межах 21,0%–89,2% (рис. 3). Наймінливішими ознаками виявилися кількість квіток та кількість листків у особини.

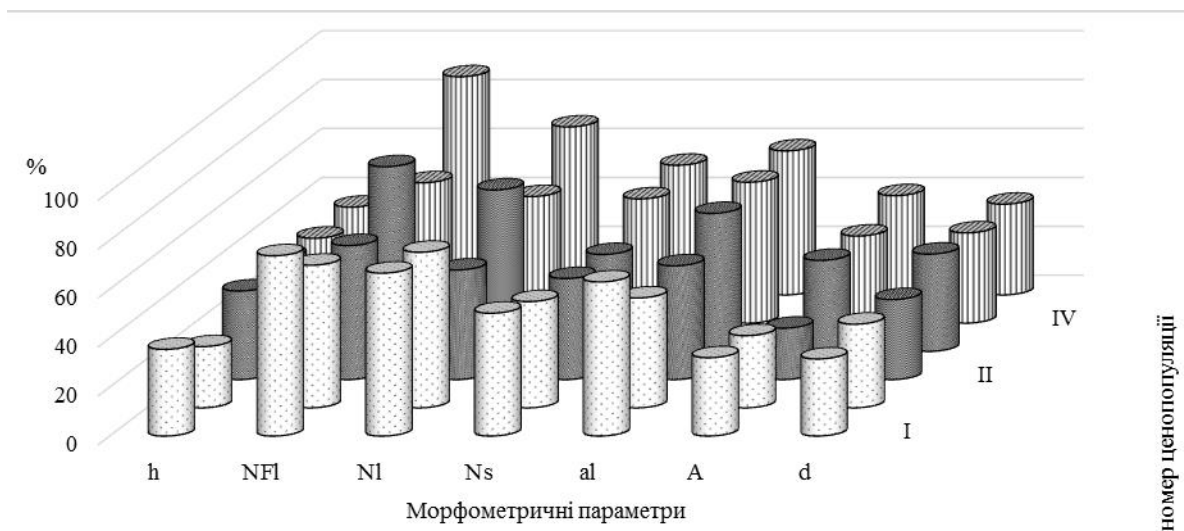


Рис. 3. Коефіцієнт варіації (CV,%) морфометричних параметрів ценопопуляцій *L. purpureum* за градієнтом антропогенної трансформації довкілля

Менший коефіцієнт варіації був притаманний для кількості пагонів та середньої площі листової поверхні. Натомість, для висоти та діаметру пагону варіювання було в межах лише 25,0%-39,75%. Аналіз отриманих даних за градієнтом антропогенної трансформації показав, що при посиленні антропогенного пресингу та збільшенні ступеня трансформації коефіцієнт варіації збільшується. Зокрема, було встановлено, що при слабкій трансформації коефіцієнт варіації діаметра пагону становив 31,5%-34,2% (I, III ценопопуляції), натомість при сильній – 36,9%-37,1%. Аналогічну тенденцію виявлено для загальної листової поверхні. Так, для I та III ценопопуляцій CV становить 29,5%-32,0%; для II, V – 21,0%-37,2%, тоді як для IV та VI вже 35,6%-40,58%.

Більшість із досліджених ценопопуляцій за аналізом віталітету належать до процвітаючого типу, лише дві ценопопуляції є рівноважними (табл. 4). Найвищі значення індексу якості мають IV та VI ценопопуляції, вони характеризуються високими показниками рясності особин, не зважаючи на наявність впливу екологічних загроз. Ценопопуляція I характеризується найменшим значення індексу якості.

Таблиця 4

Віталітетна структура ценопопуляцій *L. purpureum* за градієнтом антропогенної трансформації довкілля

№	Ценопопуляція	Частка рослин за класами віталітету			Індекс якості Q	Тип популяції	Ступінь трансформації
		a	b	c			
1	I	0,29	0,34	0,37	0,315	рівноважний	слабкий
2	III	0,31	0,38	0,31	0,345	рівноважна	слабкий
3	II	0,35	0,48	0,17	0,415	процвітаючий	помірний
4	V	0,36	0,36	0,28	0,360	процвітаючий	помірний
5	IV	0,46	0,41	0,13	0,435	процвітаючий	сильний
6	VI	0,51	0,35	0,14	0,430	процвітаючий	сильний

Висновки

Таким чином, за проведеною оцінкою місцезростань *L. purpureum* та аналізом інтенсивності впливу екологічних загроз було виявлено слабкий, помірний та сильний ступені антропогенної трансформації. Сформовані різні екологічні умови та ценотична приуроченість спричинили суттєвий діапазон значень морфо-метричних параметрів ценопопуляцій *L. purpureum*. Коефіцієнт варіації змінюється у межах 21,0%–89,2%. Наймінливішими параметрами є кількість квіток та кількість листків у особини. Більш сталими виявилися висота та діаметр пагону, коефіцієнт варіювання становив 25,0%–39,75%. Аналіз отриманих даних за градієнтом антропогенної трансформації показав, що при збільшенні ступеня трансформації коефіцієнт варіації збільшується. Рівень подібності/відмінності між морфопараметрами досліджених ценопопуляцій має також тісний зв'язок з ступенем антропогенної трансформації довкілля. Встановлено домінування ценопопуляцій процвітаючого типу.

Література

1. Лавров В.В. Синекологічні засади діагностики трансформації структурно-функціональної організації лісових екосистем в аспекті еволюції // В.В. Лавров, О.І. Блінкова, Н.В. Мірошник, О.М. Іваненко // Фактори експериментальної еволюції організмів. – 2016. – Т.18. – С. 186–190.
2. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития / В.В. Протопопова. – К.: Наук. думка, 1991 – 204 с.
3. Голубець М.А. Екологічний потенціал наземних екосистем / М.А. Голубець, О.Г. Марискевич, Б.О. Крок. – Львів: Поллі, 2003. – 180 с.
4. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры / Р.И. Бурда. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.
5. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография / Ю.А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 263 с.
6. Шишкин Б.К. Ботанический атлас / Б.К. Шишкин. – М.;Л.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1963. – 504 с.
7. Горшкова С.Г. Яснотка – *Lamium L.* // С.Г. Горшкова // Флора СССР. – 1954. – Т. 21. – С. 124–138.
8. Mennema J. Taxonomic revision of *Lamium* (Lamiaceae) / J. Mennema. – Leiden, The Netherlands: Leiden botanical series, 1989. – 202 p.
9. Hulten E. Atlas of North European vascular plants, North of the Tropic: in 3 vol. / E. Hulten, M. Fries. – Konigstein, 1986. – 1172 p.
10. Moore D.M. Flora Europaea check-list and chromosome index / D.M. Moore. – Cambridge: Cambridge University Press, 1982. – 423 p.
11. Ohwi J. Flora of Japan. A combined, much revised and extended translation by the author of his Flora of Japan / J. Ohwi. – Washington: DC Smithsonian Institution, 1965. – 1067 p.
12. Britton C.E. Notes on some minor varieties of British plants // C.E. Britton // Journal of Botany. – 1926. – Vol. 64. – P. 324–328.
13. Дідух Я.П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. Дідух, П.Г. Плюта. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
14. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии / Б.М. Миркин. – М.: Наука, 1985. – 136 с.
15. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / S.L. Mosyakin, M.M. Fedoronchuk. – Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany, 1999. – 345 p.
16. International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code) adopted by the Eighteenth International Botanical Congress (Internet) (2012). Melbourne: International Association for Plant Taxonomy. (cited 2016 Dec 5). Available from: <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>
17. Поляков А.Ф. Лесные формации Крыма и их экологическая роль / А.Ф. Поляков, Ю.В. Плугатар. – Харьков: Новое слово, 2009. – 405 с.
18. Stein V.A. States of the Union: Ranking America's Biodiversity / V.A. Stein. – Arlington, Virginia: NatureServe. – 2002. – 27 p.
19. Millennium Ecosystem Assessment. – Ecosystems and human well-being: synthesis report. – Washington DC: Island Press, 2005. – 160 p.
20. Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // П.Л. Горчаковский // Экология. – 1984. – № 5. – С. 3–16.
21. Бурда Р.И. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі / Р.И. Бурда, О.А. Ігнатюк. – К.: НЦЕБМ НАН України, 2011. – 112 с.
22. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

References

1. Lavrov, V.V., Blinkova, O.I., Miroshnik, N.V. & Ivanenko O.M. (2016). Synecological principles of diagnostics of transformation of structural and functional organization of forest ecosystems in the evolutionary aspect. *Factors in Experimental Evolution Organisms*, 18, 186–190 (in Ukr.).
2. Protopopova, V.V. (1991). Synanthropic flora of Ukraine and ways of its development. Naukovadumka, Kyiv, 204 (in Rus.).
3. Holubec, M.A., Mariskevich, O.G., Krok, B.O. (2003). Ecological potential of terrestrial ecosystems. Polli, Lviv, 180 (in Ukr.).
4. Burda, R.I. (1991). Anthropogenic transformation of flora. Naukovadumka, Kyiv, 168 (in Rus.).
5. Zlobin, Yu.A. (2009). Population ecology of plants: current state, growth points: monograph. University book, Sumy, 263 (in Rus.).
6. Shishkin, B.K. (1963). Botanical atlas. Publishing house of agricultural literature, magazines and posters, Moscow, Leningrad, 504 (in Rus.).
7. Gorshkova, S.G. (1954). The day-nettle – *Lamium* L. Flora of the USSR, 21, 124-138 (in Rus.).
8. Mennema, J. (1989). Taxonomic revision of *Lamium* (Lamiaceae). Leiden botanic alseries, Leiden, The Netherlands, 202
9. Hulten, E., Fries, M. (1986). Atlas of North European vascular plants, North of the Tropik of cancer: In 3 v. Konigstein: In 3 vol. 1172 Moore, D.M. (1982) Flora Europaeana check-list and chromosome index. Cambridge University Press, Cambridge, 423.
10. Ohwi, J. (1965). Flora of Japan. A combined, much revised, and extended translation by the author of this Flora of Japan. DC Smithsonian Institution, Washington, 1067.
11. Britton, C.E. (1926). Notes on some minor varieties of British plants. *J. Bot.*, 64, 324–328.
12. Didukh, Ya.P. Pluta P.G. (1994). Phytosociological indication of ecological factors. Naukovadumka, Kyiv, 280 (in Ukr.).
13. Mirkin, V. (1985). The modern science of vegetation. Logos, Moscow, 136 (in Rus.).
14. Mosyakin, S.L., Fedoronchuk, M.M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. – M.G. Kholodny Institute of Botany, Kiev, 345.
15. International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code) adopted by the Eighteenth International Botanical Congress (Internet) (2012). Melbourne: International Association for Plant Taxonomy. (cited 2016 Dec 5). Available from: <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>
16. Polyakov, A., Plugatar Yu. (2009). Crimea forest formations and their ecological role. New Word, Kharkiv, 405 (in Rus.).
17. Stein, B.A. (2002). States of the Union: Ranking America's Biodiversity. Nature Serve, Arlington, Virginia, 27.
18. Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis report. (2005). Island Press, Washington DC, 160.
19. Gorchakovskiy, P.L. (1984). Anthropogenic changes in vegetation: monitoring, assessment, prediction. *Ekologiya*, 5, 3–16.
20. Burda, R.I., Ignatyuk, O.A. (2011). Methodology of study of adaptive strategy of alien plant species in a urbanized environment. Monograph NCECM of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 112 (in Ukr.).
21. Lakin, G.F. (1990). Biometrics. Higher education school, Moscow, 352 (in Rus.).

Summary. Blinkova O. I. Features of the adaptation of alien species *LAMIUM PURPUREUM* L. of secondary area

Introduction. The negative impact of non-abiotic plant species on the environment is increasing every year in Ukraine. At present, this problem has become extremely important, since invasions of adventitious plant species violate the structural and functional relations of forest ecosystems.

L. purpureum is a typical representative of grassy plants, which reflects such changes. **Purpose.** The aim of the present study was to analyze of populations of *L. purpureum* in the secondary area on the example of the territory of the Right Bank of Forest-Steppe zone.

Methods. Study sites were all located within the Right Bank Forest-steppe on the territory of the Kyiv and Vinnytsia regions. An ecological profile consisting of six experimental plots, depending on the recreational gradient in the urban forest, was established in accordance with the principles of comparative ecology. Plant complex was established according to the geobotanical and ecological methods. Assessment of the morphometric parameters of the population *L. purpureum* was established in accordance with generally accepted methods.

Results. *Weak, medium and strong degrees of environmental transformations accompanied by ecological and coenotic adaptation changes of species populations was established. The analysis of morphometric parameters (plant height, number of flowers, number of leaves, number of shoots, diameter of the shoots, average area of a separate leaf, total leaf surface) was shown. Analysis of the variability of characteristics through the coefficient of variation showed that the investigated morphometric parameters were varied within the range of 21,0% -89,2%. The coefficient of variation increases with the potentiation of anthropogenic pressure transformation was established. Analysis of the vital composition was showed the domination of a prosperous type of population. The quality index was within the range of 0,315-0,435.*

Conclusion. *The various ecological conditions and coenotic confinedness have caused a significant range of values of morphometric parameters of the populations of *L. purpureum*. The number of flowers and the number of leaves per individual were the most significant parameters. The height and diameter of the shoots were more stable.*

Keywords: *Lamium purpureum L., ecological threats, anthropogenic transformation, morphometric parameters, vital analysis.*

Національний університет біоресурсів і природокористування

Одержано редакцією 23.05.2016

Прийнято до публікації 11.06.2018

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ЗМІНИ В ОРГАНІЗМІ СТУДЕНТІВ ПІД ВПЛИВОМ НАВЧАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

У статті розглядаються зміни психічних функцій та розвитку пристосувальних реакцій в організмі студенток під впливом начального навантаження різного спрямування. Виявлено, що найкращий приріст показників розумової діяльності з активізацією вагусних впливів був у жінок факультету фізичного виховання. Напруження адаптивних реакцій відчували жінки-філологи. Студентки природничих спеціальностей характеризувались стабілізацією психічних функцій, при цьому у жінок-математиків переважали парасимпатичні впливи, а у біологів – зниження активності обох ланок регуляції.

Ключові слова: психічно-розумова діяльність; регуляторні впливи; вегетативна нервова система; психофізіологічні показники; навчальне навантаження; студенти.

Постановка проблеми. Навчальний процес вищого навчального закладу в сучасних реаліях освітнього простору передбачає вплив багатьох чинників на формування та становлення майбутнього фахівця. Тому підготовка студентів до професійної діяльності вимагає значного психофізіологічного напруження. Адаптивні зміни, що при цьому відбуваються в організмі, характеризують рівень функціонування систем та їх потенційні можливості. Розумова діяльність не припиняється після завершення процесу сприйняття інформації, переходячи наступні фази аналітико-синтетичної діяльності. Тривала активність мозкових структур при напруженій роботі може провокувати розвиток втоми та дезадаптивних змін в організмі [1]. Підтримання належного функціонального стану організму при дії стресорів, якими для студентів виступають умови навчального навантаження, здійснюється за участю різних ланок та рівнів регуляції [2]. Вегетативні реакції проявляються у перебудові режиму кисневого забезпечення, збільшенні легеневої вентиляції легень, підвищенні температури тіла, зміні циркуляторної гемодинаміки та інших мобілізуючих трансформаціях систем організму [1;3; 4]. Як наслідок, змінюються психічні функції мозкової діяльності: увага, пам'ять, сприйняття тощо [5;6]. При цьому кіркові відділи великих півкуль через лімбіко-ретикулярну систему регулюють активність ланок вегетативної нервової системи (ВНС). Такі взаємодії пов'язані із формуванням нейронних популяцій мозку у процесі розумової діяльності. Тобто сприйняття, переробка інформації та реалізація прийнятого рішення під час навчальної діяльності супроводжується синергізмом відділів центральної (ЦНС) та вегетативної нервової систем [6;7;8; 9]. Мозок через інтеграційну систему взаємозв'язків здійснює адаптивне регулювання та контроль над периферією [10]. Цією інтеграційною системою виступає варіабельність серцевого ритму (ВРС). Оцінка ВРС дає можливість отримати інформацію про здатність організму ефективно функціонувати під впливом умов середовища [2].

Фахові відмінності підготовки вчителів різних спеціальностей полягають у специфічних вимогах до психічно-розумової та рухової діяльності. Тому дослідження вегетативних реакцій та психічної діяльності під впливом особливостей навчального навантаження різного характеру є актуальним.

Аналіз останніх публікацій. Проблемою формування пристосувальних реакцій в організмі студентської молоді під впливом різних чинників навчального середовища займалися багато науковців: оцінювали вплив розумового навантаження у осіб з різними типологічними властивостями ВВД на серцевий ритм та гемодинаміку головного мозку [11; 12], порівнювали розумову працездатність студентів різних спеціальностей [13] характеризували стан психофізичних та вегетативних функцій організму студентів різних спеціальностей під впливом термінових адаптацій та протягом навчального року [14], визначали формування адаптивних змін гемодинаміки

та серцевого ритму у студенток з різною масою тіла [15] та ін. Проте питання формування пристосувальних реакцій до навчального навантаження залишається ще не повністю розкритим. Проаналізовані літературні дані свідчили, що дослідження проводились протягом навчального року, або із використанням перехресних порівнянь незв'язаних вибірок. Нами раніше було доведено, що розвиток адаптивних змін в організмі студентів незв'язаних вибірок під впливом навчальних навантажень в межах спеціальностей не завжди має однакову спрямованість регуляторних процесів [16]. **Мета** – дослідити зміни психічних функцій та вегетативних реакцій при формуванні довготривалої адаптації організму студентів до навчального навантаження.

Матеріал та методи

Дослідження проводились на базі Тернопільського національного педагогічного університету ім. В.Гнатюка серед студентів спеціальностей: іноземні мови (ІМ), фізичне виховання (ФВ), фізика і математика (ФМ), хімія і біологія (ХБ). Усього обстежено 65 жінок під час навчання на I курсі та повторно на IV курсі, які склали зв'язані вибірки.

Регуляторні механізми розвитку довготривалої адаптації оцінювали за показниками варіабельності серцевого ритму (BPC), отриманими з 5-ти хвилинних записів кардіоінтервалів за допомогою діагностичного комп'ютерного комплексу для оцінки функціонального стану організму людини «Омега-М». Нами були отримані та проаналізовані показники статистичні: M_0 (мс), AM_0 (%), BP (мс), RRNN, SDNN, RMSSD, CV (%), NN_{50} , pNN_{50} , HVR-індекс; спектральні: HF (мс²), LF (мс²), VLF (мс²), LF/HF, TP (мс²), HF %, LF %, VLF %; показники серцевої діяльності: IBP (y.o.), BPP (y.o.), ПАПР (y.o.), ІН (y.o.) [17].

Обстеження студентів здійснювали за стаціонарних умов з 8⁰⁰ до 13⁰⁰ год. До обстеження допускались студенти із добрим самопочуттям (суб'єктивна оцінка). Яскраво виражених хронічних соматичних захворювань та інвалідностей у вибірці досліджених не зафіксовано.

Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою пакету програми Statistica 6.0. Оскільки більшість отриманих показників мали ненормальний розподіл, то достовірність відмінностей між групами визначали за непараметричним критерієм Вілкоксонай описували медіаною та інтерквартильним розмахом (25-й і 75-й процентилі) [18].

Результати та їх обговорення

При порівнянні змін психофізіологічних показників на I та IV курсах в межах спеціальностей, ми отримали наступні результати (табл. 1).

У студенток усіх досліджуваних спеціальностей на старших курсах зріс показник RRNN ($p \leq 0,05$), крім жінок ФМ, але він мав тенденції до збільшення ($p \geq 0,05$), що свідчило про настання відносної стабілізації адаптації, яка проявляється у поступовому зниженні рівня активації організму [19].

Дослідниками доведено, що покращення психофізіологічних функцій людини відбувається на тлі вікових змін й найбільший приріст має у юнацькому віці [20].

Оцінюючи психофізіологічні показники жінок ІМ, бачимо, що на старшому курсі у них достовірно знижується обсяг пам'яті на слова ($p \leq 0,05$). Оскільки пам'ять, особливо на словесні стимули, є важливою для студентів даної спеціальності, то такі зміни пояснюються розвитком втомлювальної ЦНС під впливом напруженої розумової діяльності. Можна припустити, що навчальне навантаження, зумовлене великим обсягом різноманітної текстової інформації, посиленої мовленевої діяльності негативно вплинуло на мнемічні функції. Це знаходить відображення у розвитку пристосувальних реакцій в організмі студенток ІМ: зміни показників BPC свідчать про активізацію симпатичної ланки регуляції та посилення централізації управління серцевим ритмом.

Таблиця 1.

Зміни показники психічно-розумової діяльності та ВРС студентів із різним спрямуванням навчального процесу

Показники	ІМ		ФВ		ФМ		ХВ		
	I курс	IV курс	I курс	IV курс	I курс	IV курс	I курс	IV курс	
Увага	Обсяг	778 (680; 903)	781 (680; 786)	662 (508; 828)*	870 (804; 972)*	734 (617; 865)	720 (680; 763)	841 (720; 945)	828 (734; 960)
	Стійкість	0,94 (0,91; 0,97)	0,96 (0,92; 0,98)	0,93 (0,88; 0,96)	0,95 (0,88; 0,97)	0,94 (0,92; 0,97)	0,97 (0,96; 0,98)	0,94 (0,92; 0,98)	0,93 (0,89; 0,96)
	Продуктивність	735 (660; 833)	724 (657; 841)	584 (448; 731)*	786 (748; 808)*	693 (644; 717)	691 (644; 717)	786 (684; 858)	767 (673; 876)
Пам'ять	к-сть помилок	10 (5; 14)	6 (3; 13)	10 (6; 16)*	9 (5; 15)*	11 (4; 13)	6 (3; 7)	9 (4; 11)	11 (5; 13)
	розподіл	19 (17; 23)	20 (18; 22)	19 (16; 20)	21 (19; 23)	20 (19; 21)	21 (20; 21)	21 (18; 24)	21 (19; 22)
	переклочення	231 (216; 252)	246 (220; 259)	297 (263; 341)*	222 (195; 322)*	230 (220; 261)	270 (255; 295)	256 (237; 280)	243 (198; 260)
Чіткість	на склади	5 (5; 6)	4 (3; 5)	2 (2; 3)*	6 (5; 7)*	4 (3; 5)	3 (3; 4)	4 (3; 5)	3 (2; 6)
	на слова	8 (8; 9)*	7 (7; 8)*	7 (6; 8)*	9 (9; 10)*	8 (6; 9)	7 (6; 7)	7 (6; 9)	7 (6; 8)
	на цифри	6 (4; 7)	6 (5; 7)	6 (4; 7)*	9 (7; 9)*	7 (5; 8)	5 (5; 6)	6 (5; 8)	6 (5; 7)
на фігури	6 (4; 7)	6 (5; 7)	5 (5; 6)*	7 (6; 8)*	8 (7; 9)	6 (5; 7)	7 (5; 8)	6 (5; 7)	
Mo	720 (680; 800)	760 (720; 920)	720 (610; 860)	760 (680; 810)	760 (680; 840)	800 (720; 920)	680 (640; 760)	840 (640; 920)	
AMo	25,68 (22,97; 27,21)*	34,95 (30,85; 43,39)*	25,32 (22,28; 40,18)	29,55 (27,60; 35,41)	30,34 (22,37; 33,90)	32,43 (22,90; 41,55)	30,07 (26,78; 34,34)	31,74 (26,62; 38,31)	
BP	298 (261; 334)	228 (175; 269)	271 (186; 319)	243 (192; 313)	251 (221; 304)	232 (217; 389)	257 (220; 293)	227 (188; 269)	
RRNN	723 (673; 803)*	818 (736; 914)*	711 (629; 796)*	779 (729; 818)*	754 (690; 828)	831 (760; 927)	743 (619; 780)*	850 (683; 902)*	
SDNN	65,3 (55,0; 71,4)	44,2 (34,2; 54,0)	60,1 (36,5; 68,6)	52,3 (40,1; 65,1)	50,4 (44,4; 74,5)	46,1 (40,2; 71,6)	56,0 (46,1; 62,9)*	48,5 (39,2; 54,1)*	
CV	8,8 (7,8; 9,9)*	5,6 (4,4; 7,3)*	6,6 (5,8; 8,7)	6,2 (5,4; 8,6)	7,5 (5,3; 9,2)	6,0 (5,4; 8,2)	7,9 (6,0; 9,3)*	6,0 (5,1; 6,7)*	
HVR-індекс	15 (13; 15)	11 (9; 13)	17 (14; 19)*	14 (12; 15)*	13 (11; 16)	12 (9; 16)	13 (11; 15)	11 (10; 13)	
HF	628 (243; 1016)	474 (325; 1048)	586 (212; 1040)	627 (565; 992)	797 (236; 1297)	718 (463; 1829)	562 (256; 901)	516 (274; 1166)	
LF	891 (675; 1590)	675 (429; 1274)	630 (457; 1966)	1107 (620; 1367)	720 (377; 1094)	690 (584; 1334)	1020 (592; 1402)*	620 (375; 895)*	
VLF	1771 (1131; 2267)*	515 (329; 1045)*	902 (500; 1432)*	520 (393; 723)*	756 (581; 1232)	645 (421; 1137)	854 (612; 1616)	708 (469; 1011)	
LF/HF	2,43 (1,09; 3,64)*	1,22 (0,88; 1,80)*	2,21 (1,14; 3,20)	1,76 (0,89; 2,31)	0,92 (0,64; 2,28)	0,94 (0,73; 1,30)	2,05 (0,66; 3,16)	0,82 (0,48; 2,32)	
TP	3596 (2724; 4480)	1880 (1107; 2862)	2599 (1235; 4611)	2554 (1581; 3780)	2324 (1848; 4925)	2038 (1478; 4984)	2803 (2042; 3157)	1969 (1298; 2398)	
HF(%)	18 (8; 25)*	29 (22; 42)*	21 (13; 30)*	28 (25; 40)*	31 (15; 43)	35 (30; 38)	19 (11; 43)	37 (14; 45)	
LF(%)	29 (25; 40)	35 (30; 41)	31 (24; 41)*	41 (34; 50)*	27 (24; 35)	35 (28; 39)	39 (29; 52)*	26 (21; 31)*	
VLF(%)	50 (40; 58)*	32 (28; 44)*	45 (43; 56)*	25 (19; 30)*	41 (29; 53)*	32 (28; 36)*	33 (24; 47)	37 (21; 46)	
TPP	802 (728; 1056)*	158,9 (119,9; 239,1)*	95,6 (71,4; 218,4)	113,6 (84,2; 188,9)	117,9 (73,6; 164,0)	139,8 (63,1; 208,4)	122,7 (91,4; 157,0)	135,8 (104,3; 202,4)	
ВІР	0,43 (0,33; 0,45)*	0,30 (0,27; 0,35)*	0,30 (0,28; 0,37)	0,30 (0,27; 0,40)	0,36 (0,27; 0,40)	0,34 (0,29; 0,40)	0,37 (0,29; 0,43)*	0,29 (0,26; 0,35)*	
ПАІР	35,2 (28,7; 41,9)*	46,0 (35,4; 62,6)*	31,5 (27,0; 56,4)	37,5 (33,0; 49,4)	44,2 (27,0; 49,9)	40,5 (32,4; 48,2)	45,4 (38,9; 50,3)	41,9 (34,3; 49,8)	
ІН	60,9 (50,6; 96,9)*	104,5 (66,5; 162,8)*	59,5 (39,6; 156,0)	71,5 (55,6; 126,8)	86,7 (43,8; 112,8)	87,4 (41,5; 141,8)	91,8 (73,7; 114,3)	83,8 (55,5; 126,2)	

Примітка.* - достовірні відмінності між показниками студентів на I та IV курсах при $p \leq 0,05$ (критерій Вілкоксона).

В той же час зниження показника LF/HF ($p \leq 0,05$) відбувалось на тлі зростання вкладу довгохвильового компоненту – HF % ($p \leq 0,05$) та зменшення абсолютного (VLF) і відносного (VLF %) значень дуже короткохвильової складової у загальний спектр ($p \leq 0,05$). Нещодавні дослідження показали, що LF/HF не варто однозначнорозглядати як показник симпато-вагусного балансу, оскільки довели, що короткохвильовий компонент спектру (LF) може визначатись активністю парасимпатичної ланки регуляції [21]. Тому зменшення LF/HF на старших курсах можна пояснити зниженням вагусної активності під впливом стресогенності навчального навантаження. Статистичні показники, та розраховані на їх основі ІВР, ВПР, ПАПР та ІН, вказували на посилення напруження регуляторних механізмів і активізацію симпатоадреналової ланки регуляції ($p \leq 0,05$) [17]. Отже, під впливом психоемоційного напруження навчальної діяльності у жінок ІМ погіршується пам'ять, що впливає формування пристосувальних реакцій, на тлі зниження нейроендокринної регуляції, за рахунок посилення активності центрального контура регуляції.

Особливістю навчання на факультеті фізичного виховання є те, що навчальний процес передбачає не лише розумове навантаження під час опанування фаху, але й високу фізичну активність на спортивно-педагогічних заняттях, що дозволяє розвивати витривалість, швидкість реакції, високу психічну й емоційну стійкість. Тому закономірним було достовірне зростання показників психічно-розумової діяльності у жінок ФВ. З табл. 1 видно, що у них зросли показники обсягу та продуктивності уваги, зменшилась кількість допущених помилок, покращився час переключення уваги ($p \leq 0,05$). Також значно збільшився обсяг пам'яті ($p \leq 0,05$). Можна сказати, що навчальне навантаження було адекватним для студенток даної спеціальності і не викликало перенапруження вищих відділів ЦНС. Це відобразилось у показниках ВРС: достовірно зросли показники RRNN, HF %, LF % та знизилась HVR-індекс, VLF, VLF % ($p \leq 0,05$). Зростання тривалості кардіоінтервалів та зменшення HVR-індексу свідчать про вікове врегулювання періодики та стабілізацію ритму серця на тлі зниження активності вищих надсегментарних рівнів управління. До того ж одночасне зростання вкладу довго- та короткохвильового компонентів у загальний спектр ВРС підтверджує думку дослідників про специфічну взаємодію двох ланок ВНС задля економізації роботи серця [4; 22; 23]. Такі реакції організму жінок ФВ на навчальне навантаження є закономірними на тлі високої фізичної активності. Крім того, підвищення рівня психічно-розумової діяльності на старшому курсі позитивно впливає на емоційний стан що відображається у координуючій діяльності дихального та судинно-рухового центрів регуляції.

Студентки ФМ достовірних відмінностей показників психічно-розумової діяльності не мали ($p \geq 0,05$). Незважаючи на низькі обсяг та продуктивність уваги на старшому курсі, що свідчило про розвиток втоми ЦНС, навчальне навантаження не мало дизрегуляторного впливу на організм жінок ФМ. Достовірне зниження показника VLF % ($p \leq 0,05$) вказувало на зменшення впливів вищих надсегментарних рівнів управління серцевим ритмом. Подібні зміни спостерігали й у студенток ІМ та ФВ ($p \leq 0,05$). Це можна пов'язати із зменшенням впливу нейрогуморального чинника (гіпоталамо-гіпофізарної системи регуляції) та завершенням вікових перебудов в організмі жінок [8]. Отже, розвиток довготривалої адаптації студенток ФМ відбувався під впливом навчального навантаження, що було адекватним їх психічно-розумовим можливостям та не мало стресового впливу на організм. Це сприяло формуванню оптимальної адаптації з підтриманням вегетативного балансу регуляторних впливів.

Подібно до жінок ФМ, студентки ХБ не мали суттєвих зрушень у показниках психічної діяльності ($p \geq 0,05$). Під впливом умов навчального процесу, достовірно збільшився показник RRNN та знизилась показники: SDNN, CV, LF, LF % та ВПР

($p \leq 0,05$). Зниження показників SDNN і CV вказують на зменшення парасимпатичної активності [23], а LF та LF % [9] свідчать про зменшення активності симпатичної ланки регуляції. Зниження активності однієї ланки регуляції повинна була б компенсуватись підвищенням іншої. Таку невідповідність можна пояснити різним походженням отриманих показників. SDNN та CV – показники отримані з кардіоінтервалів статистичним методом, LF та LF % – отримані з частотного діапазону [22]. Перші – є результатом обробки показників RRNN і є сумарними показниками регуляторних впливів на рівні ВНС, спектральні – це впливи регуляторних центрів мозку на серцевий ритм [17]. Можна сказати, що у жінок ХБ подовження тривалості кардіоінтервалів на тлі зменшення парасимпатичної активності та зниження регуляторного впливу судинно-рухового центру є результатом розвитку незадовільних пристосувальних реакцій під впливом навчального навантаження.

Висновки

У жінок ІМ зміна показників свідчить про переважання активності парасимпатичної ланки регуляції під впливом умов навчального навантаження на тлі зниження нейрогуморальних модуляцій. Знижений обсяг пам'яті на слова ($p \leq 0,05$), як результат розвитку втоми, зумовлював напруження регуляторних впливів та посилення центральної регуляції.

У студенток ФВ покращились показники пам'яті та уваги ($p \leq 0,05$), що можна пояснити набуттям навчальних компетенцій та розвитком психічно-пізнавальної діяльності. Зміни регулюючих впливів проявились у зниженні активності вищих надсегментарних рівнів управління серцевим ритмом (VLF) та посиленні активності дихального (HF) та судинно-рухового центрів (LF) ($p \leq 0,05$).

Навчальне навантаження для студенток ФМ та ХБ було відповідним їх психічно-розумовим можливостям та не викликало значних змін аттенційних та мімічних процесів ($p \geq 0,05$). Пристосувальні реакції організму студенток ФМ відбувались під контролем парасимпатичної ланки регуляції на тлі зниження активності церебрально-ерготропних впливів ($p \leq 0,05$). Студентки ХБ характеризувались змінами в організмі, які свідчили про розвиток незадовільних механізмів адаптації через зниження активності обох ланок регуляції.

Перспективи подальших досліджень будуть спрямовані на оцінку взаємозв'язків пристосувальних реакцій в організмі та психічної діяльності в динаміці під впливом специфічних відмінностей навчальних навантажень різної спрямованості.

Література

1. Beda A. Heart-rate and blood-pressure variability during psychophysiological tasks involving speech: influence of respiration / A. Beda, F. C. Jandre, D. I. Phillips, A. Giannella-Neto, D. M. Simpson // *Psychophysiology*. – 2007. – V. 44 (5). – P. 767–778
2. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: основы метода и новые направления // *Новые методы электрокардиографии*. М.: техносфера, 2007. С. 473–496.
3. Волянський О. М. Визначення індивідуальних рівнів фізіологічних затрат при розумовій праці / О. М. Волянський // *Фізіологічний журнал*. – 2005. – Т. 51, № 2. – С. 104–109.
4. Котельников С. А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С. А. Котельников, А. Д. Ноздрачев, М. М. Одинак // *Физиология человека*. – 2002. – Т. 28, №1. – С. 130 – 143.
5. Медведев В. И. Взаимодействие физиологических и психологических механизмов в процессе адаптации / В. И. Медведев // *Физиология человека*. – 1998. – Т. 24. № 4. – С. 7 – 13.
6. Шеповальников А. Н. Формирование межрегионального взаимодействия кортикальных полей при речемыслительной деятельности / А. Н. Шеповальников, М. Н. Цицерошин // *Журн. эволюц. биохимии и физиологии*. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 411 – 422.
7. Костандов Э. А. Изменения корковой электрической активности при формировании установки в условиях увеличения нагрузки на рабочую память / Э. А. Костандов, Н. С. Курова, Е. А. Черемушкин // *Журн. высш. нерв. деят.* – 2004. – Т. 54. № 4. – С. 448 – 454.

8. Безруких М. М. Возрастная физиология / М. М. Безруких, В. Д. Сонькин, Д. А. Фарбер. – М.: Академия, 2002. – 416 с.
9. Mestanik M. Cardiovascular sympathetic arousal in response to different mental stressors / M. Mestanik, A. Mestanikova, Z. Visnovcova, A. Calkovska, I. Tonhajzerova // *Physiol Res.* – 2015. – V. 64 (5). – S. 585-594.
10. Quintana D. S. Consideration sintheassessment of heart rate variability inbiobehavioral research h[Electronic recourse] / DanielS. Quintana, James A. J. Heathers // *Front Psychol.* – 2014 – Accessed mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106423>.
11. Макаренко М. В. Гемодинаміка головного мозку та серцевий ритм при розумовій діяльності людей з різними індивідуально-типологічними вищих відділів центральної нервової системи / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, Л. І. Юхименко, Н. П. Черненко // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. Вернадського. Серія «Біологія, хімія».* – 2012. – Т. 25. Вип. 64. – № 4. – С. 136-143.
12. Черненко Н. П. Вегетативне забезпечення розумової діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.13. «Фізіологія людини і тварин» / Н. П. Черненко. – Київ, 2013. – 20 с.
13. Коробейніков, Г. В. Розумова працездатність студентів вищого навчального закладу / Г. В. Коробейніков, Г. С. Петров, В. М. Улізько // «Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту». – 2010. – № 4. – С. 68 – 72.
14. Ісаков О. А. Вегетативні прояви реакцій термінової адаптації студентів до інформаційного навантаження / О. А. Ісаков, В. П. Ляшенко, Г. С. Петров // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Біологія, хімія».* – Том 26 (65). – 2013. – № 4. – С. 46 – 59.
15. Добростан О. В. Адаптація організму студенток з різною масою тіла до процесу навчання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.13. «Фізіологія людини і тварин» / О. В. Добростан. – Львів, 2017. – 20 с.
16. Гулька О. В. Аналіз показників варіабельності ритму серця студентів незв'язаних вибірок / О. В. Гулька // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* – 2013. – № 2 (55). – С. 39 – 43.
17. Система комплексного компьютерного исследования функционального состояния организма человека «Омега-М». – СПб: Научно-исследов. лаборатория «Динамика», 2001. – 67 с.
18. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Ю. Реброва – Москва: МедиаСфера, 2002. – 312 с
19. Кальниш В. В. Особливості регуляції ритму серця при адаптації людини до умов антарктики / В. В. Кальниш, Г. Ю. Пишнов, Є. В. Моїсеєнко, В. В. Опанасенко, Л. М. Алексеева, Л. Г. Висоцька // *Фізіологічний журнал.* – 2016.– Т. 62.– № 3. – С. 20 – 29
20. Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : спец. 03.00.13 "Фізіологія людини і тварин" / В. С. Лизогуб – К., 2001. – 29 с.
21. Reyesdel Paso G. A. The utility of low frequency heart rate variability a sanindex of sympathetic cardia ctone: a review with emphasison a reanalysis of previous studies. / G. A.Reyesdel Paso, W. Langewitz, L. J. Mulder, A. van Roon, S. Duschek // *Psychophysiology.* – 2013. – V. 50(5). P.477 – 487.
22. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // *Circulation.* 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065.
23. Billman G. E. The effect of heart rate on the hear trate variability response to aut onomic interventions [Electronic recourse] / G. E. Billman // *Front. Physiol.* 2013. – Accessed mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3752439>.

References

1. Beda A, at all (2007). Heart-rate and blood-pressure variability during psychophysiological tasks involving speech: influence of respiration. *Psychophysiology.* 44(5). 767-78
2. Baevsky P. M., Ivanov G. G. (2007) Heart rate variability: the basis of the method and new directions // *New methods of electrocardiography.* M.: Tehnosphere. 473–496. (in Rus.).
3. Volyansky, OM (2005) Determination of individual levels of physiological costsin mental work. *Fiziologichnyi zhurnal[Physiology magazine].* 51, 2. 104-109 (inUkr.).
4. Kotelnikov, S.A., Nozdrachev, A.D.,Odinak M.M.(2002) Heart rate variability: representations of the mechanisms .*Fiziologiya cheloveka [Human Physiology]* 28, 1. 130 – 143. (in Rus.).
5. Medvedev, V.I. (1998) Interaction of physiological and psychological mechanisms in the process of adaptation. *Fiziologiya cheloveka [Human Physiology].* 24, 4. 7-130. (in Rus.).

6. Shepovalnikov, A.N. Tsitseroshin, M.N. (2004) Formation of interregional interaction of cortical fields in speech-membrane activity. Zh. evolut. Biochemistry and physiology [Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology]. 40, 5. 411-522. (in Rus.).
7. Kostandov, E. A. et al (2009). Changes in cortical electrical activity during the formation of an installation under conditions of increasing work memory load. Zhurn. vyssh. nerv. deyat. [Pavlov Journal of Higher Nervous Activity] 54, 4. 448-454. (in Rus.).
8. Bezrukih, M.M., Sonkin, V.D., Farber, D.A. (2002). Age physiology. M.: Academy, 416 (in Rus).
9. Mestanik, M. et al. (2015). Cardiovascular sympathetic arousal in response to different mental stressors. Physiol Res. 64, 5. 585-94.
10. Quintana, D.S., James, A. J. H. (2014). Consideration in the assessment of heart rate variability in biobehavioral research [Electronic resource]. Front Psychol. – Accessed mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4106423>.
11. Makarenko, M.V., Lizogub, V.S., Yukhimenko, L.I., Chernenko N.P. (2012) Hemodynamics of the brain and cardio rhythm in the mental activity of people with different individual-typological higher parts of the central nervous system. Vcheni zapysky Tavriys'koho natsional'noho universytetuim. V. Vernads'koho. Seriya «Biolojiya, khimiya» [Scientists note Taurian National University. V. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"]. 25(64), 4. 136-143 (inUkr.).
12. Chernenko, N.P. (2013) Vegetative provision of mental activity of people with various individual-typological properties of higher nervous activity. Manuscript for PhD degree in Biology, specialty 03.00.13 Human and animal physiology. Kyiv, 20 p. (inUkr.).
13. Korobeinikov, G. V., Petrov, G. S., Ulizko, V. M. (2010). The mental capacity of students of higher educational institutions. Pedagogika, psykholohiia ta medyko-biologichni problem fizychnoho vykhovannia i sportu. [Pedagogics psychology medical biological problems of physical training and sports]. 4, 68-72. (inUkr.).
14. Isakov, O. A., Lyashenko, V. P., Petrov G. S. (2013). Vegetative manifestations of reactions of urgent adaptation of students to information load. Vcheni zapysky Tavriys'koho natsional'noho universytetuim. V. Vernads'koho. Seriya «Biolojiya, khimiya» [Scientists note V. Vernadsky Taurida National University. Series "Biology, Chemistry"]. 26(65), 4. 46-49 (inUkr.).
15. Dobstan, O.V. (2017). Adaptation of female students' organisms having various body weights to the educational process. Manuscript for PhD degree in Biology, specialty 03.00.13 Human and animal physiology. Lviv, 20 p. (in Ukr.).
16. Hulka, O.V. (2013). Heart variability rate indices analysis of separate group students. Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho opedahohichnoho universytetuim. Volodymyra Hnatyuka. Seriya: Biolojiya [Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology]. 2(55). 39-43. (inUkr.).
17. System of complex computer-aided inspection of the functional condition of a human organism «Omega-M». (2001) St. Petersburg: Scientific research laboratory "Dynamics". 67 p. (in Rus).
18. Rebrova, O.Yu. (2002) Statistica analysis of medical data. Application of the STATISTICA software package. Moscow: Media Sphere, 312.
19. Kalnish, V.V. et al (2016) Specificity of the regulation of the rhythm of the heart when adaptin people to the minds of Antarctica. Fiziologichnyi zhurnal [Physiology magazine]. 62., 3. 20-29. (inUkr.).
20. Lizogub, B.C. (2001). Ontogenesis of psycho-physiological functions of people. Manuscript for PHD degree in Biology, specialty 03.00.13 Human and animal physiology. Kyiv, 29 p. (inUkr.).
21. Reyesdel Paso, G. A. et al (2013). The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. Psychophysiology. 2013. 50, 5. 477-87.
22. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. (1996). Circulation. 93. 1043-65.
23. Billman, G. E. (2013). The effect of heart rate on the heart rate variability response to autonomic interventions [Electronic resource]. Front. Physiol. – Accessed mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3752439>.

Summary. Hulka O. V. Psycho-physiological changes in the organism of students organisms under the influence of educational load

Introduction: Preparation of students for professional activity requires significant psycho-physiological stress. Adaptive changes that occur in the body, characterize the level of functioning of systems and their potential capabilities.

Purpose: The aim of the article was to investigate the changes in mental functions and vegetative reactions in the formation of long-term adaptation of the students organisms to the study load.

Methods: A method for studying the properties of attention for correctional tables Anfimova, the method of "arrangement of numbers", red-black tables of Schulte, methods of studying short-term arbitrary visual memory; 5-minute Heart Rate Variability (HRV) records.

Results: The study load for students of "Physics and Mathematics" (PHM) and "Chemistry and Biology" (CHB) corresponded to their psychological and mental abilities that were decisive when choosing a specialty, and therefore did not cause significant changes in attention and mnemonic processes. Adaptive reactions manifested in vegetative regulation. Changes in HRV showed an increase in parasympathetic regulation and decreased neurohumoral modulation in women, "Foreign Languages" (FL). Reduced memory for words ($p \leq 0.05$), caused tensions of regulatory influences and increased central regulation. Under the influence of the educational load in the students of the "Physical Education" (PHE), the indicators of mental activity improved ($p \leq 0.05$). Changes in regulatory influences were manifested in lowering the activity of higher super-segmental levels of cardiac rhythm management and increased activity of the respiratory and vasomotor centers. In women, PHM was observed reduction of cerebro-ergotropic activity ($p \leq 0.05$) and maintenance of vegetative balance. Low volume and productivity of attention showed a decrease in efficiency, but it did not have a disruptive effect on the body. In students of CHB the activity of both departments of vegetative regulation decreased. This indicated the development of unsatisfactory adaptation mechanisms under the influence of the study load.

Originality: The psycho-physiological parameters of students of different specializations of linked samples have been analyzed. Differences in the formation of adaptive changes in an organism depending on the content of educational activity have been established.

Conclusion: The tension of regulatory mechanisms was felt by the students of FL and CHB. Women of PHE, psychophysiological parameters have improved as a result of high motor activity. The smallest psychophysiological discomfort was felt by women of PHM, which was manifested in the stability of the studied indicators.

Key worlds: mental activity; regulatory impacts; autonomic nervous system; psycho-physiological indicators; educational load; students.

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка

Одержано редакцією 14.11.2017
Прийнято до публікації 11.06.2018

ВПЛИВ СЕНСОРНОЇ ДЕПРИВАЦІЇ НА СЕНСОМОТОРНЕ РЕАГУВАННЯ У ДІТЕЙ

У статті представлено результати досліджень сенсомоторного реагування в умовах сенсорної депривації (слухова та зорова). Оскільки не має цілісної картини особливостей фізичного і психічного стану дітей з проблемами слуху та зору, метою дослідження стало вивчення особливостей сенсомоторного реагування у сенсорнодепривованих дітей. Актуальність роботи полягає в необхідності отримання та аналізу нових наукових даних про специфічність впливу депривації на розвиток властивостей основних нервових процесів.

Ключові слова: сенсомоторне реагування, латентний період, сенсорна депривація, гальмівні подразники, експозиція.

Постановка проблеми. В наш час досить актуальною стала проблема впливу сенсорної депривації на психофізіологічний стан дитини. Тисячі дітей у всьому світі страждають від проблем, пов'язаних з втратою зору та слуху. Обмежене надходження інформації при порушенні одного або декількох аналізаторів створює незвичайні умови розвитку психіки людини [1, 8]. У другій чверті ХХ століття активно почалися клінічні дослідження впливу сенсорної депривації на психофізіологічний стан дитини. Але на жаль, до цих пір немає цілісної картини особливостей фізичного і психічного стану дітей з вадами зору та слуху.

Аналіз останніх публікацій. В останні десятиліття вчені активно вивчали вплив сенсорної депривації на психофізіологічний стан дітей [М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, 2015; С. М. Хоменко, 2015; О. М. Гасюк, 2004; О. О. Тарасова, 2008; Ю. В. Кравченко, 2003; А. В. Шкурпат, 2011; Т. І. Щербина, 2006], але й дотепер ми не маємо змоги створити цілісну картину особливостей фізичного та психічного стану слабчущої чи слабозорої дитини.

Мета статті. Необхідність отримання та аналізу нових наукових даних про специфічність впливу слухової та зорової сенсорної депривації на сенсомоторне реагування.

Матеріал та методи

Дослідження проводилося серед дітей віком 9 років Херсонської школи-інтернат І-ІІІ ступенів Херсонської обласної ради та Херсонського навчально-виховного комплексу №11 та 48 Херсонської міської ради у кількості 57 осіб. Контрольна група була створена з учнів загальноосвітньої школи №31 з поглибленим вивченням історії, права та іноземних мов м. Херсона у кількості 30 осіб.

Дослідження проводилися у жовтні-грудні. Враховуючи зміни коливання розумової працездатності впродовж робочого дня та тижня, всі дослідження проводились у дні високої розумової працездатності – у вівторок-четвер з 9.00 до 13.00 години [5, 6]. Загальний обсяг експериментального дослідження на кожного обстежуваного становив не більше 30 хвилин за одне обстеження.

На початку дослідження з кожним обстежуваним індивідуально проводилось ознайомлення з методиками дослідження сенсомоторного реагування. Вони реалізовані за допомогою комп'ютерної системи «Діагност-ІМ», яка була розроблена у лабораторії фізіології вищої нервової діяльності людини Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України (м. Київ) професорами М. В. Макаренко та В. С. Лизогубом [4, 5, 6, 7].

У даній роботі ми зупинилися на методиці визначення оцінки здатності вищих відділів центральної нервової системи забезпечувати максимально можливий для кожного обстежуваного рівень швидкодії за безпомилковим диференціюванням позитивним і

гальмівних подразників з врахуванням швидкості, якості та кількості їх переробки, які зумовлені високо генетично детермінованими типологічними властивостями ВНД.

З метою визначення швидкості переробки зорової інформації використали методику з діагностування латентних періодів різних за складністю зорово/слухомоторних реакцій. Визначення латентних періодів зорово/слухомоторних реакцій проводили з використанням для переробки зорових / слухових сигналів, адресованих, в основному, до першої сигнальної системи (геометричні фігури та звуки).

Дослідження розпочинали з визначення латентного періоду простої зорово/слухомоторної реакції (ЛП ПЗМР). Завдання полягало в якомога швидшому реагуванні обстежуваного шляхом натиснення та відпускання правою рукою правої кнопки при появі на екрані подразників у вигляді будь-якої геометричної фігури (звуків різної тональності). Обстежуваному пред'являли 30 сигналів. Час експозиції становив 0,9 с, а тривалість паузи змінювалася випадковим способом, яка закладена у програмі і не залежала від швидкості реакції обстежуваного. Після закінчення пред'явлення подразників на екрані висвічувався середній час латентного періоду ПЗМР ($M_{сер}$) у мілісекундах, середньоквадратичне відхилення (σ), коефіцієнт варіації (CV), помилка середньої арифметичної величини (m). Після визначення ЛП ПЗМР виявляли латентний період реакції вибору одного з трьох подразників (ЛП РВ1-3). Обстежуваному пред'являли ті ж самі сигнали, у тій же кількості, що і за умов визначення ПЗМР, але з врахуванням їх диференціювання. Пропонувалося якнайшвидше натискати та відпускати праву кнопку правою рукою при появі на екрані фігури «квадрат» (звук високої тональності) і не здійснювати ніяких дій, коли з'являлась фігура «трикутник» чи «коло» (звуки низької та середньої тональності). Експозиція сигналу становила 0,9 с. У цьому випадку також автоматично обчислювались середні значення латентних періодів РВ1-3 подразників та статистичні показники: σ , CV , m та кількість помилок.

Визначення латентного періоду зорово/слухомоторної реакції вибору двох із трьох подразників (ЛП РВ2-3) відрізнялось від попереднього тесту тим, що обстежуваному пропонували, окрім реагування правою рукою на фігуру «квадрат» (звук високої тональності), якнайшвидше реагувати на появу фігури «коло» (звук низької тональності) шляхом натискання лівою рукою на ліву кнопку. У випадку появи на екрані фігури «трикутник» (звук середньої тональності) жодної кнопки не натискати, так як він є гальмівним. Темп і тривалість експозиції та пауза між подразниками були такими, як і в попередньому дослідженні. Середні значення латентних періодів РВ2-3 також визначалися з 30 подразників. Результати обробки інформації у цьому дослідженні, як і у попередніх, виводилися на цифровий дисплей ($M_{сер}$, σ , CV , m та кількість помилок) та заносилися до протоколів.

Дослідження проведено з дотриманням основних біоетичних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964–2008 рр.), а також наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р.

Результати та обговорення

Результати дослідження сенсомоторних реакцій у дітей із слуховою сенсорною депривацією та контрольної групи представлено у таблиці 1 та 2. Провівши статистичний аналіз отриманих даних латентних періодів різних за складністю сенсомоторних реакцій у дітей з вадами слуху та контрольної групи видно, що в цілому рівень виявився вищим у дітей контрольної групи (Рис.1, 2).

Латентні періоди простих зорово-моторних реакцій у дітей з вадами слуху на фігури статистично майже не відрізняються від аналогічних показників у дітей контрольної групи. Так, у групі дітей з слуховою сенсорною депривацією середньогруповий показник ЛП ПЗМР

становить $347,3 \pm 5,5$ мс, у контрольній групі порівняння дещо коротші латентні періоди – $331,2 \pm 5,7$ мс. Середні значення ЛП РВ 1-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були більш тривалими ($p < 0,001$) і дорівнювали $513,3 \pm 7,3$ мс, а для дітей контрольної групи – $456,8 \pm 7,9$ мс. При аналізі показників ЛП РВ1-3 за допомогою критерію Стьюдента нами виявлено достовірні різниці у групах обстеження (Табл. 1; Рис. 1).

Таблиця 1

Середньостатистичні показники сенсомоторних реакцій у дітей на фігури

Показник	Група дітей з вадами слуху (n=29)	Група дітей з вадами зору (n = 28)	Контрольна група (n = 30)	Достовірність (t, p)
ЛП ПЗМР	$347,3 \pm 5,5$	$457,6 \pm 6,2$	$331,2 \pm 5,7^*$	$t = 2,03; p < 0,05$
ЛП РВ1-3	$513,3 \pm 7,3$	$546,2 \pm 7,2$	$456,8 \pm 7,9^{***}$	$t = 5,1; p < 0,001$
ЛП РВ2-3	$592,1 \pm 5,5$	$624,3 \pm 5,7$	$546,2 \pm 6,5^{***}$	$t = 5,3; p < 0,001$

Примітка: ЛП ПЗМР (мс) – латентний період простої зорово-моторної реакції; ЛП РВ1-3 (мс) – латентний період реакції вибору одного з трьох подразників; ЛП РВ2-3 (мс) – латентний період реакції вибору 2-3 подразників. *** - $p < 0,001$ – різниця достовірна відносно показника дітей з слуховою сенсорною депривацією.

Середні значення ЛП РВ 2-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були тривалішими ($p < 0,001$) і дорівнювали $592,1 \pm 5,5$ мс, а для дітей контрольної групи – $546,2 \pm 6,5$ мс [3].

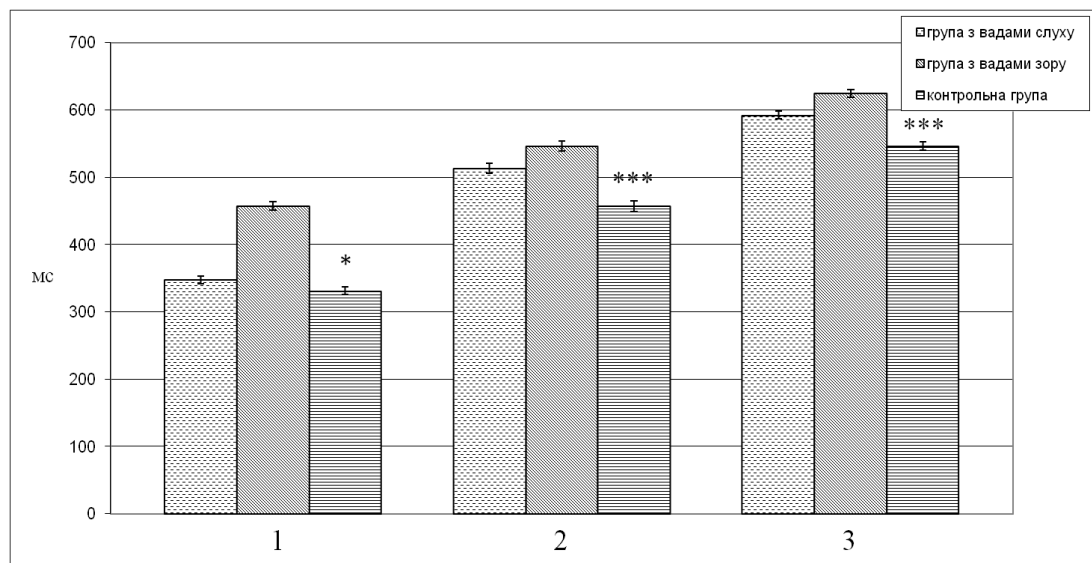


Рис. 1. Показники латентних періодів різних за складністю зорово-моторних реакцій у дітей на фігури: 1 – ЛП ПЗМР; 2 – ЛП РВ 1-3; 3 – ЛП РВ 2-3

Також було проведено і отримано результати дослідження сенсомоторних реакцій у дітей зі слуховою сенсорною депривацією та контрольної групи на звукові подразники (3 звука з різною тональністю: низький, середній та високий тон). Результати представлено у таблиці 2. Провівши статистичний аналіз отриманих даних латентних періодів різних за складністю сенсомоторних реакцій у експериментальній та контрольній групах видно, що у дітей контрольної групи рівень виявився набагато вищим ніж у дітей з вадами слуху (Табл. 2; Рис. 2).

Виявлено, що латентні періоди простих слухо-моторних реакцій у дітей з вадами слуху на звуки статистично гірші від аналогічних показників у дітей контрольної групи.

Так, у групі дітей з слуховою сенсорною депривацією середньогруповий показник ЛП ПСМР становить $521,3 \pm 6,3$ мс, у контрольній групі значно коротші латентні періоди – $366,8 \pm 5,7$ мс. Середні значення ЛПРВ 1-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були більш тривалими ($p < 0,001$) і дорівнювали $483,4 \pm 7,2$ мс, а для дітей контрольної групи – $391,3 \pm 7,6$ мс. При аналізі показників ЛП РВ1-3 за допомогою критерію Стьюдента нами виявлено достовірні різниці у групах обстеження (Табл. 2; Рис. 2).

Середні значення ЛП РВ 2-3 у дітей із слуховою сенсорною депривацією були тривалішими ($p < 0,001$) і дорівнювали $586,2 \pm 6,5$ мс, а для дітей контрольної групи – $496,1 \pm 5,8$ мс.

Отже, кращі показники сенсомоторних функцій на звуки у дітей контрольної групи на відміну від експериментальної. Це пояснюється наявними проблемами слухового апарату у дітей з вадами слуху. Спостерігаються суттєві відмінності між показниками ЛП РВ1-3 та ЛП РВ2-3 у сенсорно-депривованих дітей на відміну від здорових. Це означає, що слабкочуючі учні краще сприймають звуки низької тональності ніж середньої та високої.

Таблиця 2

Середньостатистичні показники сенсомоторних реакцій у дітей на звуки

Показник	Група дітей з вадами слуху (n = 29)	Група дітей з вадами зору (n=28)	Контрольна група (n= 30)	Достовірність (t, p)
ЛП ПСМР	$521,3 \pm 6,3$	$360,1 \pm 5,3$	$366,8 \pm 5,7^{***}$	$t = 18,03$ $p < 0,001$
ЛП РВ1-3	$483,4 \pm 7,2$	$387,3 \pm 6,2$	$391,3 \pm 7,6^{***}$	$t = 8,8$ $p < 0,001$
ЛП РВ2-3	$586,2 \pm 6,5$	$486,4 \pm 5,5$	$496,1 \pm 5,8^{***}$	$t = 10,4$ $p < 0,001$

Примітка: ЛП ПСМР (мс) – латентний період простої слухо-моторної реакції; ЛП РВ1-3 (мс) – латентний період реакції вибору одного з трьох подразників; ЛП РВ2-3 (мс) – латентний період реакції вибору 2-3 подразників: *** - $p < 0,001$ – різниця достовірна відносно показника дітей з слуховою сенсорною депривацією.

Результати дослідження сенсомоторних реакцій у дітей з зоровою сенсорною депривацією та контрольної групи представлено у табл. 1 та 2.

Виявлено, що латентні періоди простих зорово-моторних реакцій у дітей з вадами зору на фігури статистично відрізняються від аналогічних показників у дітей контрольної групи та групи дітей з вадами слуху. Так, у групі дітей з слуховою сенсорною депривацією середньогруповий показник ЛП ПЗМР становить $457,6 \pm 6,2$ мс, у контрольній групі коротші латентні періоди – $331,2 \pm 5,7$ мс. Середні значення ЛП РВ 1-3 у дітей із зоровою сенсорною депривацією були більш тривалими ($p < 0,001$) і дорівнювали $546,2 \pm 7,2$ мс, а для дітей контрольної групи – $456,8 \pm 7,9$ мс. При аналізі показників виявлено достовірні різниці у групах обстеження (Табл. 1; Рис. 1).

Середні значення ЛП РВ 2-3 у дітей із зоровою сенсорною депривацією були тривалішими ($p < 0,001$) і дорівнювали $624,3 \pm 5,7$ мс, а для дітей контрольної групи – $546,2 \pm 6,5$ мс.

Отже, кращі показники сенсомоторних функцій на фігури у дітей контрольної групи на відміну від експериментальної. Це пояснюється наявними проблемами зорового аналізатора у дітей з вадами зору.

Також було проведено і отримано результати дослідження сенсомоторних реакцій у дітей зі зоровою сенсорною депривацією на звукові подразники (3 звука з різною тональністю: низький, середній та високий тон). Результати представлено у таблиці 2. Провівши статистичний аналіз отриманих даних латентних періодів різних за складністю сенсомоторних реакцій у експериментальних та контрольній групах видно,

що у дітей групи з вадами зору рівень виявився набагато вищим ніж у дітей з вадами слуху та контрольної групи (Табл. 2; Рис. 2).

З'ясувалося, що латентні періоди простих слухо-моторних реакцій у дітей з вадами зору на звуки статистично співпадають з аналогічними показниками у дітей контрольної групи. Так, у групі дітей з зоровою сенсорною депривацією середньогруповий показник ЛП ПСМР становить $360,1 \pm 5,3$ мс, у контрольній групі в межах похибки, дещо довші латентні періоди – $366,8 \pm 5,7$ мс на відміну з групою дітей зі слуховою депривацією, показник яких становив – $521,3 \pm 6,3$ мс. Середні значення ЛП РВ 1-3 у дітей із зоровою сенсорною депривацією були значно тривалими ($p < 0,001$) і дорівнювали $387,3 \pm 6,2$ мс, у порівнянні з групою дітей зі слуховою депривацією, показник яких становив – $483,4 \pm 7,2$ мс, а у дітей контрольної групи – $391,3 \pm 7,6$ мс. При аналізі показників за допомогою критерію Стьюдента виявлено достовірні різниці у групах (Табл. 2; Рис. 2).

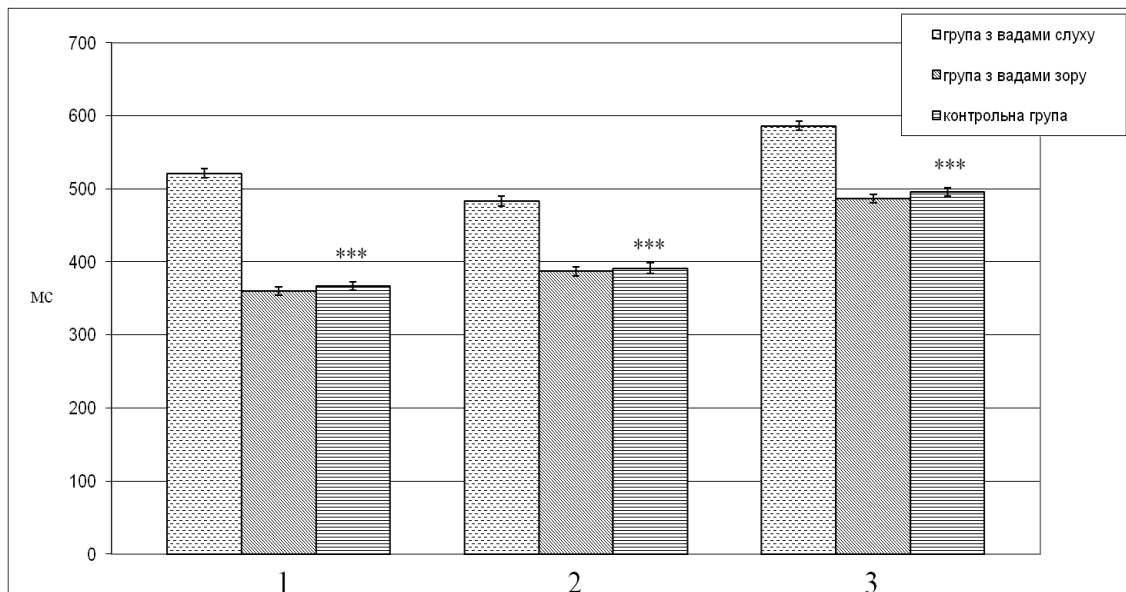


Рис. 2. Показники латентних періодів різних за складністю слухо-моторних реакцій у дітей на звуки: 1 – ЛП ПСМР; 2 – ЛП РВ 1-3; 3 – ЛП РВ 2-3

Середні значення ЛП РВ 2-3 у дітей із зоровою сенсорною депривацією були менш тривалішими ($p < 0,001$) і дорівнювали $486,4 \pm 5,5$ мс, а дітей із слуховою сенсорною депривацією – $586,2 \pm 5,6$ мс, у дітей контрольної групи різниця не суттєва, в межах похибки – $496,1 \pm 5,8$ мс.

Отже, кращі показники сенсомоторних функцій на звуки у дітей експериментальної групи (з вадами зору) на відміну від групи дітей із вадами слуху та контрольної групи. Це пояснюється тим, що у слабкозорячих краще розвинена слухова пам'ять, вони швидше розуміють та визначають джерело звуку. Можна зробити припущення, що відбувається декомпенсація. Заміщення слід розуміти не як просте прийняття на себе іншими органами фізіологічних функцій ока, а як складну перебудову усєї психічної діяльності, викликану порушенням найважливішої функції і спрямовану через посередництво пам'яті та уваги до створення і вироблення нового виду рівноваги організму [2].

Висновки

1. Дослідження особливостей сенсомоторного реагування у людини має важливе значення для розуміння фізіологічних механізмів інтегративної діяльності мозку, яка ґрунтується на складній динамічній організації різних його структур і формує індивідуальний тип поведінки. Проте проблема вивчення особливостей сенсомоторних реакцій у дітей із сенсорною депривацією в наш час досліджено не повністю.

2. При аналізі літературних даних виявлено:

- туговухість та повну відсутність слуху можуть спричиняти різні причини, зокрема: патологічні зміни у звукопровідному та звукосприймаючому відділі органу слуху, спадковий генез, внутрішньоутробні впливи, травми й асфіксія під час пологів, фактори ендо- та екзогенного патологічного впливу на орган слуху плода при відсутності спадкової патології; вплив на мозок дитини та органи слуху вірусних інфекцій, інтоксикацій та інших шкідливих агентів у ранньому періоді постнатального розвитку;
- причинами порушення зору у дітей можуть бути: різні вірусні та інфекційні захворювання; порушення обміну речовин матері під час вагітності; спадкова передача деяких дефектів зору; внутрішньочерепні та внутрішньоочні крововиливи, травми голови під час пологів і в ранньому віці дитини; у зв'язку з підвищенням внутрішньоочного тиску; на тлі загального соматичного ослаблення здоров'я дитини; недоношені діти з ретинопатією, при якій часто настає тотальна сліпота.

3. При вивченні сенсомоторного реагування на звукові та зорові подразники виявлено:

- достовірно гірші показники латентних періодів різних за складністю реакцій на звуки у групі дітей з слуховою сенсорною депривацією;
- у дітей експериментальної групи (з вадами слуху) кращі показники сенсомоторного реагування на звукові подразники низької тональності, ніж на подразники високої тональності;
- достовірно кращі показники латентних періодів різних за складністю реакцій на звуки у групі дітей із зоровою сенсорною депривацією. Це пояснюється тим, що у слабкозорячих краще розвинена слухова пам'ять, вони швидше розуміють та визначають джерело звуку. Можна зробити припущення, що відбувається декомпенсація.
- кращі показники сенсомоторних функцій на фігури у дітей контрольної групи на відміну від експериментальних. Це пояснюється наявними проблемами зорового аналізатора у дітей з вадами зору та наявними проблемами слухового апарату у дітей з вадами слуху.

Література

1. Бетелева Т. Г. Нейрофизиологические механизмы зрительного восприятия / Татьяна Бетелева. – М. : Наука, 1983. – 174 с.
2. Ганонг В. Ф. Фізіологія людини / Вільям Ганонг; [пер. з англ. М. Гжегоцький, В. Шевчук, О. Заячківська]. – Львів : БаК, 2002. – 784 с.
3. Загайкан Ю. В. Особливості сенсомоторного реагування та показників пам'яті в умовах слухової депривації/ Ю. В. Загайкан, О. Б. Спринь // Український журнал медицини, біології та спорту. - №4 (6). – 2017. – С. 165 – 170.
4. Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій у людини: автореф. дис. докт. біол. наук– Черкаси, 2001. – 34 с.
5. Макаренко М. В. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, О. П. Безкопильний. – Черкаси : Вертикаль, 2014. – 102 с.
6. Макаренко М. В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини / Микола Макаренко // Фізіол. журн. – 1999. – Т. 45, № 4. – С. 125-131.
7. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб. – Черкаси : Вертикаль, 2011. – 256 с.
8. Матвеев В. Ф. Психические нарушения при дефектах зрения и слуха / В. Ф. Матвеев. – М. : Медицина, 1987. – 184 с.

References

1. Beteleva T. G.(1983). Neurophysiological mechanisms of visual perception. 174. (in Rus.).
2. Ganong V. F. (2002). Medical Physiology. 784. (in Rus.).
3. Zagaykan J. V. (2017). Features of sensorimotor response and memory indices in conditions of auditory deprivation. *Ukrains'kyj zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu (Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports)*. 4, 165–170. (in Ukr.).

4. Lizohub V. S. (2001). Ontogenesis of psychophysiological functions in a person. Thesis. Dis. for obtaining Sciences. degree doc. biology sciences (in Ukr.).
5. Makarenko M. V. (2014). Methodical instructions to the workshop on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. 102. (in Ukr.).
6. Makarenko M. V. (1999). Methodology for conducting surveys and assessing individual neurodynamic properties of higher human nervous activity. *Fiziol zhurn* (Physiol. Journ). 4, 125-131. (in Ukr.).
7. Makarenko M. V, Lizohub V. S. (2011). Ontogenesis of psychophysiological functions of a person. 256. (in Ukr.).
8. Matveev V. F. (1987). Mental disturbances in vision and hearing defects. 184. (in Rus.)

Summary. Zagaykan J. V., Spryn A. B. The effect of sensory deprivation on sensory reaction in children

Introduction. The study devoted to the characteristics of human sensorimotor functions. It is essential to understanding the physiological mechanisms of the integrative activity of the brain, which has complex dynamic organization of its various structures, developing the types of individual behavior. The sensorimotor reactions reflect the integration between neurophysiological and mental processes. They show interaction between the sensory and motor components of human mental activity. The initiation, regulation, control and correction of all psychomotor system types are based on sensory and kinesthetic information coming from analyzers. It also establishes the cognitive functions in the process of children's individual development. Limited access to the information, connecting with one or more analyzers impairment, creates unusual conditions for the development of human psyche.

Purpose. The aim is obtain and analyze new scientific data about specificity of the influence of auditory and visual sensory deprivation on the sensorimotor response.

Methods. The study was conducted among 87 children aged 9 years. All the students were divided into three groups: I – a control group (healthy children), II – a group of children with hearing impairments, III – a group of children with visual impairments. The experimental study for each person surveyed lasted no more than 30 minutes for research.

At the beginning of the study each person was individually acquainted with the methods of sensorimotor reaction. The methods were implemented with using the computer system "Diagnost-1M" that was developed by professors M. Makarenko and V. Lizohub.

Results. The research of the sensorimotor reaction to acoustic and visual stimuli revealed: there is much lower index of latency rates of different complexity of responds to sounds in the group of children with auditory sensory deprivation; children with hearing impairments have better index of sensory-motor response to sound stimuli of low tonality than high tonality; the index of sounds in the group of children with visual sensory deprivation indicate that they have better oral memory, they are more likely to understand and determine the source of sound. There is also better index of sensorimotor response on figures in the control group than in experimental ones. This is because of the visual analyzer problems in children with visual impairment and the problems of hearing aids in children with hearing impairments.

Conclusion. The experiment showed better index of sensorimotor functions to sounds in children of the control group in contrast to the experimental one. It connects with the problems of hearing aids in children with hearing impairments. There are significant differences between the index of latent period of the reaction of choosing one from three stimuli (LP Rc1-3) and LP Rc2-3 in children with sensory deprivations, in contrast to healthy ones. It means that hearing-impaired person are more likely to perceive sounds of low tone level than medium or high.

The best values of sensorimotor functions were observed when used sounds as stimuli in children of the experimental group (with visual impairment), in contrast to the group of children with hearing impairments. This is due to the fact that the weak-sighted have better developed auditory memory, they are more likely to understand and determine the source of sound.

Keywords: sensorimotor reaction, latent period, sensory deprivation, brake stimulus, exposition.

Херсонський державний університет

Одержано редакцією 17.03.2017
Прийнято до публікації 11.06.2018

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СПОРТСМЕНОВ С ХРОНИЧЕСКИМ УТОМЛЕНИЕМ

В статье представлены результаты оценки психофизиологического состояния у высококвалифицированных спортсменов с признаками хронического утомления в разных видах спорта. Проведенный анализ свидетельствует об ухудшении когнитивных функций у спортсменов с хроническим утомлением. Это проявляется в показателях скорости, точности и эффективности переработки информации. У спортсменов с признаками хронического утомления латентные периоды простой и сложной зрительно-моторных реакций достоверно увеличены, а функциональная подвижность, сила и уравновешенность нервных процессов достоверно снижены по сравнению со спортсменами без признаков хронического утомления. Снижение этих показателей у спортсменов с хроническим утомлением позволяет рекомендовать их в качестве одних из основных психофизиологических критериев контроля хронического утомления.

Ключевые слова: утомление хроническое, функции когнитивные, реакции зрительно-моторные, функциональная подвижность, сила и уравновешенность нервных процессов

Постановка проблемы. Современный спорт высоких достижений – это сфера деятельности, в которой организм спортсмена подвергается экстремальным физическим и психологическим воздействиям [1]. Безграничное увеличение спортивных нагрузок в спорте высоких и высших достижений нерационально, потому что негативно воздействует на здоровье спортсменов [2].

Неоправданно большие объемы выполняемой работы, с желанием повысить тренированность, приводят к развитию дистресса. Как следствие – «колебания» иммунной системы, развитие предболезненных состояний и заболеваний. В результате, более 50 % спортсменов имеют отклонения в состоянии здоровья [3]. Согласно проведенным исследованиям, спортсмены высокой квалификации составляют особую группу риска. У них в условиях интенсивных продолжительных тренировочных и соревновательных нагрузок могут возникнуть состояния, характеризующиеся перенапряжением функциональных систем организма, что может привести к развитию перетренированности и переходу благоприятных адаптивных реакций в предпатологические и даже патологические изменения в организме [4]. Перетренированность является хроническим синдромом, симптоматика которого охватывает как физиологические, так и психологические проявления [5, 6]. Перетренированность наступает в тех случаях, когда спортсмен выполняет однообразную большую тренировочную работу, без достаточного отдыха между отдельными занятиями: короткие интервалы отдыха между интенсивными нагрузками не обеспечивают необходимого восстановления сил организма [7]. Развитию перетренированности способствует нарушение режима жизни, труда и отдыха. Перетренированность определяется как дисбаланс между нагрузкой и восстановлением [8]. Во время перенапряжения и перетренированности проявляется ряд расстройств, которые находятся на границе с болезненными нарушениями, при этом имеют место функциональные, а иногда и органические изменения в организме спортсмена, которые приводят к значительному и долговременному снижению его работоспособности, развитию острого и хронического утомления, при этом часто отмечается повышенная возбудимость, неустойчивость настроения, нежелание тренироваться, вялость [9].

Преобладание процессов торможения, в свою очередь, замедляет восстановительные процессы. Ухудшение спортивных достижений – основной симптом хронического утомления. Необходимый уровень спортивной работоспособности может

поддерживаться лишь кратковременно за счет повышения биологической цены и быстрого расходования функциональных резервов организма [10]. Показано, что у спортсменов высокой квалификации развитие острых и хронических форм утомления в условиях длительных интенсивных физических и психологических нагрузок может сформироваться синдром хронической усталости [11]. Этому явлению предшествуют ранние изменения функционального, психофизиологического и психического состояния спортсмена, развитие перетренированности и хронического утомления. Необходим постоянный контроль функционального состояния спортсменов на фоне проводимых интенсивных, объемных тренировочных нагрузок. При появлении ранних признаков хронического утомления, если не внести коррективы в тренировочный процесс возникают и многофункциональные изменения в тканях опорно-двигательного аппарата, сердечной мышце и в других органах и системах. Выявление этих ранних изменений может способствовать выделению групп риска и разработке методов профилактики хронического утомления и синдрома хронической усталости на основе коррекции тренировочных нагрузок [12]. Поэтому представляется весьма актуальной и необходимой разработка системы контроля функционального и психофизиологического состояния организма спортсменов, направленная на выявление ранних признаков хронического утомления и оценку эффективности методов их коррекции.

Цель работы. Оценка психофизиологического состояния у высококвалифицированных спортсменов с признаками хронического утомления в разных видах спорта.

Материал и методы

Исследования проводились на экспериментальных базах НИИ Национального университета физического воспитания и спорта Украины, центра олимпийской подготовки (Конча-Заспа), на базах Киевского областного интерната спортивного профиля. Обследованные спортсмены имели квалификацию мастер спорта и мастер спорта международного класса и являлись членами сборных команд Украины.

С помощью специальной компьютерной программы – «Диагност 1» проводились психофизиологические тесты для определения латентного периода простой (ЛП ПЗМР) и сложной (ЛП СЗМР) зрительно-моторных реакций, функциональной подвижности (ФПНП), силы (СНП) и уравновешенности (УНП) нервных процессов [13].

Для определения времени ЛП ПЗМР обследованный при появлении на экране монитора любого раздражителя, быстро нажимал и отпускал правую кнопку на пульте.

Для определения времени ЛП СЗМР выбора одного из двух раздражителей обследуемый при появлении на экране раздражителя зеленого цвета быстро нажимал правую кнопку ведущей рукой, при появлении раздражителя красного цвета – левой

Оценка уровней ФПНП и СНП осуществлялась в режиме постепенно нарастающего «навязанного ритма» от 30 до 160 раздражений за 1 минуту.

Количественным показателем уровня ФПНП являлась максимальная частота предъявления раздражителей, при которой обследуемый допускал не более 5,0–5,5 % ошибок.

СНП определяли по сумме ошибок (в %), которые были допущены во время выполнения постепенно нарастающей нагрузки.

УНП определяли с помощью реакции на движущийся объект (РДО). Количество проб – 30. По результатам обследования рассчитывали количество точных, количество преждевременных и запаздывающих реакций, а также их процентное соотношение (%).

Обработка результатов проводилась с использованием стандартного пакета статистических программ «SPSS» [14].

Для анализа и оценки полученных данных применялись методы параметрической статистики. Оценка распределения данных на нормальность

производилась с помощью критерия χ^2 . При нормальном распределении достоверность количественных различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Анализ частоты проявлений признаков хронического утомления у спортсменов разных видов спорта показал, что у 36,4 % из них выявлены признаки хронического утомления. У женщин-спортсменок признаки хронического утомления встречались чаще, чем у мужчин - спортсменов – 47,0 % у женщин по сравнению с 29,2 % у мужчин.

Как известно, достижение высоких результатов в спорте обеспечивается не только физическим развитием, физической подготовленностью спортсменов, их мотивацией, но зависит и от состояния индивидуальных характеристик психофизиологических функций, физиологической основой которых являются генетически детерминированные особенности высшей нервной деятельности [15].

Проведенный анализ свидетельствует об ухудшении психофизиологических функций у спортсменов с хроническим утомлением. Это проявляется в показателях скорости, точности и эффективности переработки информации (табл. 1).

Таблица 1

Психофизиологические показатели у спортсменов с признаками и без признаков хронического утомления

Показатели	С признаками ХУ (n=21)	Без признаков ХУ (n=24)	
	$\bar{x} \pm S (x)$	$\bar{x} \pm S (x)$	
ЛП ПЗМР (мс)	247 \pm 6,2*	228 \pm 3,4	
ЛП СЗМР (мс)	421 \pm 13, 5*	399 \pm 4,1	
ФПНП (сигн./мин)	87 \pm 7,7*	98 \pm 3,8	
СНП (кол.ош., %)	9,7 \pm 0,44*	8,5 \pm 0,73	
УНП, %	Точные, %	27 \pm 4,0	35 \pm 6,5
	Опереж., %	52 \pm 6,1	43 \pm 14,5
	Запазд., %	21 \pm 5,4	22 \pm 8,0

Примечания: n – количество обследованных спортсменов; $\bar{x} \pm S (x)$ – среднее значение \pm среднеквадратичное отклонение; * – различие между группами на уровне $p < 0,05$; ХУ – хроническое утомление

У спортсменов с признаками хронического утомления регистрировались достоверно ($p < 0,05$) большие латентные периоды простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) зрительно-моторных реакций. Это свидетельствует об ухудшении у данных спортсменов восприятия зрительной информации, которое проявляется в снижении скорости, продуктивности и эффективности зрительного анализатора.

Функциональная подвижность нервных процессов (ФПНП) у этих спортсменов также достоверно ($p < 0,05$) была снижена по сравнению со спортсменами без признаков хронического утомления (табл. 1, рис. 1). При этом показатели ФПНП у спортсменов с признаками хронического утомления находились в диапазоне низкого уровня функциональной подвижности (90–70 стимулов за 1 мин) [16].

Среди спортсменов, которые занимались скоростными, скоростно-силовыми, силовыми и игровыми видами спорта, низкие показатели ФПНП регистрировались реже (34 \pm 5,8 %), чем среди спортсменов, которые развивали выносливость (45 \pm 6,7 %).

Отмечалось достоверное снижение СНП ($p < 0,05$) у спортсменов с хроническим утомлением, однако четких различий в СНП у спортсменов разных видов спорта не было выявлено.

Оценка УНП показала, что у спортсменов с признаками хронического утомления процентное соотношение опережающих реакций превышает таковое у спортсменов без хронического утомления. Однако, показатели точности реакции на движущийся объект оказываются лучшими в группе спортсменов без хронического утомления.

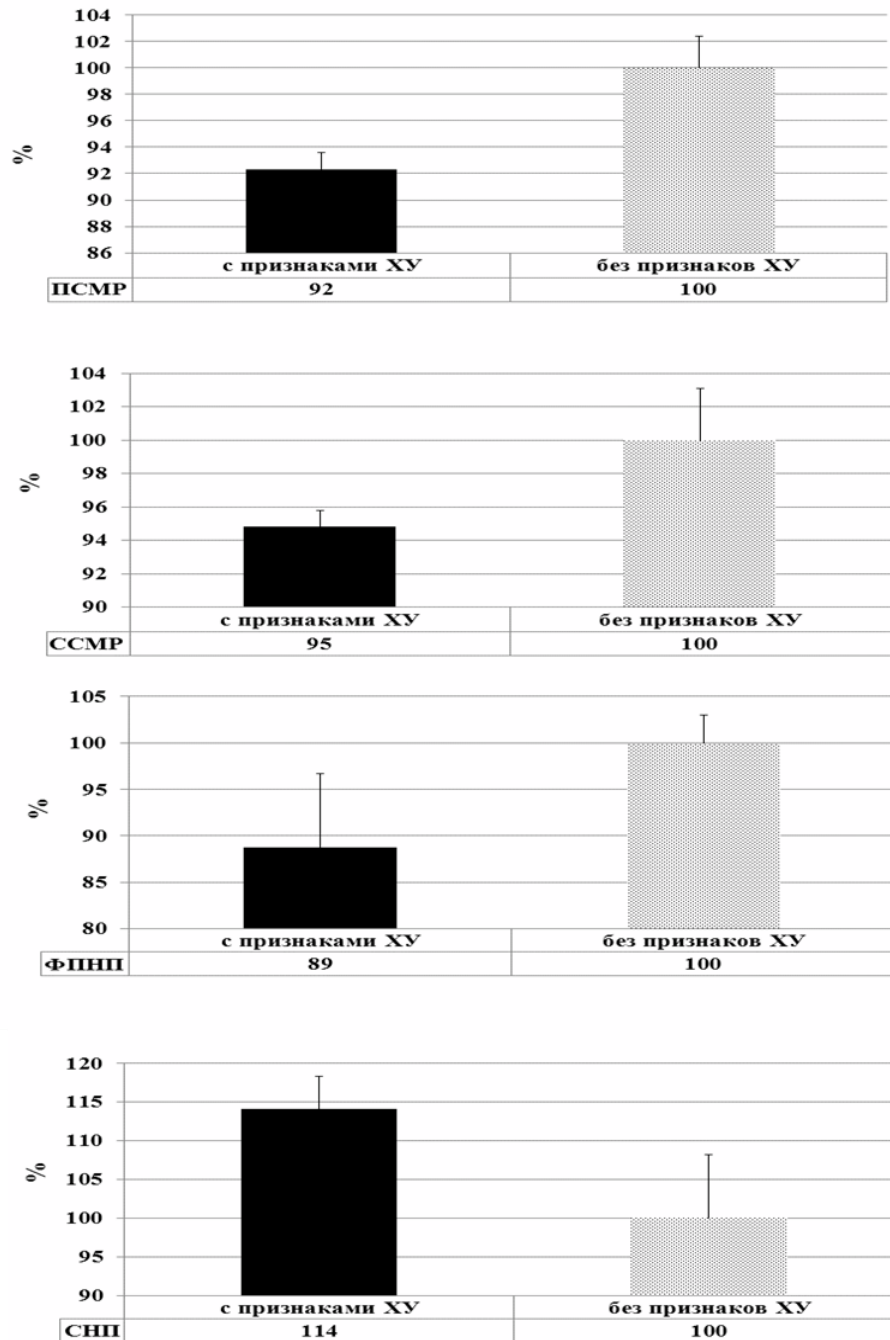


Рис. 1. Изменения латентных периодов простых (ПЗМР) и сложных (СЗМР) зрительно-моторных реакций, функциональной подвижности (ФПНП) и силы (СНП) нервных процессов в процентах у спортсменов с признаками хронического утомления по сравнению со спортсменами без признаков хронического утомления

Полученные данные о том, что среди спортсменов, которые занимались скоростными, скоростно-силовыми, силовыми и игровыми видами спорта, низкие показатели функциональной подвижности нервных процессов регистрировались реже, чем среди спортсменов, которые развивали выносливость, подтверждают литературные данные, согласно которым функциональная подвижность и сила нервных процессов в наибольшей степени ответственны за индивидуальные особенности успешной спортивной деятельности и находятся в определенной связи с характером мышечной деятельности [15]. Виды спорта, которые развивают силовые, скоростные и скоростно-

силовые качества, в большей мере связаны с функциональной подвижностью нервных процессов. Сила нервных процессов связана с выносливостью, со способностью противостоять утомлению, поддерживать на протяжении длительного времени высокую работоспособность организма спортсменов [15]. Снижение этих показателей у спортсменов с хроническим утомлением позволяет рекомендовать их в качестве одних из основных психофизиологических критериев контроля хронического утомления.

В некотором противоречии с имеющимися в литературе данными находятся результаты проведенного нами тестирования «Реакция на движущийся объект». В наших исследованиях было выявлено, что процентное соотношение опережающих реакций у спортсменов с хроническим утомлением превышает таковое у спортсменов без хронического утомления. Этот факт может свидетельствовать о большем возбуждении нервных процессов, связанных с попыткой достичь высоких результатов в точности и стабильности реакции на движущийся объект. В то же время в литературе имеются данные о том, что при утомлении процессы торможения преобладают над процессами возбуждения [17].

Возможно, что в наших исследованиях ухудшение восприятия и переработки зрительной информации у спортсменов с признаками хронического утомления свидетельствует о росте напряженности психофизиологической регуляции, преобладании возбуждения нервных процессов при достижении определенного результата и является одним из компенсаторных механизмов предотвращения снижения работоспособности [18].

Выводы

1. У спортсменов с признаками хронического утомления латентные периоды простой и сложной зрительно-моторной реакции достоверно ($p < 0,05$) увеличены, а функциональная подвижность, сила и уравновешенность нервных процессов достоверно ($p < 0,05$) снижены по сравнению со спортсменами без признаков хронического утомления.

2. У спортсменов, которые занимались скоростными, скоростно-силовыми, силовыми и игровыми видами спорта, низкие показатели функциональной подвижности нервных процессов регистрировались реже, чем у спортсменов, которые развивали выносливость. Это объясняется тем, что силовые, скоростные и скоростно-силовые качества, в большей мере связаны с функциональной подвижностью нервных процессов. Сила нервных процессов преимущественно связана с выносливостью и способностью противостоять утомлению, поддерживать на протяжении длительного времени высокую работоспособность организма спортсменов. Снижение этих показателей у спортсменов с хроническим утомлением позволяет рекомендовать их в качестве одних из основных психофизиологических критериев контроля хронического утомления.

Література

1. Ровний А. С. Фізіологія спортивної діяльності / А. С. Ровний, В. М. Ільїн, В. С. Лізогуб, О. О. Ровна. – Х., ХНАДУ. – 2015. – 556 с.
2. Steinacker J.M. Clinical findings and mechanisms of stress and recovery in athletes / J.M. Steinacker, M. Lehman // *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* / ed. by M. Kellman. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2002. – P. 103–118.
3. Ильин В. Н. Феномен хронического утомления у спортсменов / [В. Н. Ильин, А. Алвани, М. М. Филиппов, С. Б. Коваль]. // *Ульяновский медико-биологический журнал*. – 2015. – № 3. – С. 108–116.
4. Ильин В.Н. Распространенность и формирование хронического утомления у квалифицированных спортсменов / В.Н. Ильин, А.Р. Алвани // *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. – 2016. – № 3. – С. 11–17. <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2016.0302>
5. Платонов В. Перетренированность в спорте / В. Платонов // *Наука в олимпийском спорте*. – 2015. – № 1. – С.19–34.

6. Холландер Д.Б. Психологические факторы перетренированности: юношеский спорт / Д.Б. Холландер, М. Мейерс, А. ЛеУн // Информационно-аналитический бюллетень. – Минск, 2010. – № 7. – С.236–253.
7. Fitzgerald M. Physiology of overtraining / M. Fitzgerald // Triatlonscience / ed. by J. Friel, J. Vance. – USA: Human Kinetics, 2013. – P. 107–110.
8. Richardson S.O. Overtraining athletes: personal journeys in sport / S.O. Richardson, M.B. Andersen, T. Morris. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2008. – 205 p.
9. Пизова Н.В. Утомляемость, астения и хроническая усталость. Что это такое? / Н.В. Пизова // Consilium Medicum. – 2012. – Т. 14. № 2. – С.61–64.
10. Lizogub V.S. The wave processes of regulation the heart rhythm in people with different types of hemodynamics during the head-up-tilt test / V.S. Lizogub, M.Yu. Makarchuk, L.I. Yukhymenko, S.M. Khomenko, N.P. Chernenko-Kuragina. // Science and Education a New Dimension. – Natural and Technical Science. – III(7), Issue:47. – 2017. – P. 26–32.
11. Ильин В. Н. Хроническое утомление в спорте – феномен или закономерность / В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, А. Алвани // Спортивная медицина. – 2015. – № 1–2. – С. 3–17.
12. Виноградов В. Е. Применение комплекса специальных упражнений для коррекции хронического утомления у гребцов высокой квалификации/[В. Е. Виноградов, А. Ю. Дьяченко, В. Н. Ильин, А. Алвани, И. В. Довгодько] // Спортивная медицина. – 2016. – № 1. – С. 44–50.
13. Макаренко М. В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / М. В. Макаренко. – Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України. – Київ, 2006. – 395 с.
14. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. / Ахим Бююль, Петер Цёфель – СПб.: ДиаСофтЮП, 2005. – 608 с.
15. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб. – Черкаси : Вертикаль, вид. ПП Кандич С. Г., 2011. – 256 с.
16. Макаренко М. В. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, О. П. Безкопильний. – Черкаси : «Вертикаль» вид. Кандич С. Г., 2014. – 102 с.
17. Солодков А.С. Особенности утомления и восстановления спортсменов // А.С. Солодков / Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – Т. 100, № 6. – С. 130–143.
18. Коробейников Г. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті / Г. Коробейников, Є. Приступа, Л. Коробейникова, Ю. Бріскін. – Львів : ЛДУФК, 2013. – 312 с.

References

1. Rovniy, A. S., Iyin, V. M., Lizogub, V. S., Rovna, O. O. (2015). *Physiology of sporting activity*. Kh., KHNADU. 556 (in Ukr.)
2. Steinacker, J. M., Lehman, M. (2002). Clinical findings and mechanisms of stress and recovery in athletes. *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes*. In M. Kellman (Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 103–118.
3. Ilyin, V. N., Alvani, A., Filippov, M. M., Koval, S. B. (2015). The phenomenon of chronic fatigue in athletes. *Ulyanovsk Medical Biological Journal*, 3, 108–116 (in Russ.)
4. Ilyin, V. N., Alvani, A. R. (2016). Prevalence and formation of chronic fatigue in skilled athletes. *Pedagogy, psychology and medico-biological problems of physical education and sports*, 3, 11–17. <http://dx.doi.org/10.15561/18189172.2016.0302> (in Ukr.)
5. Platonov, V. (2015). Overtraining in sports. *Science in the Olympic sport*, 1, 19–34. (in Ukr.)
6. Hollander, D. B., Meyers, M., Le Une A. (2010). Psychological factors of overtraining: youth sport. *Informational and analytical bulletin*. Minsk, 7, 236–253 (in Bel.)
7. Fitzgerald, M. (2013). Physiology of overtraining. *Triathlon science*. In J. Friel, J. Vance (Ed.). *Human Kinetics*. 107–110 (in USA)
8. Richardson, S. O., Andersen, M. B., Morris, T. (2008). *Overtraining athletes: personal journeys in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics 205.
9. Pizova, N. V. (2012). Fatigue, asthenia and chronic fatigue. What is it? *Consilium Medicum*, (14), 2, 61–64.
10. Lizogub, V.S., Makarchuk, M.Yu., Yukhymenko, L.I., Khomenko, S.M., Chernenko-Kuragina, N.P. (2017). The wave processes of regulation the heart rhythm in people with different types of hemodynamics during the head-up-tilt test. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Science*, III(7), 47, P. 26–32 (in Ukr.)
11. Ilyin, V. N., Filippov, M. M., Alvani, A. (2015). Chronic fatigue in sports - a phenomenon or regularity. *Sports medicine*, 1–2, 3–17. (in Ukr.)

12. Vinogradov, V. E., Dyachenko, Yu., Ilyin, V. N., Alvani, A., Dovgodko, I. V. (2016), Application of a complex of special exercises for the correction of chronic fatigue in rowers of high qualification. *Sports medicine*. 1, 44–50. (in Ukr.)
13. Makarenko, M. V. (2006). The basis of professorial selection of soldiery specialists and method of study of individual psychophysiological differences between people. *Institute of physiology the name of O. O. Bogomolez NAN of Ukraine, Research center of humanitarian problems of Military Powers of Ukraine*, Kyiv. 395 (in Ukr.)
14. SPSS: the art of information processing. Analysis of statistical data and the restoration of hidden patterns: Trans. with him (2005). *AchimBuyul, Peter Ceofel - St. Petersburg. : DiSoftTU*. 608. (in Russ.)
15. Makarenko, M. V., Lizogub, V. S. (2011). Ontogeny of psychophysiological functions of people. *Cherkasy: Vertical, view. PP Kandich S.G.* 256. (in Ukr.)
16. Makarenko, M. V., Lizogub, V. S., Bezkopilny, O. P. (2014). Methodical approaches to practical work in the field of psycho-physiology and physiology of the nervous neurodynamics of people. *Cherkasy: "Vertical" view. Kandich S. G 102.* (in Ukr.)
17. Solodkov, A. S. (2013). Features of fatigue and recovery of athletes. *Scientific notes of the University of them. PF Lesgaf, (100)*, 130–143. (in Russ.)
18. Korobeynikov, G., Pristupa, E., Korobeynikova, L., Briskin, Yu. (2013). Estimation of the psychophysiological states in sport. *L'viv: LDUFK*. 312. (in Ukr.)

Summary. Ilyin V. N., Filippov M. M., Rovniy A. S., Alwani A. Psychophysiological state of athletes with chronic fatigue.

Introduction. The article is devoted to an actual problem of ubiquity of chronic fatigue among qualified sportsmen in the different types of sport and improving the efficiency of monitoring the degree of chronic fatigue, aimed at identifying early signs of chronic fatigue.

Purpose. The aim of the article was estimation of psychophysiological state in elite athletes with symptoms of chronic fatigue in different sports.

Methods. By using a special computer program "Diagnost 1" held physiological tests to determine latency simple and complex visual-motor reaction, functional mobility, strength and balance nerve processes.

Results. The analysis indicates a deterioration of psychophysiological functions in athletes with chronic fatigue. This manifests itself in terms of speed, accuracy and efficiency of information processing. Athletes with symptoms of chronic fatigue were detected significantly long latency periods simple and complex visual-motor reactions. This indicates a deterioration in the perception of these athletes visual information, which manifests itself in the reduction of speed, productivity and efficiency of the visual analyzer. Functional motility nerve processes in these athletes was so significantly reduced as compared with athletes without signs of chronic fatigue. Thus indicators of functional motility nerve processes athletes with signs of chronic fatigue ranged low level of functional mobility (90-70 in centives for 1 min).

Originality. It is shown that in athletes with symptoms of chronic fatigue was significantly increased latent periods of simple and complex visual-motor response, and decreased functional mobility, strength and balance of nerve processes.

Conclusion. Athletes who were engaged in high-speed, speed-strength, power and playing sports, low levels of functional mobility of nervous processes were detected less frequently than athletes who develop endurance. This is due to the fact that the power, speed and speed-strength, are more related to the functional mobility of nervous processes.

The strength of nervous processes primarily associated with endurance and ability to withstand fatigue, maintain for a long time a high performance of sportsmen. Reducing these indicators in athletes with chronic fatigue can recommend the measure of the main criteria of psychophysiological control of chronic fatigue.

Keywords: chronic fatigue, cognitive function, visual-motor reaction, functional mobility, strength and balance of nerve processes.

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України

²Харківська державна академія фізичної культури

³Baath University, Syrian Arab Republic

⁴Українська військово-медична академія

Одержано редакцією 24.08.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ НЮХОВИХ ЦИБУЛИН СІРІЙСЬКИХ ХОМ'ЯКІВ (*MESOCRICETUSAURATUS*)

У статті проведений спектральний аналіз електричної активності нюхових цибулин сірійських хом'яків (*Mesocricetus auratus*) як тварин з добре розвиненим нюхом в нормі та в умовах запахової стимуляції. Проведено порівняння електричної активності нюхових цибулин тварин з різнорівнево ускладненою корою, а саме: морських свинок (*Cavia*) та сірійських хом'яків (*Mesocricetus auratus*) як тварин з добре розвиненим нюхом і мало диференційованим неокортексом порівняно з ЕА щурів (*Rattus*), що також можуть бути віднесені до гладенькомозкових видів. Виявлені суттєві відмінності топографічних особливостей веретен ольфакто-амігдалярного ритму, значимі потужнісно-частотні різниці усереднених спектрів високочастотних складових і різний частотний розподіл окремих компонентів у межах характеристичних веретен.

Ключові слова: ольфакто-амігдалярний ритм, високочастотна синхронізована активність, респіраторні хвилі.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Предусім необхідно відмітити, що дослідження основних механізмів перцепції запахових чинників, як правило, супроводжується вивченням ЕЕГ-реакцій різних мозкових структур на вплив одорантів (Moncrieff, 1967, Lorig, 1989). Кодування якісних та кількісних характеристик запаху також пов'язується зі змінами електричної активності первинних нюхових центрів, а також передніх областей неокортексту (Freeman, 1991).

Попередні дослідження, що проводилися в цьому напрямку на різних видах лабораторних тварин, дозволили виявити значну скорельованість динаміки ЕА нюхових луковиць з неокортикальними областями безпосередньо не пов'язаними з обробкою сенсорної запахової інформації [1, 2, 3].

Тому виходили з необхідності дослідити специфіку електричної активності нюхових цибулин як центральних нюхових структур у макросматичних тварин сірійських хом'яків (*Mesocricetus auratus*).

Метою даної частини роботи було проведення спектрального аналізу електричної активності нюхових луковиць сірійських хом'яків (*Mesocricetus auratus*). Провести порівняння електричної активності нюхових цибулин тварин з різнорівнево ускладненою корою, а саме: морських свинок (*Cavia*) та сірійських хом'яків (*Mesocricetus auratus*) як тварин з добре розвиненим нюхом і мало диференційованим неокортексом порівняно з ЕА щурів (*Rattus*), що також можуть бути віднесені до гладенькомозкових видів.

Отримані дані дозволяють суттєво конкретизувати характеристики окремих паттернів ринцефальних структур і відкривають нові перспективи щодо їх інтерпретації.

Матеріал та методи

Вцілому робота виконана в умовах хронічного експерименту на 6-ти безпородних сірійських хом'яках, масою 130-150 г.

Тваринам під каліпсоловим наркозом (25 мг/кг) стереотаксично вживляли в НЛ та піріформну кору ніхромові електроди (діаметр 0.15 мм), назальні термопари для реєстрації дихання та підшкірний електрод для реєстрації ЕКГ. Електрофізіологічні показники реєстрували в стані спокою та при поведінковому збудженні, викликаному звуковими чи больовими подразниками.

Попереднє підсилення сумарної ЕА проводили за допомогою підсилювачів біопотенціалів.

Після чого проводився спектральний аналіз отриманих електроенцефалограм. Інформативність спектральних оцінок підвищували шляхом усереднення вибірових спектрів певного стану або досліджуваних ділянок ЕЕГ. Достовірність відмінностей усереднених спектральних характеристик для різних станів оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

Результати та їх обговорення

За результатами попередніх експериментальних досліджень, було виявлено значні розбіжності у спектральних показниках основних феноменів електричної активності риненцефальних структур представників 2-х видів (щурі та морські свинки) класу гризуни Rodentia [4, 5, 6]. Це зумовило необхідність дослідження цих показників у іншого виду цього ж ряду.

В якості експериментальних об'єктів з цією метою були вибрані хом'яки *Mesocricetus Auratus*, оскільки ці тварини у дорослому віці незначно відрізняються за масою від досліджених видів, а за морфо-функціональною організацією неокортексу можуть бути умовно віднесені до гладенькомозкових. Різний ступінь диференціації неокортексу у розглянутих видів лабораторних тварин відкриває додаткові напрямки подальших досліджень у цьому плані.

Згідно експериментальних даних в електричній активності нюхових цибулин (ЕА НЦ) хом'яків також простежуються описані раніше характеристичні феномени риненцефальних структур ссавців, а саме: поліморфна активність, респіраторні хвилі та олфакто-амігдалярний ритм; які за топограмою та проявленням швидше наближуються до описаних у щурів [4, 6].

Поряд з цим, прояви вказаних феноменів виражено залежать від рівня поведінкової активності тварини і відповідного функціонального стану головного мозку, а оскільки у хом'яків спостерігаються достатньо швидкі переходи від стану поведінкового збудження до спокійного неспання і навіть сну, характеристичні спалахи ОАР, що реєструються відразу після висадки тварин в експериментальну камеру, доволі швидко (за 2-10 хв) змінюються на домінуючу в ЕА НЦ поліморфної активності. Як відомо, максимальну поведінкову активність даний вид проявляє переважно в нічний час, що спричиняє ряд методичних труднощів.

За спокійного стану в ЕА НЦ хом'яків, візуально не вдалося виділити характеристичні коливання ОАР. Хоча на вибіркових та сумарних спектрограмах чітко вирізнялося зростання потужності коливань його діапазону, особливо для більш низькочастотних компонентів "веретен" 25-48 Гц в обох луковицях без вираженої асиметрії (Рис1).

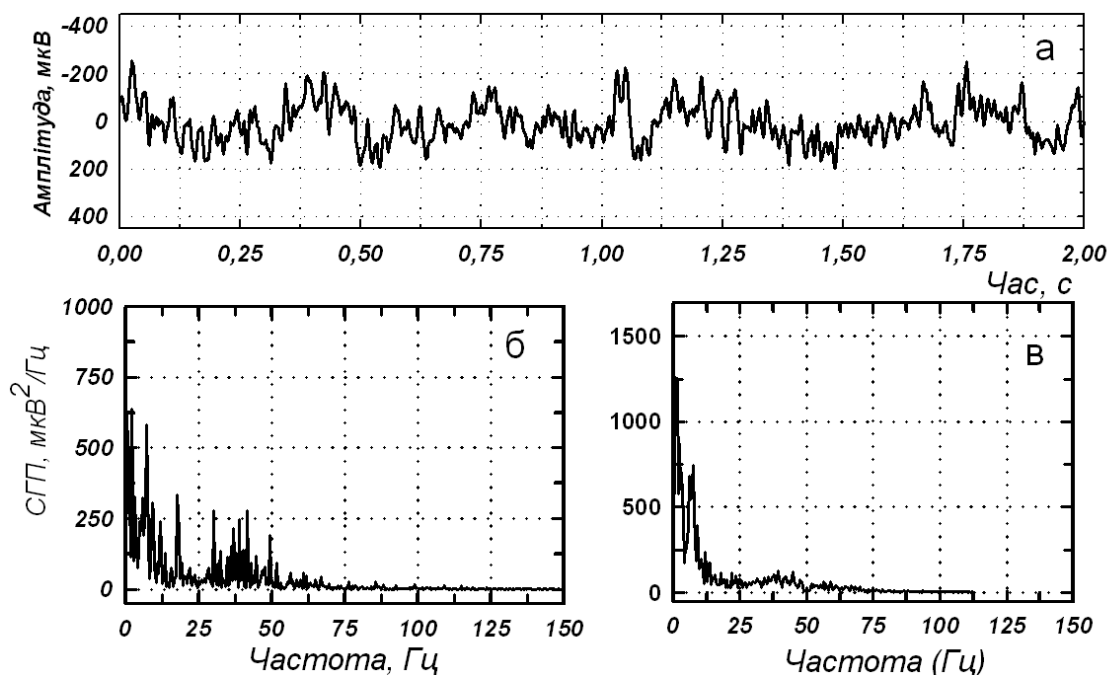


Рис. 1. Вибіркова (б) та усереднена (в) спектральні оцінки фрагментів електричної активності нюхової цибулини хом'яка (а) за умов спокійного неспання.

Поліморфна активність хом'яків була переважно представлена низькоамплітудними коливаннями діапазону до 75 Гц і мала три домінуючі спектральні компоненти 1-6 Гц, 6-12 Гц та 25-60 Гц (Рис. 2). На загальних записах ЕА НЦ візуально досить чітко простежувалися респіраторні хвилі (РХ) на фоні низькоамплітудних високочастотних компонентів, що не мали чіткої регулярності їх проявів.

Таблиця 1.

Усереднені ($X \pm m$, $n > 50$) спектральні характеристики міжспалахових компонентів ЕА НЦ (ПА) хом'яків

	спектральний діапазон		
	25-90 Гц	25-48 Гц	52-150 Гц
	Права НЦ		
Частота, Гц	42.06±3.99	38.40±1.35	58.22±1.87
Індекс, %	29.47±1.93	19.35±1.84	11.05±0.57
	Ліва НЦ		
Частота, Гц	35.52±1.83	35.52±1.83	58.28±1.84
Індекс, %	34.83±1.43	21.64±0.80	13.40±1.07

Спалахові компоненти ОАР, як правило, реєструвалися на фоні такої активності протягом короткого проміжку часу на початку експерименту та при різких змінах умов оточуючого середовища, або ж підвищенні мотивації тварини. Відмітною особливістю ОАР у хом'яків є відсутність характерної чітко окресленої веретеновидної форми та їх частотна монокомпонентність, тобто, відсутність помітного частотного розподілу в межах самого "веретена" (Рис. 2).

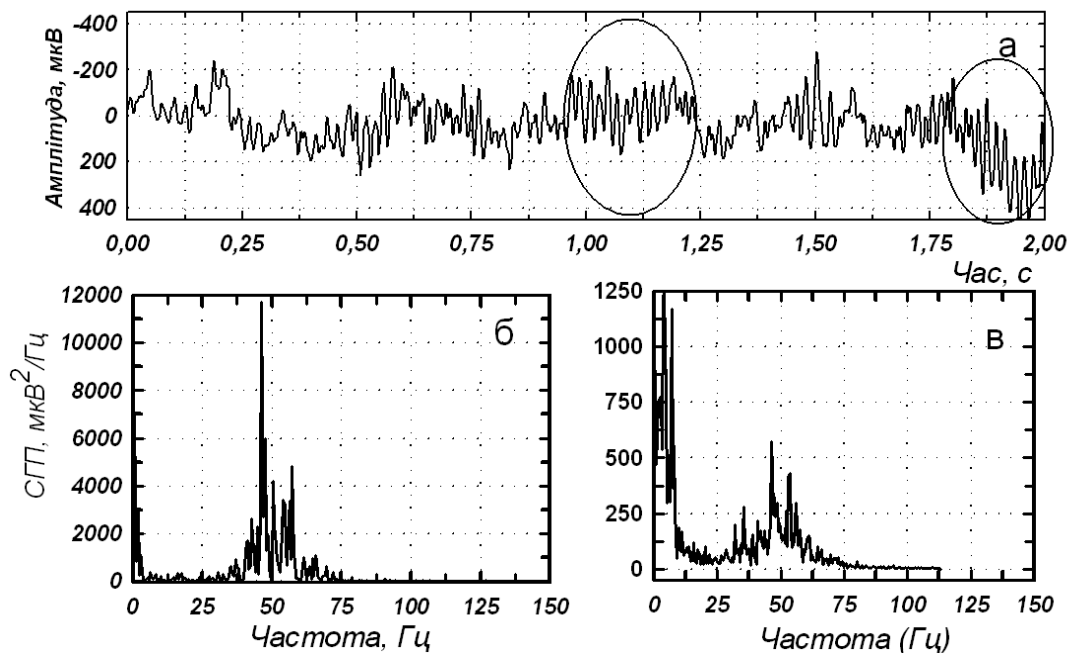


Рис. 2. Вибіркова (б) та усереднена (в) спектральні оцінки фрагментів електричної активності нюхової цибулини хом'яка (а) за умов поведінкового збудження.

Аналіз вибірових записів ЕА НЦ тварин у стані поведінкового збудження, викликаного різноманітними зовнішніми чинниками, вказує на посилення вираженості спектрального максимуму ОАР саме в тих же спектральних піддіапазонах, які характерні і для стану спокою, однак, при вираженішому зростанні індексу правої НЦ ($p < 0.05$) і її домінуванні за частотним спектральним максимумом в діапазоні ОАР 25-90 Гц (Табл. 2).

Таблиця 2.

Усереднені ($X \pm m$, $n > 50$) спектральні характеристики ЕА НЦ хом'яків в стані поведінкового збудження

	спектральний діапазон		
	25-90 Гц	25-48 Гц	52-150 Гц
	Права НЦ		
Частота, Гц	41.36±1.76	37.55±1.38	55.41±0.71
Індекс, %	35.11±1.41	21.58±1.23	12.79±0.70
	Ліва НЦ		
Частота, Гц	35.87±1.76	34.56±1.40	56.87±0.93
Індекс, %	35.60±1.31	21.71±0.97	14.19±0.69

Спектральний аналіз характеристикних спалахових компонентів ОАР дозволяє стверджувати про їх представлення сукупністю доміантних коливань у частотному діапазоні 35-60 Гц.

Характерні принохувальні рухи не призводили до видимого збільшення проявів спектрального діапазону ОАР, очевидно внаслідок значного вкорочення часу проявлення кожного окремого веретена.

Виходячи з вищевикладеного, хом'яки можуть використовуватись для дослідження функціональної активності НЦ як вузлових структур риненцефалону лише за певних умов і мало придатні для масових обстежень.

Характерно, що у хом'яків при спостереженні вираженої харчової мотиваційної поведінки спалахові компоненти ОАР також чітко простежувалися, але за спектральними показниками дана форма активності за спектральними максимумами для піддіапазонів ОАР мало ($p > 0.05$) відрізнялася від фонових показників, переважно зростав лише індекс кожного з розглядуваних піддіапазонів за рахунок збільшення вираженості "веретен" (Табл. 3, 4).

Таблиця 3.

Усереднені ($X \pm m$, $n > 50$) спектральні характеристики спалахових компонентів ЕА НЛ (ОАР) хом'яків

	спектральний діапазон		
	25-90 Гц	25-48 Гц	52-150 Гц
	Права НЦ		
Частота, Гц	50.60±2.43	46.71±0.49	55.75±1.68
Індекс, %	48.91±4.05	23.14±3.73	21.71±2.81
	Ліва НЦ		
Частота, Гц	43.16±6.37	34.34±3.28	53.69±0.39
Індекс, %	45.45±2.56	25.98±1.79	19.34±3.35

Таблиця 4.

Усереднені ($X \pm m$, $n > 50$) спектральні характеристики спалахових компонентів ЕА НЛ (ОАР) хом'яків за умов харчової мотивації (права НЦ)

	спектральний діапазон		
	25-90 Гц	25-48 Гц	52-150 Гц
Частота, Гц	47.09±1.58	45.56±0.55	54.87±1.03
Індекс, %	75.76±5.88	43.41±5.33	26.57±3.47

Ефекти, що розглядалися, можуть, на нашу думку, трактуватися як активація механізмів (центральної чи периферичної) генерації ОАР для сприйняття і первинного аналізу нових сигналів, що цілком є доцільним для макросматичних тварин.

В цілому аналіз показників ЕА вузлових риненцефальних структур у розглядуваних видів ссавців, які мають різноманітний організований неокортекс вказує на значні коливання доміантної частоти діапазону ОАР 25-90 Гц не тільки всередині класу, а й навіть окремого ряду (гризунів) ($p < 0.05$) (Рис. 3).

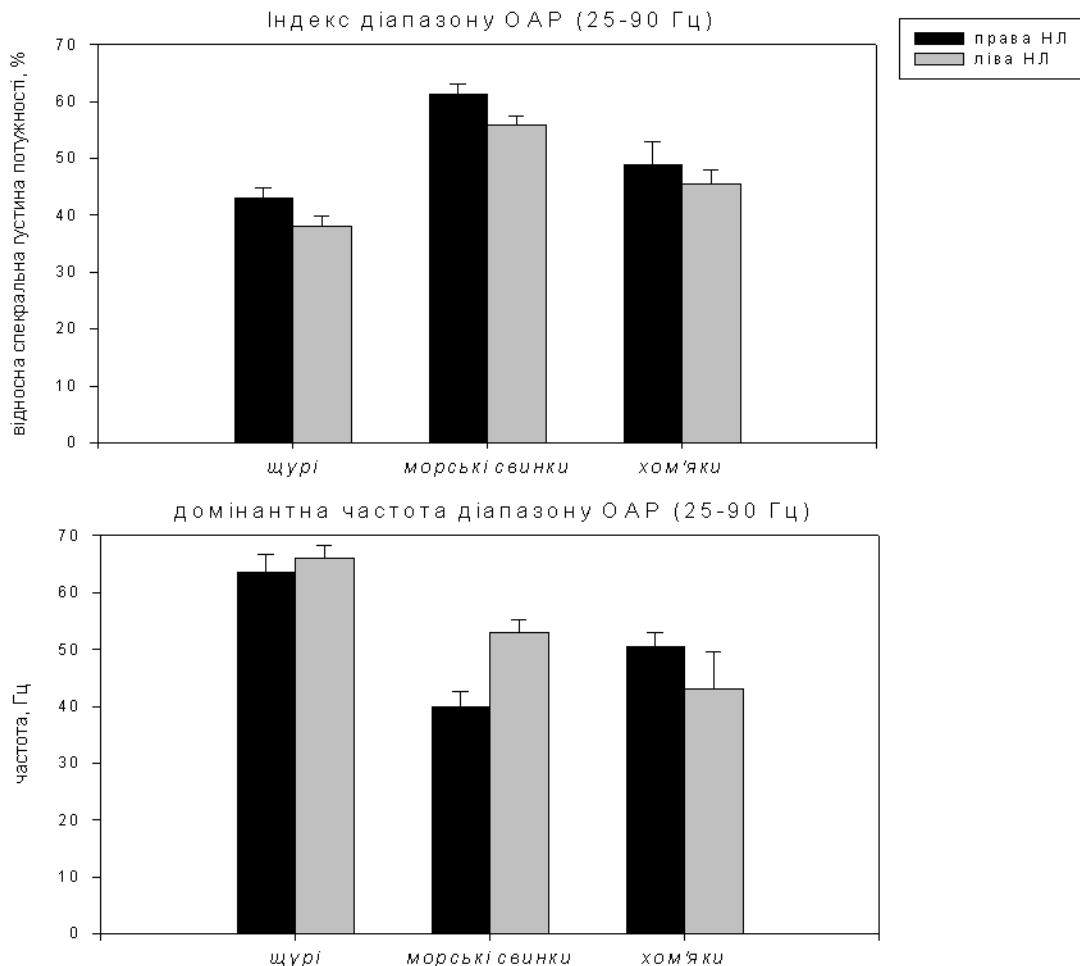


Рис.3. Усереднені спектральні показники ОАР представників досліджених видів гризунів.

Очевидно, такі відмінності обумовлені не тільки (або ж не скільки) роллю нюху в житті даного виду, а, на наш погляд, ступенем дозрівання власне неокортексу, який виражено справляє центрифугальні впливи на луковичну активність.

Висновки

Аналіз літературних та власних експериментальних даних дозволяє припустити, що прояви розглянутих специфічних високочастотних компонентів ЕА риненцефальних структур, зокрема ОАР та високочастотної синхронізованої активності, очевидно, є результатом складної взаємодії механізмів периферичного та центрального збудження на рівні НЛ, які потребують подальшого дослідження за умов як спонтанної, так і пролонгованої різноманітними чинниками (олфактивної та неолфактивної природи) поведінки.

Експериментальні дані, на нашу думку, можуть служити підтвердженням існування своєрідної неспецифічної риненцефальної системи, яка активізує або ж значно модулює функціональний стан мозку при необхідності мультисенсорного сприйняття сигналів. Останній процес, як правило, супроводжується посиленням рівня емоційно-мотиваційного збудження тварини.

Література

1. Люха Л. М. Вплив запахів ефірних олій на електричну активність риненцефальних структур лабораторних тварин / Л.М. Люха // Перспективи медицини та біології. – 2012. – Том 4, Дод. до №1. – С. 48-49
2. Manabe, H., and Mori, K. Sniff rhythm-paced fast and slow gamma-oscillations in the olfactory bulb: relation to tufted and mitral cells and behavioral states. /H. Manabe and K. Mori. // *Neurophysiol.* – 2013. Vol 110, P.1593–1599.
3. Reinken U., Schmidt U. Dependence of single unit activity in the olfactory bulb on early odor experience in the laboratory mouse/ U. Reinken., U. Schmidt // *Naturwissenschaften.* – 1987. – V.74, N11. – P.555-556.
4. Илюха Л.М. Сравнительное электрофизиологическое исследование риненцефальных структур млекопитающих / Л.М. Илюха // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С.103-110
5. Люха Л. М. Особливості олфакто-амигдалярного ритму лабораторних тварин за різних функціональних станів / Л. М. Люха. // Вісник Черкаського університету [Текст] : [зб. наук. ст.]. Вип. 128 Серія Біологічні науки / Черкаський нац. ун-т. – Черкаси : Видавництво ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2008. – С. 46-54.
6. Bressler Steven L. and Freeman Walter J. Frequency analysis of olfactory system EEG in cat, rabbit, and rat / S. L. Bressler., W. J. Freeman // *Electroenc. and clin. neurophysiology.* – 1980. – V. 50. – P.19-24.

References

1. Iliukha L. M. (2012). The influence of smells of essential oils on the electrical activity of rhenceephal structures of laboratory animals. *Prospects of medicine and biology.* 4 (1), 48-49. (in Ukr.)
2. Manabe, H., and Mori, K. (2013). Sniff rhythm-paced fast and slow gamma-oscillations in the olfactory bulb: relation to tufted and mitral cells and behavioral states. *Neurophysiol.* 110,1593–1599.
3. Reinken U., Schmidt U. (1987) Dependence of single unit activity in the olfactory bulb on early odor experience in the laboratory mouse. *Naturwissenschaften.* 74 (11), 555-556.
4. Iliukha L.M. (2010) Comparative electrophysiological study of mammalian rhinencephalic structures. *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry".* 23 (62), № 4,103-110. (in Russ.)
5. Iliukha L.M. (2008) Features of the alfacto-amygdala rhythm of laboratory animals for different functional states *Bulletin of the University of Cherkasy.* Cherkasy National University. Publishing house of Cherkassy National University named after B. Khmelnytsky, 46-54. (in Ukr.)
6. Bressler Steven L. and Freeman Walter J. (1980) Frequency analysis of olfactory system EEG in cat, rabbit, and rat . *Electroenc. and clin. neurophysiology.* 50.19-24.

Summary. Ilyuha L. M., Boechko F. F. Electrical activity of the olfactory bulbs of Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*)

Introduction. The article carried out a spectral analysis of the electrical activity of olfactory bulb Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*) as an animal with a well-developed smell in normal and under odor stimulation. Comparison of the electrical activity of olfactory bulbs of animals with different levels of complicated bark, namely: guinea pigs (*Cavia*) and Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*) as animals with well-developed odors and slightly differentiated neocortex compared to EA rats (*Rattus*), which can also to be attributed to smooth-throated species. Significant differences of topographic features of the spindles of the alfacto-amygdala rhythm are revealed, significant power-frequency differences of the averaged spectra of high-frequency components and different frequency distribution of individual components within the characteristic spindles.

Purpose. The aim of this work was to conduct a spectral analysis of the electrical activity of the olfactory bulbs of Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*) as animals with a well developed sense of smell and little differentiated neocortex to identify the functional values of the individual patterns.

Methods. Work is performed in conditions of chronic experiment on 6 outbred Syrian hamster weighing 130-150 g. When carrying out spectral analysis of the isolated traditional frequency bands

and vysokochastotnykh strip components, namely, 25-90, 25-48 and 52 - 150 Hz, by conducting a parallel analysis of the whole dynamic spectra without isolation of individual bands.

Results. Experimental data indicate the feasibility of the characteristics of EA ranavalona structures with formation of polymorphic desynchronous activity, respiratory waves, olfacto-amygdalar rhythm and PAS. Analysis potugese-frequency changes of these phenomena allows to fine to reflect the activation level of the SLA and the level of behavioral excitability of animals.

Originality. Refined spectral characteristics the basic patterns of electrical activity in the olfactory bulbs of Syrian hamster, the dynamics of its potugese-frequency parameters for different levels of behavioural activity, a comparative analysis of their main characteristics.

Conclusion. Thus, the obtained experimental data indicate the feasibility of the isolated consideration of the phenomena olfacto-amygdalar rhythm, synchronized high-frequency activity and respiratory waves, as they may have different functional nature.

Keywords: rhinencephalic structures, olfactory bulbs, spectral composition olfacto-amygdalar rhythm, respiratory waves.

Черкаський національний університет ім. Б.Хмельницького

Одержаноредакцією 26.11.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В БЕГЕ НА СРЕДНИЕ ДИСТАНЦИИ, ПОСЛЕ УЧЕБНО- ТРЕНИРОВОЧНЫХ СБОРОВ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

Определена эффективность горной тренировки на основе оценки характеристик физической работоспособности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, прошедших учебно-тренировочные сборы в условиях среднегорья и на уровне моря. Для определения характеристик физической работоспособности использовались методы велоэргометрии, спирографии и газоанализа.

Ключевые слова: горная тренировка, гипоксия, адаптация, газоанализ, работоспособность физическая.

Постановка проблемы. Высокий уровень достижений в современном спорте обуславливает необходимость постоянного совершенствования всех сторон подготовки спортсмена. Наряду с дальнейшей разработкой традиционных методов всесторонней подготовки спортсменов в настоящее время все большее значение приобретает разработка и использование нетрадиционных средств и методов, направленных на расширение границ функциональных возможностей организма спортсмена, его аэробной и анаэробной производительности, в значительной степени определяющих уровень работоспособности.

Анализ последних исследований и публикаций. Высокая эффективность горной подготовки как средства повышения функциональных возможностей спортсменов и спортивных результатов во всех видах спорта, связанных с проявлением выносливости, доказана многими исследователями, работающими в области спортивной физиологии [3, 5, 9, 11, 15-17]. Поэтому современный спорт высших достижений стал сферой деятельности, в которой исследования влияния гипоксии на организм спортсмена в условиях напряженной мышечной деятельности проводятся наиболее интенсивно. Однако значительно меньше работ, посвященных подготовке спортсменов в горных условиях, в спортивной деятельности которых выносливость не является определяющим фактором (силовые, скоростно-силовые, сложнокоординационные виды спорта, единоборства) [2, 10, 13].

В то же время известно, что специальная выносливость спортсменов по сущности и компонентам своих проявлений существенно модифицируется от вида спорта. В этой связи является актуальным обоснование четкой регламентации по развитию у спортсменов, специализирующихся в конкретной дисциплине, механизмов различных источников энергообеспечения [8]. Также, недостаточно внимания обращается на исследование индивидуальных особенностей адаптации организма спортсменов к гипоксическим условиям, связанных, в частности, с типом центральной нервной системы и вегетативным гомеостазом [5, 12].

Цель работы. Определить эффективность горной тренировки на основе оценки после возвращения с гор физической работоспособности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции.

Материалы и методы

В обследовании приняли участие 12 спортсменов – легкоатлетов, специализирующихся в беге на средние дистанции (квалификация МС и МСМК, средний возраст 24,5±3,06 лет).

Тестирование проводили в г. Киеве дважды по два раза – на 2-е и 3-и и на 24-е и 25-е сутки после учебно-тренировочных сборов в горах. Результаты каждых двух обследований на 2-е и 3-и и на 24-е и 25-е сутки усреднялись. Во время исследований спортсмены были разделены на две группы.

Первую группу составили пять спортсменов, у которых адаптация к условиям среднегорья протекала на фоне высокого напряжения регуляторных систем организма, во вторую вошли семь спортсменов, у которых адаптация к условиям среднегорья протекала на фоне умеренного напряжения [10].

Физическую работоспособность определяли методом велоэргометрии. Обследуемые выполняли работу ступенчато-возрастающей мощности, поминутно повышающейся от 50 до 250 Вт. Использовалась следующая схема исследования: 5 мин – покой, 5 мин – нагрузка, 10 мин – восстановление.

Газовый состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха определяли с помощью масс-спектрографа MX 6202 (Украина), легочную вентиляцию – волюметра 45084 (Германия). Оценивали показатели мощности, емкости, эффективности функциональных (дыхательной и сердечно-сосудистой) и энергетических (аэробных и анаэробных) систем. Максимальное потребление кислорода (МПК) в литрах рассчитывали по формуле – $(2,2 \times \text{PWC170} + 1070)/1000$.

Для анализа и оценки полученных результатов применялись методы непараметрической статистики [1].

Результаты исследований и обсуждение

Результаты тестирования физической работоспособности спортсменов после учебно-тренировочных сборов в горах в условиях г. Киева, у которых адаптация к среднегорью протекала на фоне высокого напряжения регуляторных систем организма, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели физической работоспособности после проведения учебно-тренировочных сборов в горах у спортсменов первой группы

Показатели	На 2-3 сутки (n=10)	На 24-25 сутки (n=10)
О ₂ стоимость работы, л	9,590 (8,867; 10,009)	8,038(7,803; 8,016)*
О ₂ запрос на работу, л,	6,180 (4,975; 6,919)	5,157 (4,176; 5,811)*
О ₂ стоимость восстановления, л	3,410 (2,977; 4,001)	2,881 (1,958; 3,404)*
Алактатный О ₂ долг, л	2,214 (1,956; 2,912)	2,109 (1,699; 2,459)*
Лактатный О ₂ долг, л	1,196 (0,903; 1,118)	0,772 (0,417; 0,893)*
О ₂ запрос на раб.в % от общ. ст.	64,4 (45,7; 74,9)	64,2 (46,9; 80,1)
О ₂ ст. восст. в% от общ.ст.	35,6 (26,7; 54,5)	35,8 (20,9; 54,3)
МПК, л/мин	3,446 (2,935; 4,001)	3,820 (3,112; 4,110)
МПКуд, мл/мин/кг	51 (40; 58)	55 (46; 63)
МПК/дМПК, %	92,9 (86,7; 99,5)	103,0(100,2; 105,8)
анаэр. мощ., ккал	56,9 (51,9; 68,4)	67,7 (66,3; 78,7)*
уд.ан. мощ., ккал/кг	0,59 (0,48; 0,67)	0,70 (0,68; 0,81)**
аэр. мощ., ккал	62,48 (52,23; 68,11)	51,7 (40,93; 52,21)**
уд.аэр. мощ., ккал/кг	0,65 (0,57; 0,73)	0,54(0,32; 0,70)*

Примечания: n – количество обследований; медиана (1; 3 квартили); * отличие на уровне $p < 0,05$; ** отличие на уровне $p < 0,01$; достоверность отличий определялась с помощью непараметрического рангового критерия

На 2-3 сутки у данных спортсменов приведены средние по группе расчетные величины абсолютного и удельного максимального потребления кислорода (МПК и

МПКуд соответственно), которые были ниже должных величин (дМПК). Это свидетельствовало о среднем функциональном классе по мощности аэробной работоспособности [9].

Значения удельных анаэробных и аэробных мощностей организма соответствовали высокому функциональному классу по емкости анаэробной работоспособности и выше среднему функциональному классу эффективности аэробной работоспособности [9].

При обследованиях, проведенных на 24-25 сутки после пребывания в горах, отмечалось уменьшение кислородной стоимости работы (O_2 стоимости) вследствие снижения кислородного запроса на работу (O_2 запроса) и кислородного долга (O_2 стоимости восстановления), что свидетельствовало о повышении экономичности реакции организма спортсменов на физическую нагрузку (табл. 1).

МПК практически достигло должных величин. Уровень функционального класса по мощности аэробной работоспособности у этих спортсменов повысился до выше среднего.

Возросла мощность анаэробных процессов и в то же время снизилась аэробных. В отличие от результатов обследования, полученных на 2-3 сутки после возвращения с гор, мощность анаэробных процессов у этих спортсменов стала выше, чем аэробных, что соответствовало их специализации бегунов на средние дистанции.

Это подтверждают данные об относительном вкладе аэробного обмена в общую систему энергообеспечения организма спортсменов. На 24-25 сутки после учебно-тренировочных сборов в горах его вклад уменьшился по сравнению с таковым на 2-3 сутки (рис. 1).

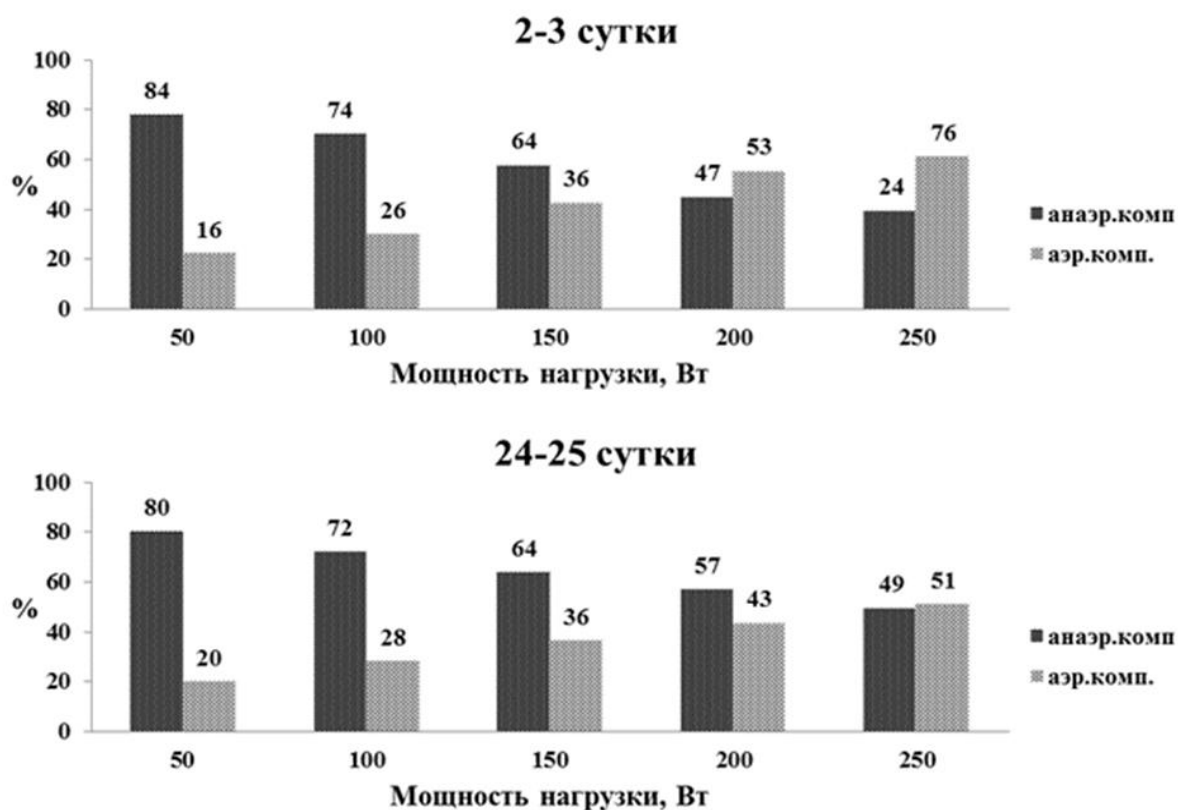


Рис. 1. Соотношение аэробного и анаэробного компонентов энергетического метаболизма у спортсменов первой группы при физической нагрузке на 2-3сутки и 24-25 сутки после возвращения с гор

Функциональные классы по емкости анаэробной работоспособности и эффективности аэробной работоспособности соответствовали высоким уровням [9].

Процентные соотношения кислородного запроса на работу и кислородной стоимости восстановления от общей кислородной стоимости работы на 2-3 сутки и 24–25 сутки после учебно-тренировочных сборов не изменились (табл. 1).

Характеристики физической работоспособности на 2-3 сутки и 24-25 сутки после возвращения с гор у спортсменов второй группы, у которых адаптация к условиям среднегорья проходила на фоне умеренного напряжения регуляторных систем организма, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели физической работоспособности после проведения учебно-тренировочных сборов в горах у спортсменов второй группы

Показатели	На 2-3 сутки (n=14)	На 24-25 сутки (n=14)
O ₂ стоимость работы, л	7,273 (6,323; 8,311)	6,113 (5,156; 7,036)*
O ₂ запрос на работу, л,	4,857(3,908; 5,199)	4,094 (3,439; 5,018)*
O ₂ стоимость восстановления, л	2,416 (1,918; 3,215)	2,019 (1,619; 2,412)*
Алактатный O ₂ долг, л	1,739 (1,510; 2,293)	1,595 (1,231; 1,815)*
Лактатный O ₂ долг, л	0,677 (0,387; 1,011)	0,424 (0,296; 0,598)*
O ₂ ст. раб.в % от общ. ст.	66,8 (46,3; 78,5)	67,0 (49,7; 77,3)
O ₂ ст. восст. в% от общ.ст.	33,2(21,8; 53,9)	33,0(21,8; 50,8)
МПК, л/мин	3,798 (3,001; 4,09)	4,260 (3,901; 4,612)
МПКуд, мл/мин/кг	54 (42; 59)	61 (50; 69)
МПК/дМПК, %	102,4 (98,3; 105,4)	114,82(109,7; 115,9)
анаэр. мощ., ккал	72,2 (62,3; 78,1)	80,7 (74,3; 88,1)*
уд.ан. мощ., ккал/кг	0,75 (0,56; 0,80)	0,84 (0,74; 0,89)
аэр. мощ., ккал	47,2 (38,1; 63,7)	38,8 (30,3; 62,2)
уд.аэр. мощ., ккал/кг	0,49 (0,31; 0,65)	0,40 (0,28; 0,69)

Примечания: n – количество обследований; медиана (1; 3 квартили); * отличие на уровне $p < 0,05$; ** отличие на уровне $p < 0,01$; достоверность отличий определялась с помощью непараметрического рангового критерия

На 2-3сутки после возвращения с гор у них наблюдалась достоверно ($p < 0,05$) меньшая O₂ стоимость работы, чем у спортсменов первой группы, за счет более низких величин O₂ запроса на работу и O₂ стоимости восстановления (кислородного долга).

МПК и МПК/МПКуд у спортсменов второй группы также было выше, чем у спортсменов первой группы (табл.2). Уровень функционального класса по мощности аэробной работоспособности у этих спортсменов был выше среднего.

Значения абсолютных и удельных анаэробных и аэробных мощностей организма соответствовали по емкости анаэробной работоспособности и эффективности аэробной работоспособности высокому функциональному классу [9].

При обследованиях, проведенных на 24-25 сутки после пребывания в горах, у спортсменов второй группы также отмечалось уменьшение кислородной стоимости работы (O₂ стоимости), кислородного запроса на работу (O₂ запроса) и кислородного долга (O₂ стоимости восстановления), что свидетельствовало о повышении экономичности реакции организма спортсменов на физическую нагрузку (табл. 2).

Увеличилось МПК и МПК/МПКуд. Уровень функционального класса по мощности аэробной работоспособности у этих спортсменов повысился до высокого.

Как и у спортсменов первой группы возросла мощность анаэробных процессов и в то же время снизилась аэробных. Это подтверждают данные об относительном вкладе аэробного обмена в общую систему энергообеспечения организма спортсменов. На 24-25 сутки после учебно-тренировочных сборов в горах его вклад уменьшился по сравнению с таковым на 2-3 сутки (рис. 2).

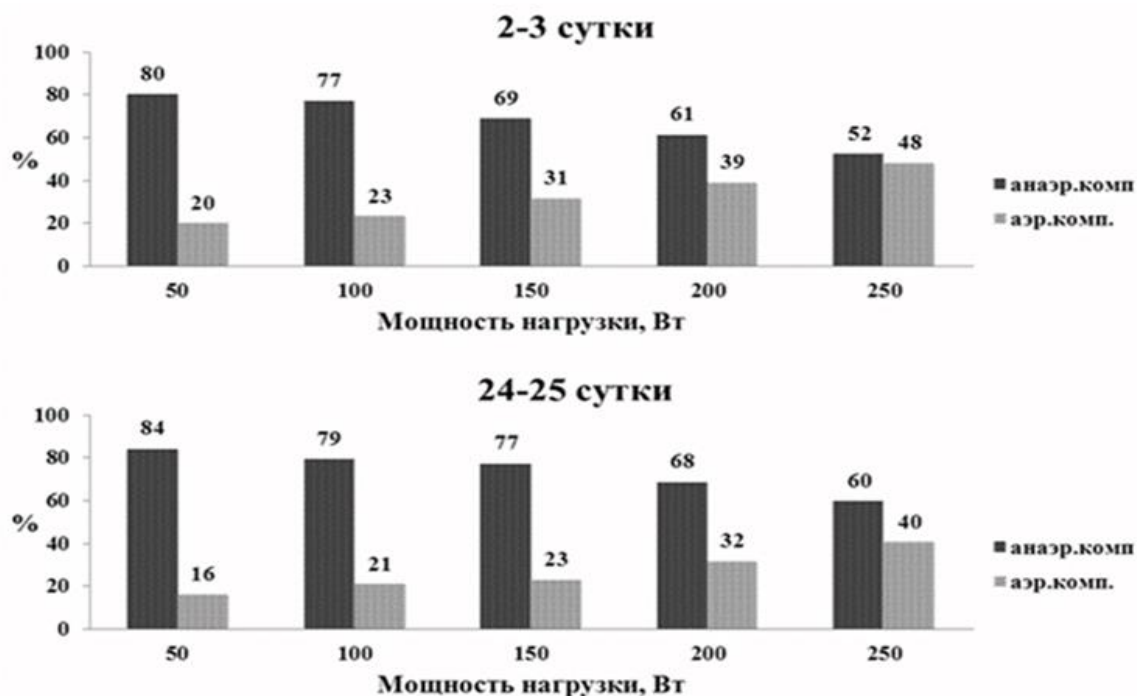


Рис. 2. Соотношение аэробного и анаэробного компонентов энергетического метаболизма у спортсменов второй группы при физической нагрузке на 2-3 сутки и 24-25 сутки после возвращения с гор

Снижение относительного вклада аэробного обмена в общую систему энергообеспечения организма по мнению ряда авторов повышает устойчивость спортсменов обеих групп к гипоксии, в том числе и гипоксии нагрузки, что является подтверждением эффективности горной подготовки [8, 14].

Функциональные классы по емкости анаэробной работоспособности и эффективности аэробной работоспособности у этих спортсменов, как и спортсменов первой группы, соответствовали высоким уровням.

Как свидетельствуют результаты обследований спортсменов проведение учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья оказали эффективное влияние на повышение физической работоспособности спортсменов. При этом эффект горной подготовки усиливался на 24-25 сутки после возвращения с гор. Позитивный эффект был более выражен у спортсменов второй группы. Этот факт хорошо согласуется с данными других авторов, согласно которым пик функциональных возможностей и работоспособности спортсменов приходится на 20-25 сутки после возвращения с гор [3, 5].

Однако, не для всех спортсменов адаптационные влияния горной тренировки одинаково эффективны. У спортсменов первой группы, у которых адаптация в горах проходила на фоне высокого напряжения регуляторных механизмов и преобладания симпатических влияний, после возвращения с гор отмечалось появление нестабильных состояний во время функциональных нагрузок, что снижало эффективность горной подготовки [4, 12]. Математический анализ вариабельности сердечного ритма, в

частности спектральный анализ, показал, что у большинства спортсменов первой группы после пребывания в горах большой вклад в регуляторные механизмы вносил фактор централизации регуляторных процессов [4]. Возможно, что с этим связан несколько меньший эффект пребывания в горах для этих спортсменов, чем у спортсменов второй группы.

У спортсменов второй группы после гор преобладала активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и была повышена устойчивость к функциональным нагрузкам (не возникали нестабильные состояния), что свидетельствовало о более высокой эффективности горной тренировки для спортсменов с ваготоническим типом вегетативного гомеостаза [4, 9].

Разная эффективность горной подготовки рядом авторов объясняется по разному. Некоторые группы исследователей не выявляют никакого улучшения физиологических показателей (гематологических, максимального потребления кислорода) или роста спортивного результата, другие сообщают о существенном росте и МПК, и соревновательного результата [5, 6]. Различия в ответных реакциях на гипоксию может быть обусловлено индивидуальными особенностями организма спортсменов: генетической предрасположенностью к благоприятной реакции на гипоксию [6], типом центральной и вегетативной нервной системы [5], а также рационально или нерационально спланированной горной подготовки [3, 6, 15]. В связи с этим важное значение для повышения эффективности горной подготовки и планирования оптимального тренировочного процесса в условиях среднегорья приобретает предварительное деление спортсменов на группы с высоким и низким уровнем ответной реакцией на гипоксию.

Выводы

Показано, что проведение учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья является эффективным средством повышения работоспособности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции. При этом эффект горной подготовки усиливался на 24-25 сутки после возвращения с гор. Однако, не для всех спортсменов адаптационные влияния горной тренировки одинаково эффективны. Наиболее значимые положительные изменения уровня физической работоспособности после учебно-тренировочного сбора в горах наблюдались у спортсменов, у которых адаптация к условиям среднегорья сопровождалась умеренным напряжением регуляторных механизмов и преобладал ваготонический тип вегетативного гомеостаза.

Дальнейшие исследования по изучаемой проблеме будут направлены на разработку критериев оценки адаптационных влияний гипоксии на физическое состояние организма спортсменов в зависимости от индивидуальных особенностей спортсменов, в частности от исходного типа вегетативного гомеостаза, и на этой основе осуществление прогнозирования эффективности гипоксической тренировки спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта.

Литература

1. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов – К., 2006. – 558 с.
2. Бойчук Т. В. Оцінка факторів, що впливають на ефективність тренувального процесу у бігунів на середні і довгі дистанції та вплив гіпоксії на функціональний стан організму / Т. В. Бойчук, Д. В. П'ятничук, Е. Й. Лапковський // Науковий часопис національного педагогічного університету ім. М.П.Драгоманова. серія 15. Теорія та методика навчання: фізична культура і спорт. – Випуск 8. – Л.: НПУ ім. М.П.Драгоманова, 2010. – С. 134-138.
3. Булатова М. М. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов / М. М. Булатов, В. Н. Платонов // Спортивная медицина. – 2008. - № 1. – С.95-119.
4. Ильин В. Н. Оценка функционального состояния организма человека в экстремальных условиях на основе теории ультрастабильных систем / В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, А. Алвани // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. - № 3. – С. 94-100.

5. Ильин В. Н. Гипоксическая тренировка в системе подготовки спортсменов / В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, В. А. Пастухова, В. И. Портниченко, В. В. Сосновский // Патология, реабилитация, адаптация. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 60–72.
6. Иссурин В. Б. Подготовка спортсменов XXI: научные основы построения тренировки / В. Б. Иссурин – М.: Спорт, 2016 – 464 с.
7. Патент на корисну модель №21975 Україна. А61В 8/02. Спосіб визначення працездатності спортсменів, що спеціалізуються у циклічних видах спорту / В. М. Ільїн, О. В. Криворученко. Заяв. U 2006 11582. Видано 10.04.2007, Бюл. № 4.
8. Портниченко В. И. Развитие гипометаболического состояния у высококвалифицированных спортсменов в условиях гипоксии / В. И. Портниченко, В. Н. Ильин, Б. А. Подливаев // Спортивна медицина. – 2008. – № 1. – С.74-77.
9. Ровний А. С. Фізіологія спортивної діяльності / А. С. Ровний, В. М. Ільїн, В. С. Лизогуб, О. О. Ровна. – Х., ХНАДУ. – 2015. – 556 с.
10. Свищ Я. Відповідь організму легкоатлетів спринтерів на додаткове тренування гіпоксією / Я. Свищ, М. Сибіль // Зб. наук. праць з галузі фізичної культури та спорту. Молода спортивна наука. – Вип. 11. – Львів: НВФ «Українські технології», 2007. – С. 228-230.
11. Сосновський В. В. Адаптація людини до гіпоксії / В. В. Сосновський, В. А. Пастухова // Вісник ЧНУ. – 2017.–№ 1. – С. 97-101.
12. Сосновский В. В. Изменения сердечного ритма в условиях интенсивной мышечной деятельности на 2-3 сутки пребывания в горах на высоте 2100 м // В. В. Сосновский / Мат. конференции «Актуальные научные исследования в современном мире», 26-27 мая 2017. ГВУЗ Переяслав-Хмельницкий гос. педагогический ун-т им. Г. Сковороды». – 2017.
13. Тренування в умовах Карпат як допоміжний засіб підготовки бігунів на середні і довгі дистанції у підготовчому періоді / Д. В. Пятничук, Г. О. Пятничук // Актуальність проблеми розвитку фізичного виховання, спорту і туризму в сучасному суспільстві : Монографія / за ред. Б. М. Мицкана, Т. В. Бойчук, О. Я. Фотуйми. – Івано-Франківськ: ПП Курилюк, 2008. – С. 180-182.
14. Филиппов М. М. Физиологические механизмы развития и компенсации состояния гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности: Монография / М. М. Филиппов, Д. Н. Давиденко. – СПб. – Киев: БПА. – 2010. – 260 с.
15. Шпак Т.В. Підготовка велосипедистів високої кваліфікації в умовах середньогір'я // Т. В. Шпак, М. П. Кірієнко / Спорт. медицина. – 2008. – № 1. – С.137-142.
16. Ilyin V. N. Training of the athletes with use of hypoxic conditions / V. N. Ilyin, M. M. Filippov, V. A. Pastukhova, V.V. Sosnovskiy / Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки». – 2017. – № 2. – С. 11 – 26.
17. Wilmore J.H. Physiology of sport and exercise / J. H. Wilmore, D. L. Costill – Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.

References

1. Antonomov, M. Yu. (2006). *Mathematical processing and analysis of medical and biological data*. К., 558 (in Ukr.)
2. Boychuk, T. V., Pyatnychuk, D. V., Lapkovsky, E. Y. (2010). *Estimation of the factors influencing the efficiency of the training process for runners on medium and long distances and the influence of hypoxia on the functional state of the organism*. Scientific journal of the National Pedagogical University named after M.P. Drahomanov. Series 15. Theory and teaching methods: physical culture and sports. - Issue 8. - L.: NPU named after M.P.Drahomanov, 134-138 (in Ukr.)
3. Bulatova, M. M., &Platonov, V. N. (2008). *Middle Highlands, Highlands and Artificial Hypoxia in the System of Training Sportsmen*. Sports Medicine, 1, 95-119 (in Ukr.).
4. Ilyin, V. N., Filippov, M. M., Alvani, A. (2014). *Assessment of the functional state of the human body under extreme conditions on the basis of the theory of ultrastable systems*. Ulyanovsk Medical Biological Journal. 3, 94-100 (in Russ.)
5. Ilyin, V. N., Filippov, M. M., Pastukhova, V. A., Portnichenko, V. I., Sosnovsky, V. V. (2017). *Hypoxic training in the system of training athletes*. Pathology, rehabilitation VI I., adaptation, 15, 2. 60-72 (in Ukr.)
6. Isrurin, V. B. (2016). *Training athletes XXI: the scientific basis for building a training*. М.: Sport (in Russ.)
7. Ilyin, V. M., Krivoruchenko, O. V. (2007). *Patent for Utility Model №21975 Ukraine. A61V 8/02. Method of determining the ability of athletes specializing in cyclic sports*. Application. U 2006 11582. Issued April 10, Byul.4 (in Ukr.)
8. Portnichenko, V. I., Ilyin, V. N., Podливаев, B. A. *Development of the hypometabolic state in highly skilled athletes under conditions of hypoxia*. Sports medicine, 1, 74-77 (in Ukr.).
9. Rovnii, A. S., Ilyin, V., Lyzogub, Rovna, A. O. (2015). *Physiology of sports activity*. X., HNADU, (in Ukr.)

10. Svisch, Ya., & Sibil, M. (2007). *Response of the athlete's body to sprinters for additional training of hypoxia*. Sb. sciences works in the field of physical culture and sports. Young sports science. – Whip 11. – Lviv: Scientific-Production Enterprise "Ukrainian Technologies", 7, 228-230 (in Ukr.)
11. Sosnovsky, V. V., & Pastukhova, V. A. (2017). *Adaptation of man to hypoxia*. Visnyk CHNU, 1, 97-101 (in Ukr.)
12. Sosnovsky, V. V. (2017). *Changes in the heart rhythm in conditions of intense muscular activity on the 2-3 day stay in the mountains at the altitude of 2100 m*. Mat. conference "Actual scientific research in the modern world", May 26-27, 2010. GVUZ Pereyaslav-Khmelnitsky state. Pedagogical University. G. Pans» (in Ukr.)
13. Pyatnichuk, D.V., & Pyatnychuk, G.O. (2008). *Training in the Carpathians as an auxiliary means for preparing runners for medium and long distances in the preparatory period*. Actuality of the problem of the development of physical education, sports and tourism in modern society: Monograph / ed. B.M. Mitskana, T.V. Boichuk, O.Ya. Photius - Ivano-Frankivsk: PP Kurilyuk, 180-182 (in Ukr.)
14. Filippov, M. M., & Davidenko, D. N. (2010). *Physiological mechanisms of development and compensation of the state of hypoxia in the process of adaptation to muscular activity*: Monograph. St. Petersburg, Kiev: BPA. (in Russ.)
15. Shpak, T.V., & Kiriyenko, M.P. (2008). *Training of high-skilled cyclists in the middle of the highlands*. Sport. Medicine, 1, 137-142 (in Ukr.)
16. Ilyin, V. N., Filippov, M. M., Pastukhova, V. A., Sosnovskiy, V.V. (2017). *Training of the athletes with use of hypoxic conditions*. Bulletin of the Cherkassy University, a series of "Biological News", 2, 11 – 26 (in Ukr.)
17. Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2004). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 726.

Summary. *Imas E. V., Ilyin V. N., Pastukhova V. A., Sosnovsky V. V. Characteristics of the physical performance of athletes specializing in middle distance running, after training camps in conditions of mid-range altitudes*

Introduction. *A high level of achievement in modern sport necessitates continuous improvement in all aspects of training an athlete. However, further development of the traditional methods of comprehensive training athletes now becoming increasingly important development and use of alternative means and methods aimed at expanding the boundaries of functionality of an athlete, his aerobic and anaerobic performance that largely determine the level of disability.*

Purpose. *To determine the effectiveness of mountain training on evaluation after returning from the mountains physical performance of athletes who specialized in running middle distance.*

Methods. *In the survey participated 12 athletes. All sportsmen specialized in running middle distance. Physical performance was determined by veloergometry. Evaluated indicators of power, capacity and efficiency of functional (respiratory and cardiovascular) and energy (aerobic and anaerobic) systems.*

Results. *Conducting the mountain training gave effective impact on improving physical performance of athletes. This effect is amplified mountain training in 24-25 days after returning from the mountains. However, not all athletes adaptive effects of mountain training are equally effective. The most significant positive changes in physical capacity after the training gathering in the mountains observed in athletes whose adaptation to hypoxia was accompanied by moderate stress regulatory mechanisms of the body and vagotonic predominant type of autonomic homeostasis.*

Originality. *For the first time it is given a comprehensive evaluation of the effectiveness of mountain training athletes, specializing in middle-distance running.*

Conclusion. *The most significant positive changes in the level of physical performance after the training gathering in the mountains observed in athletes who have adapted to the conditions of middle accompanied by moderate stress regulatory mechanisms and vagotonic predominant type of vegetative homeostasis.*

Keywords: *mountain training, hypoxia, adaptation, gas analysis, physical performance*

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Одержано редакцією 15.02.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

ХВИЛЬОВА СТРУКТУРА ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ ПРИ РІЗНОМУ ВИХІДНОМУ РІВНІ ЧАСТОТИ ДИХАННЯ У ЧОЛОВІКІВ

Актуальність. Доцільним є дослідження особливостей хвильової структури коливань ударного об'єму крові (УОК) та тривалості R-R інтервалу (t-R-R) при різних рівнях основних вегетативних показників, таких як частота дихання та об'єм серцевого викиду, котрі згідно з даними багатьох досліджень вважаються достатньо сталими для кожної людини

Мета. З'ясувати особливості хвильової структури коливань УОК та t-R-R у здорових молодих чоловіків із різним вихідним рівнем частоти дихання.

Методика. Виміри проведені на 120 здорових молодих чоловіках віком від 17 до 23 років. За розподілом вихідного значення Мо тривалості дихального циклу чоловіків поділили на три групи: тахіпноїки (39 осіб) – з високою частотою дихання (ВЧД), нормопноїки (62 особи) – з середньою частотою (СЧД) та брадіпноїки (19 осіб) – з низькою частотою дихання (НЧД). Часові ряди аналізували за 5-хвилинними реалізаціями послідовних УОК та t-R-R у програмі „CASPICO”. Для тривалості кардіоциклів розрізняли три головних спектральних компоненти: HF (0,15-0,4 Гц), LF (0,04-0,15 Гц), VLF (0-0,04 Гц), а також загальну потужність спектру (TP), потужність високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HFnorm). Для УОК такими показниками були відповідно HF^{sv} , LF^{sv} , VLF^{sv} , TP^{sv} та $HFnorm^{sv}$.

Результати. Для осіб із низькою та високою частотою дихання у стані спокою характерна відносно вища амплітуда коливань тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові в діапазоні 0,04-0,15 Гц, ніж для нормопноїків. У брадіпноїків це обумовлюється зрушенням дихальної періодики в даний частотний діапазон та вищим рівнем активації парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи, а у тахіпноїків – цілим рядом факторів: відносно більшим рівнем кровонаповнення органів грудної клітки, збільшенням симпатичних впливів на серце та підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості. При дозованих навантаженнях, навпаки, відносно більша симпатична активація спостерігається у брадіпноїків.

Висновки. Врахування вихідної частоти дихання може суттєво поліпшити діагностичну цінність методів аналізу варіабельності ударного об'єму крові та серцевого ритму.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, частота дихання.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Параметри коливань гемодинамічних показників між окремими особами суттєво розрізняються [1]. Така міжіндивідуальна девіантність цих характеристик функціонування організму може бути обумовлена індивідуально-типологічними особливостями людини. Тому доцільним є дослідження особливостей хвильової структури коливань ударного об'єму крові (УОК) та тривалості R-R інтервалу (t-R-R) при різних рівнях основних вегетативних показників, таких як частота дихання та об'єм серцевого викиду, котрі згідно з даними багатьох досліджень вважаються достатньо сталими для кожної людини [2, 3, 4].

Показано, що варіабельність серцевого ритму (BCP) в осіб із різною типологією за частотою дихання та зміни її хвильової структури при різноманітних навантаженнях розрізняються [5]. Разом з тим, малодослідженими залишаються зміни коливань ударного об'єму крові при цьому.

Мета роботи. З'ясувати особливості хвильової структури коливань УОК та t-R-R у здорових молодих чоловіків із різним вихідним рівнем частоти дихання.

Методика

Виміри проведені на 120 здорових молодих чоловіках віком від 17 до 23 років з дотриманням вимог законодавства України про охорону здоров'я і Гельсінської декларації 2000 р., директиви Європейського товариства 86/609 стосовно участі людей у медико-біологічних дослідженнях.

Процедура вимірювань для всіх осіб була стандартною. Попередньо проводили інструктаж (5-10 хвилин). Потім на тіло обстежуваного встановлювали електроди та датчики і вкладали його на кушетку, де він відпочивав 10-15 хвилин. Після цього проводили 5-хвилинні записи сигналів від реографа та пневмографа. Пробу регламентованого дихання з частотою 8 та 6 цикл./хв проводили в положенні лежачи впродовж 5 хвилин. Ритм дихання задавався словесними командами, записаними на комп'ютер. Через 5-6 хвилин після завершення цього тесту здійснювали активну ортопробу тривалістю 7 хвилин. В якості розумового навантаження використовували 10-хвилинний тест по визначенню працездатності головного мозку в режимі зворотного зв'язку за методикою М. В. Макаренка [6] з використанням системи «Діагност-1».

За розподілом вихідного значення M_0 тривалості дихального циклу чоловіків виділили групи: тахіпноїки – 39 осіб із високою частотою дихання (ВЧД), нормопноїки – 62 особи з середньою частотою (СЧД) та брадіпноїки – 19 осіб із низькою частотою дихання (НЧД).

Ударний об'єм крові визначали за показниками диференціальної реоплетизмограми (РПГ) за формулою, запропонованою W.G. Kubicek. Тривалість кожного кардіоциклу розраховували за часовими параметрами найвищої точки зубця QRS електрокардіограми. Часові ряди послідовних УОК та t-RR аналізували у програмі Caspico [7]. Розрізняли три головних спектральних компоненти для t-RR - HF (0,15-0,4 Гц), LF (0,04-0,15 Гц), VLF (0-0,04 Гц), загальну потужність спектру (TP), потужність високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HFnorm). Для УОК це були відповідно VLF^{sv} , LF^{sv} , HF^{sv} , TP^{sv} та $HFnorm^{sv}$.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою непараметричних критеріїв, оскільки розподіл показників в основному був ненормальним.

Результати та їх обговорення

У зв'язку з наявністю типологічних груп за частотою дихання у здорових молодих чоловіків виникає необхідність з'ясувати особливості як параметрів центральної гемодинаміки, так і їх коливань у цих групах у стані спокою та при різних навантаженнях. В спокої лежачи не виявлено вірогідних відмінностей тривалості інтервалу R-R, ударного об'єму крові та серцевого індексу між тахі-, нормо- та брадіпноїками. В той же час особи з ВЧД мали значуще вищий рівень кровонаповнення органів грудної клітки, ніж чоловіки з СЧД та НЧД. Цілком можливо, що така особливість має пристосувальне значення для покращення газообміну в легенях для тахіпноїків. В цій групі чоловіків із високої частотою дихання, зрозуміло, буде дещо нижчим дихальний об'єм та більшим відносний об'єм мертвого простору. Тому збільшення кровонаповнення легенів створює сприятливі умови для газообміну за механізмом, описаним J. West [8].

При переході у вертикальне положення тіла на фоні значного зменшення УОК, серцевого індексу, t-R-R та рівня кровонаповнення органів грудної клітки не було відмічено значущих відмінностей між порівнюваними групами. Також відсутні достовірні відмінності за цими фізіологічними параметрами між особами, що різняться за частотою дихання, при розумовому та фізичному навантаженнях. Хоча потрібно відмітити, що рівень кровонаповнення органів грудної клітки за всіх умов у тахіпноїків є дещо вищим, ніж у нормо- та брадіпноїків.

Отже, основні гомеостатичні показники гемодинаміки в осіб із різною частотою дихання в досліджуваних умовах не відрізняються. Разом з цим, згідно з даними П. К. Анохіна [9] підтримання достатньо сталого рівня цих показників може вимагати значної їх флуктуації в осіб різної типології.

Так, у спокої лежачи виявлені суттєві відмінності у хвильовій структурі тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові у представників різних типологічних груп за частотою дихання (табл. 1).

Таблиця 1

Показники коливань гемодинаміки в осіб
із різною вихідною частотою дихання за умов спокою

Показники	Частота дихання		
	Висока	Середня	Низька
R-R			
VLF	944 [741; 1449]	708 [♦] [497; 1001]	964 [380; 1524]
LF	885 [619; 1348]	667[373; 1019] [♦]	1888 [1108; 3120] ^{♦▲}
HF	1273 [867; 1803]	1219 [669; 1950]	1776 [776; 3921]
HFnorm	53,36 [48,59; 67,27]	66,01[56,61; 72] [♦]	50,11[21,48; 68,76]
TP	3432[2437; 5473]	2767[1806 4061] [♦]	5500[2790; 11525] [▲]
SV			
VLF ^{sv}	4,5[2,6; 7,1]	3,1[1,9; 7,6]	3,7[1,7; 7,7]
LF ^{sv}	6,5[3,9; 11,7]	4[2,2; 6,3] [♦]	12,7[5,5; 43,1] ^{♦▲}
HF ^{sv}	30,9[16,7; 67,3]	25,2[15,3; 43,7]	18,8[9,7; 27,4]
HFnorm ^{sv}	84,2[73; 91]	86,4[76,7; 91,8]	55,9[30,6; 79,5] ^{♦▲}
TP ^{sv}	47[35,1; 93,2]	30,6[20,1; 52,8] [♦]	41,6[31,8; 87,6]

Примітка. [♦] - p<0,05 – у порівнянні з групою осіб із ВЧД; [▲] - p<0,05 – між групами чоловіків із СЧД та НЧД

Потужність коливань т-R-Ру діпазоні дуже низьких частоту першій групі (ВЧД) була вірогідно вища, ніж у другій. LF розрізнялась у всіх групах: найменшим цей показник був у групі з СЧД, а найбільшим – в осіб із НЧД. Така ж закономірність спостерігалась за значенням загальної потужності спектру коливань ЧСС. HF_{norm} була вищою у групі чоловіків із СЧД, ніж у крайніх групах. Тому вищий рівень LF у першій групі в порівнянні з другою можна пояснити більшим рівнем симпатичних впливів на серцевий ритм. В той же час найвищий рівень LF у третій групі, напевно, пов'язаний із наявністю в ній осіб із частотою дихання (33% від загальної кількості) чи реалізаціями окремих дихальних циклів, які зміщуються у діпазон низьких частот серцевого ритму. Отже, використання співвідношення потужностей спектру в діпазонах 0,04-0,15 Гц та 0,15-0,4 Гц чи нормалізованої потужності в діпазоні високих частот в осіб із НЧД для оцінки вегетативного тонуусу може привести до хибних висновків. Крім цього, показано, що сама структура коливань т-R-Р може бути неоднорідною [10].

Подібні особливості відмічені і для коливань УОК в осіб різних типологічних груп (табл. 2). Так, LF^{sv} була вірогідно вищою в осіб із НЧД у порівнянні з іншими групами, а в осіб із ВЧД – у порівнянні з групою СЧД. Знову ж для групи осіб із НЧД це пояснюється зсувом дихального діпазону у зону низьких частот, а для чоловіків першої групи – більш високим рівнем симпатичної активності, ніж у чоловіків із СЧД. Значуще вищий рівень загальної потужності коливань ударного об'єму крові у групі з ВЧД у порівнянні з особами з СЧД може бути обумовлений більшим кровонаповненням органів грудної клітки. За літературними даними амплітуда коливань ударного об'єму крові суттєво залежить від цього показника [11].

Таблиця 2

Показники коливань гемодинаміки
в осіб із різною вихідною частотою дихання при ортопробі

Показники	Частота дихання		
	Висока	Середня	Низька
R-R			
VLF	986[539; 1683]	573[344; 1345]	883[445; 1167]
LF	815[498; 1118]	906[369; 1391]	1739[896; 3740] [♦] [▲]
HF	266[105; 571]	292[128; 577]	373[255; 1377] [♦] [▲]
SV			
VLF ^{sv}	4,1[3,1; 6,2]	2,5[1,3; 5,4] [♦]	3,9[2,6; 5,5] [♦] [▲]
LF ^{sv}	3,6[1,9; 5,2]	3,7[2; 7,2]	3,6[3; 8,9]
HF ^{sv}	10,5[6,8; 17,2]	8,9[4,8; 13,7]	5,3[3,8; 8,7]

Примітка. [♦] - $p < 0,05$ – у порівнянні з групою осіб із ВЧД; [▲] - $p < 0,05$ – між групами з СЧД та НЧД

Дещо парадоксальним є факт більшої загальної потужності коливань т-R-R в осіб із ВЧД у порівнянні з групою обстежуваних із СЧД, оскільки більша варіативність ЧСС багатьма авторами оцінюється як характеристика високих адаптаційних можливостей організму людини [1]. Для підтвердження цього факту проводили пробу з регламентованим диханням із частотою 6 циклів за хвилину. Цей вплив не змінював та не приводив до відмінностей між порівнюваними групами за рівнями т-R-R та ударного об'єму крові. Разом з цим зберігаються значущі відмінності у потужності спектру у діапазоні 0-0,04 Гц між особами I-ї та II-ї груп (відповідно 1043 [812; 1618] мс^2 та 773 [443; 1350] мс^2).

Вірогідно найменша потужність спектру у LF-діапазоні спостерігається в осіб із СЧД (5465 [3538; 8830] мс^2), а відмінності між групами осіб із ВЧД (8457 [4071; 12063] мс^2) та з НЧД (10121 [5645; 17040] мс^2) зникають. Подібні закономірності відмічені також у рівнях загальної потужності спектру. Крім цього існують значущі відмінності у значеннях HF між особами першої та другої груп. Аналіз медіанних спектрограм показав, що тахіпноїки мають більшу потужність спектру коливань т-R-R на частотах 0,2 Гц та 0,3 Гц, котрі є гармоніками основної хвилі на частоті 0,1 Гц. Такі результати можуть свідчити як про більшу потужність основної хвилі, так і про більші відмінності форми цієї хвилі від ідеальної синусоїди у тахіпноїків.

Отже, при регламентованому диханні підтверджується більша варіативність масивів кардіоінтервалів в осіб із високою вихідною частотою дихання, ніж у чоловіків із середнім її рівнем.

За результатами спектрального аналізу коливань УОК при регламентованому диханні вірогідних відмінностей за показниками VLF^{sv} та LF^{sv} між типологічними групами не знайдено, хоча на частоті 0,11 Гц між значеннями медіанних спектрограм у осіб із ВЧД та СЧД існує значуща різниця. Значуще більше HF^{sv} в осіб із ВЧД (31,7 [22,5; 48,3] мл^2) у порівнянні з групою СЧД (25,5 [11,6; 34,8] мл^2) та НЧД (21,1 [15,1; 34] мл^2). Знову ж, як і в випадку з коливаннями т-R-R, такі зміни викликані як більшою варіативністю осциляцій УОК, так і значною амплітудою додаткових хвиль на частотах, кратних частоті основної хвилі.

Більша потужність коливань УОК при регламентованому диханні в осіб із ВЧД у порівнянні з чоловіками з СЧД може бути обумовлена як дещо більшим, хоча і не вірогідним, кровонаповненням органів грудної клітки, так і більш високим рівнем їх функціональних можливостей.

Перехід у вертикальне положення спричиняв перебудову структури коливань як ударного об'єму крові, так і тривалості інтервалу R-R в осіб всіх трьох типологічних груп (табл. 2). При цьому загальна потужність коливань т-R-R була значуще вищою у брадіпноіків (3191 [1725; 7708] мс^2) у порівнянні з нормопноіками (2176 [1009; 3082] мс^2) та не відрізнялась від рівня у тахіпноіків (2566 [1218; 3297] мс^2). HF та LF у брадіпноіків були вірогідно вищими, ніж у інших типологічних групах.

Значне переважання амплітуди коливань т-R-R в осіб із низькою частотою дихання третьої групи в діапазоні 0,04-0,15 Гц не можна пояснити тільки за рахунок зміщення дихальних хвиль на ці частоти (13 % осіб). Цілком можливо, що таке явище може бути, по-перше, наслідком більш значної активації симпатичної ланки вегетативної нервової системи, а, по-друге, будь-які впливи на низьких частотах (в тому числі і симпатичні) можуть викликати явище резонансу у брадіпноіків у більшій мірі за рахунок формування специфічної функціональної системи у них, ніж у осіб інших типологічних груп.

Міжгрупові відмінності у коливаннях УОК відмічені тільки у діапазоні дуже низьких частот. Найбільшою VLF була у тахіпноіків, меншою - у брадіпноіків, а найменшою – у нормопноіків.

Таким чином, при ортопробі різниці у структурі коливань гемодинаміки між представниками різних груп за частотою дихання у спокої деякою мірою нівелюються. В найбільшій мірі типологічні особливості за частотою дихання фізіологічних коливань гемодинаміки проявляються у спокої лежачи.

Амплітуда та хвильова структура коливань т-R-R у осіб III-ї групи при виконанні дозованого розумового навантаження має суттєві відмінності від представників інших груп (рис. 1).

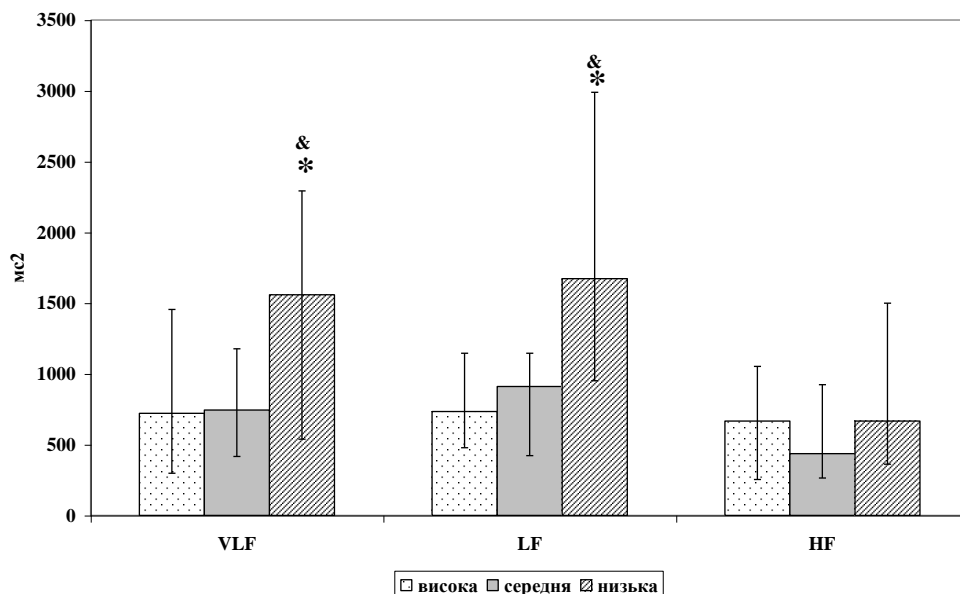


Рис. 1. Потужність коливань тривалості інтервалу R-R при розумовому навантаженні у стандартних частотних діапазонах в осіб різної типології дихання.

Примітка. * - $p < 0,05$ між групами осіб із НЧД та ВЧД; & - $p < 0,05$ між групами чоловіків із НЧД та СЧД

Брадіпноіки мали вірогідно вищий рівень VLF та LF при відсутності відмінностей у HF. Тому і HF_{norm} у них було достовірно менше, ніж у тахіпноіків. Це свідчить про більший рівень симпатичної активації у них, оскільки у всіх чоловіків частота дихання була в межах високочастотного діапазону серцевого ритму. Цілком можливо, при розумовому навантаженні відбувається засвоєння ритму робочих рухів і

цей ритм найближчий до звичної частоти дихальних осциляцій тахіпноїків. Тому і симпатична активація у них значно менша, ніж в осіб, котрі засвоюють незвичний їм ритм. Разом з цим, за об'ємом виконаної розумової роботи значущих відмінностей між різними групами не виявлено.

Це припущення підтверджується і результатами аналізу коливань УОК при розумовому навантаженні. Так, HF^{SV}_{norm} у тахіпноїків (71,73 [62,52; 83,18]%) не відрізнялась від її рівня у нормопноїків (78,73 [65,17; 84,48]%). В той же час цей показник був значуще меншим у брадіпноїків (65,67[50,1; 77,34]%) у порівнянні з особами середньої групи.

Таким чином, серед фізіологічних механізмів, які, ймовірно, є причиною відмінностей хвильової структури серцевого ритму в осіб із різним вихідним рівнем частоти дихання, можна виділити наступні:

1. Порівняно вищий рівень кровонаповнення органів грудної клітки в осіб із високою частотою дихання, що можна розцінювати як пристосування для більш ефективного газообміну в легенях внаслідок меншого рівня дихального об'єму в них;

2. Найвні відмінності у стані спокою в активності симпатичної нервової системи, яка може відобразитись на частоті дихання. Крім того, аналіз реактивності на різні збурення за законом Вільдера про вихідні величини в осіб різних типологічних груп буде необ'єктивним;

3. Можливий різний рівень вуглекислого газу в крові чи різна чутливість дихального центру до нього. За літературними даними [12] ці фактори суттєво впливають на ВСР;

4. Резонансні зміни на частотах, на котрих зазвичай здійснюється дихання. Останнє характерно для осіб з низькою частотою дихання, у яких реалізація дихання здійснюється у діапазоні дії спонтанного барорефлексу. Навіть при переміщенні частоти дихання у інші діапазони будь-який вплив (приміром, функціонування барорефлексу) у звичному діапазоні дихання викликає резонансне збільшення хвиль серцевого ритму;

5. В осіб із високим вихідним рівнем частоти дихання індивідуальна варіативність тривалості спіроциклів суттєво вище, ніж в осіб інших типологічних груп. Отже, поряд із домінуючим рівнем тривалості спірокомплексу у них можуть відбуватись подовжені інтервали між вдихами. У літературі є дані [13], що у нормі на 15 звичайних спіроциклів може спостерігатись один подовжений. Таке пристосування, цілком вірогідно, слугує для додаткової вентиляції легенів.

Висновок

Особи із низькою та високою частотою дихання у стані спокою мають відносно вищу амплітуду коливань тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові в діапазоні 0,04-0,15 Гц, ніж нормопноїки. У брадіпноїків це обумовлюється переходом дихальної періодики в даний частотний діапазон та вищим рівнем активації парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи, а в тахіпноїків – цілим рядом факторів: відносно більшим рівнем кровонаповнення органів грудної клітки, збільшенням симпатичних впливів на серце та підвищенням спонтанної барорефлекторної чутливості. При дозованих навантаженнях, навпаки, відносно більша симпатична активація спостерігається у брадіпноїків.

Література

1. Коваленко С. О. Варіабельність серцевого ритму. Методичні аспекти. / С. О. Коваленко, Л. І. Кудій – Черкаси : Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. – 298 с.
2. Березовский В. А. Исследование функции внешнего дыхания у близнецов в условиях измененной газовой среды / В. А. Березовский, Т. В. Серебровская., П. Ю. Липский // Физиол. журн. – 1981. – Т. 27, №1. – С. 20-25.

3. Сергиенко Л. П. Основы спортивной генетики / Л. П.Сергиенко. – К.: Вища школа, 2004. – 631 с.
4. Цибенко В. О. Особливості регіонарної гемодинаміки у людей з різними типами кровообігу / В. О.Цибенко, О. В.Грищенко // Физиол. журн. - 1995. - Т.41, №1-2. - С. 8-13.
5. Коваленко С. О., Кудій Л. І., Калениченко О. В. Варіабельність серцевого ритму у людей з різною частотою дихання//Фізіологічний журнал. – 2004. – Т.50, №6. – С.43-47.
6. Макаренко М. В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн. – 1999. – Т.45, №4. – С. 125-131.
7. Коваленко С. О., Яковлев М. Е. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання („CASPICO”). Авторське свідоцтво України №11262 – 54 с. – Укр.. – Деп. в УААСП 4.10.2004. – Реф. у офіційному бюлетені „Авторське право і суміжні права” – 2005. - №6. – С.338.
8. Вест Дж. Физиология дыхания. Основы / Дж.Вест. – М.: Мир, 1988. – 200 с.
9. Анохин П. К. Общие принципы формирования защитных приспособлений организма // Вестник АМН СССР. – 1962. – Т.17, №4. – С.16-26.
10. Коваленко С. О., Токар С. І. Хвильова структура коливань ударного об'єму крові та RR-інтервалів у діапазоні низьких частот серцевого ритму//Фізіол. журн. –2007. – Т.53, №2. – С.36-40.
11. Wiesenack C. et al. Stroke volume variation as an indicator of fluid responsiveness using pulse comtour analysis in mechanically ventilated patients // Anesth Analg. – 2003. – V.96, №5. – P.1254-1257.
12. Мищенко В. С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В. С.Мищенко, Е. Н.Лысенко, В. Е.Виноградов. – К.: Науковий світ, 2007. – 351 с.
13. Словарь-справочник по физиологии и патофизиологии дыхания / Под общ. ред. В. А. Березовского. – К.: Наукова думка, 1984. – 256 с.

References

1. Kovalenko S. O., Kudii L. I. (2016). Heart Rate Variability. Methodical aspects. Cherkasy: Cherkas'kyu natsional'nyu universytet im. B. Khmel'nyts'koho. 298p (In Ukr.)
2. Berezovskyi V. A , Serebrovskaia T.V., Lypskyi P. Y. (1981). Examination of the function of external respiration in twins under conditions of a changed atmosphere.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)* . , 27 (1), 20-25 (in Rus.)
3. Sergienko L. P. (2004). Fundamentals of sports genetics. K .: Vishcha school, 631 (in Rus.)
4. Tsibenko V. O. (1995). Specificity of the regimorary hemodynamics in people with rare blood types. *Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)* . , 41 (1-2), 8-13 (In Ukr.)
5. KovalenkoS. O., Kudii .L. I., KalenychenkoO. V. (2004).Heart rhythm variability in individuals with different respiration frequency.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)* . , 50 (6), 43-7(In Ukr.)
6. Makarenko, M. V. (1999). Method of estimation of individual neurodynamic characteristics of higher nervous activity in man.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)* . , 45 (4), 123-131 (in Ukr.)
7. Kovalenko, S. O. Yakovlev, M. Ye. (2005). The computer program for registration and analysis of heart rate and respiration („CASPICO”). The author testimony of Ukraine №11262, Abstract in the official journal "Copyright and Related Rights", 6. 338. (in Ukr.)
8. West J. (1988). Physiology of breathing. Basics.Moscow: Mir, 200 (in Rus.)
9. Anokhin P. K.(1962). General principles of the formation of protective adaptations of the organism. Bulletin of the Academy of Medical Sciences of the USSR, 17 (4), 16-26 (in Rus.)
10. Kovalenko S. O., Tokar S. I. (2007). The wave structure of the stroke volume and RR-interval oscillations in the low wave range of the heart rhythm.*Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)* . , 53 (2), 36-40 (in Ukr.)
11. Wiesenack C. et al. (2003). Stroke volume variation as an indicator of fluid responsiveness using pulse comtour analysis in mechanically ventilated patients. *Anesth Analg.*, 96 (5), 1254-1257.
12. Mishchenko V. S., Lysenko E. N., Vinogradov V. E. (2007). Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to stressful physical training in sports. K .: Naukova's World, 351 (in Ukr.)
13. Berezovsky V. A. (1984). Dictionary-reference book on the physiology and pathophysiology of breathing. K .: Naukova dumka, 256 (in Rus.)

Kudii L. I., Rybalko A. V., Zaporozhets T.V. Wave structure of hemodynamic indicators by the different level of the respiratory rate in men

Introduction. It is expedient to investigate the features of wave structure of the oscillations of the stroke volume (SV) and duration of R-R interval by the different level of the main vegetative indicators such as respiratory rate and volume of cardiac output which are considered to be constant for each person according to the data of many studies.

Purpose. To find out the features of the wave structure of oscillations of SV and duration of R-R interval in healthy young men with a different level of respiratory rate.

Methods. The measurements are carried out on 120 healthy young men aged from 17 to 23 years. By the distribution of the initial value of the Mo duration of respiratory cycle men were divided into 3 groups: tachypnea (39 men) – with abnormally rapid breathing, normopnea (62 men) – with normal respiratory rate and bradypnea (19 men) - with abnormally slow breathing. Time series were analyzed with five-minutes implementations of successive stroke volume and R-R duration in the “Caspico” program. For the duration of cardiocycles were distinguished 3 main spectral components: HF (0,15-0,4 Hz), LF (0,04-0,15 Hz), VLF (0-0,04 Hz) and total power of the spectrum (TP), the power of high frequency oscillations in normalized units (HFnorm). These indicators for SV were respectively HF^{sv} , LF^{sv} , VLF^{sv} , TP^{sv} and $HFnorm^{sv}$.

Results. People with low and high frequency of breathing in a state of rest are characterized by the relatively higher amplitude of oscillations of duration of R-R interval and stroke volume in the range of 0,04-0,15 Hz than normopnea. By bradypnea it is stipulated by a violation of respiratory periodicals in this frequency range and higher level of activation of parasympathetic link of the vegetative nervous system, by tachypnea it is stipulated by a number of factors: relatively higher level of blood-filling of organs in thorax, increase of sympathetic effects on the heart and increase of spontaneous baro-reflex sensitivity. By dosed load it is vice verse – relatively larger sympathetic activation is observed by bradypnea.

Conclusion. Taking into account the output frequency of breathing can significantly improve the diagnostic value of the methods for analyzing of the variability of the stroke volume and heart rate.

Keywords: heart rate variability, respiratory frequency.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержаноредакцією 18.03.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

ВИКОНАННЯ КОМБІНОВАНОГО ТЕСТУ ІЗ ЗАВДАННЯМИ СТРУПА, ПОФФЕНБЕРГА, СПЕРРІ У НАВ'ЯЗАНОМУ ТА ДОВІЛЬНОМУ РЕЖИМАХ

У обстеженні застосовано комбінований тест із завданнями Струпа, Поффенберга, Сперрі. Ефект Струпа дозволяє оцінити рівень довільної уваги. За завданням Поффенберга можна оцінити міжпівкульне передавання інформації. Подразник (слово «зелений» або «червоний», написане відповідним або невідповідним кольором) пред'являвся праворуч або ліворуч від центру екрану. У випадку збігу кольору слова і його семантичного значення потрібно було натискати клавішу імпілатеральною рукою (відповідь «так»), розбіжності – контралатеральною рукою (відповідь «ні»). У попередніх дослідженнях нами було виявлено, що відповіді «так» надаються швидше, ніж відповіді «ні», як правою, так і лівою рукою. Порівняння латентних періодів реакції однойменних відповідей обох рук показало, що відповіді «так» надаються швидше правою рукою, а відповіді «ні» – лівою, внаслідок чого різниця латентних періодів реакції між «так» і «ні» для лівої руки менша, ніж для правої. Це вказує на легше перенесення інформації із лівої півкулі у праву, ніж у зворотному напрямку. Версія тесту, яка була використана в попередньому дослідженні, створена під операційну систему DOS. В даному дослідженні була застосована як стара, так і нова версія тесту, розроблена нами під операційну систему MS Windows. Основною її відмінністю від попередньої є застосування довільного режиму пред'явлення подразників, при якому у обстежуваного не виникає відчуття нестачі часу. Виявлено, що при виконанні тесту за умови нав'язаного режиму подавання стимулів у порівнянні з довільним режимом допускається значно більша кількість помилок, хоча латентні періоди реакцій на подразники однакові, що вказує на більшу складність нав'язаного режиму. Характер відповідей як при нав'язаному, так і при довільному режимі залишається однаковим. Це означає, що за обома тестами визначаються показники одних і тих самих функцій. Рекомендується використовувати тестування у нав'язаному режимі для моделювання і дослідження стресового стану організму, а довільному режимі – для звичайного стану.

Ключові слова: завдання Струпа, завдання Поффенберга, нав'язаний режим, довільний режим.

Постановка проблеми. В сучасних умовах інтенсифікації розумової праці, темпу життя зростає психоемоційне та соціальне напруження, яке може загрожувати не лише особистості, але і суспільству. З метою запобігання або хоча б зменшення таких негативних чинників все більшого значення набуває системне дослідження властивостей психофізіологічних функцій. Розробкою таких методик займаються у різних країнах світу, враховуючи національні особливості, потреби, стандарти [1, 2, 3]. Розвиток нових комп'ютерних технологій вимагає створення нових адекватних методик, які б могли використовуватись як для наукових досліджень, так і для практичних цілей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження виконавчих функцій надзвичайно важливе як з теоретичної точки зору, так і в медичній практиці [2, 3]. Одним із найпоширеніших методів вимірювання таких функцій є дослідження ефекту Струпа [4]. За парадигмою Поффенберга досліджують міжпівкульне перенесення інформації. У нашому попередньому дослідженні була використана методика, за якою ефект Струпа фактично «накладається» на ефект Поффенберга [5]. При цьому, ймовірно, був відкритий базовий механізм міжпівкульної взаємодії за умов такого когнітивного навантаження, а саме легше перенесення інформації із лівої півкулі у праву, ніж у зворотному напрямку [6]. Подразники у цьому тесті подавались у

нав'язаному режимі. Різні режими пред'явлення сигналів є традицією української психофізіологічної школи [7, 8]. Такий підхід дозволяє оцінити різні функціональні стани мозку. Також відомо, що ефект Струпа чутливий до трьох основних факторів, серед яких є і часовий [9]. Нами було створено нову модифікацію програми під операційну систему MS Windows, що є вимогою часу, але яка подає стимули не у вимушеному, а у довільному режимі, тобто, без часової депривації.

Метою роботи стало порівняння виконання комбінованого тесту із завданнями Струпа, Поффенберга, Сперрі у нав'язаному та довільному режимах.

Методика

У обстежені взяли участь 54 особи (студенти ННЦ «Інститут біології і медицини», 30 правшів (15 жінок) і 24 лівшів (12 жінок) віком від 17 до 23 років.

У даному дослідженні проводилося порівняння двох версій одного тесту. Перша версія тесту була створена під операційну систему DOS (тест 1 (Т1)). Результати, одержані за цим тестом, вже були опубліковані раніше [6]. Друга версія тесту розроблена нами під операційну систему MS Windows (тест 2 (Т2)). Тому одним із завдань було встановити, чи узгоджуються результати, одержані з використанням обох версій.

Т1 базується на одночасному пред'явленні подразників, що відносяться до різних сигнальних систем [5]. Кожен обстежуваний виконував три субтести: тренувальний, на функціональну рухливість нервових процесів (ФРНП) та на працездатність головного мозку (ПГМ). У тесті пред'являють слова "КРАСНЫЙ" або "ЗЕЛЁНЫЙ", які написані на чорному фоні екрану червоним або зеленим кольором і експонуються ліворуч або праворуч від центру екрана. Порядок пред'явлення подразників і часовий інтервал між сусідніми пред'явленнями (0.4...1.8 с) варіюють у псевдовипадковому контрзбалансованому порядку. У випадку збігу кольору слова і його семантичного значення необхідно реагувати рукою з боку появи сигналу – натискати на клавіатурі комп'ютера клавішу іпсилатеральною рукою (відповідь «так»), в разі розбіжності – натискати іншу клавішу протилежною рукою (відповідь «ні»). У другому субтесті робота побудована за принципом „зворотного зв'язку”, тобто, досліджується ФРНП. Критерієм досягнення максимальної для обстежуваного швидкості роботи є мінімальний час експозиції, який не вдалося зменшити протягом наступних 30-ти пред'явлень, тобто обстежуваний допускав більше 50% помилок. Проходження цього субтесту необхідне для виконання наступного, результати якого і досліджувались в даній роботі. Завдання субтесту аналогічне, але на підставі визначеної ФРНП досліджується ПГМ. Обстежувані працювали з постійним часом експозиції сигналів, який дорівнював мінімальному часу експозиції, досягнутому в субтесті на визначення ФРНП, із додаванням 200 мс. Загальна кількість пред'явлених сигналів дорівнювала 240. Вимірювались латентні періоди (ЛП) сенсомоторних реакцій кожної руки і кількість помилок (КП), допущених кожною рукою.

У Т1 подразники подаються у нав'язаному режимі, тоді як у Т2 – в довільному (час очікування наступного подразника псевдовипадковий контрзбалансований в інтервалі від 1,5 до 2,0 с, тобто, досить довгий, не створює для обстежуваного часової депривації). Перед появою подразника на короткий проміжок часу (160 мс) по центру екрана з'являється білий хрестик для привертання уваги і фокусування зору обстежуваного. Загальна кількість пред'явлених сигналів дорівнювала 160. Порядок пред'явлення подразників варіює у псевдовипадковому порядку. Слова можна пред'являти різними мовами. У даному дослідженні була використана українська або російська мова (рідна мова, на вибір обстежуваного). Близько 80% обстежуваних виявили бажання проходити тест російською мовою.

Статистичний аналіз результатів проводився за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (Statsoft, USA, 2001). Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Ліліфора, який є модифікацією тесту Колмогорова - Смірнова. Оскільки субтести проходили одні і ті ж самі обстежувані, а розподіл частини параметрів за критерієм Ліліфора був відмінний від нормального, для множинного порівняння груп було використано ранговий дисперсійний аналіз Фрідмана. Всі величини ефектів часткової ета в квадраті (partial eta squared, η_p^2) були розраховані з використанням ANOVA. Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p=0,05$. ЛП реакцій аналізувались 3×2 повторними вимірюваннями ANOVA з факторами: Тест («нав'язаний» проти «довільного»), Рука («ліва» проти «правої»), Тип відповіді («так» проти «ні»). Враховувались також кофактори статі і право-ліворукості. Для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона (критерій T). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p=0,05$.

Результати та їх обговорення.

Аналіз ANOVA показав, що за ЛП реакцій не виявлено відмінностей при проходженні T1 і T2. $F(1, 47)=,13934$, $p=,71062$ $\eta_p^2=0,003$ (рис.1).

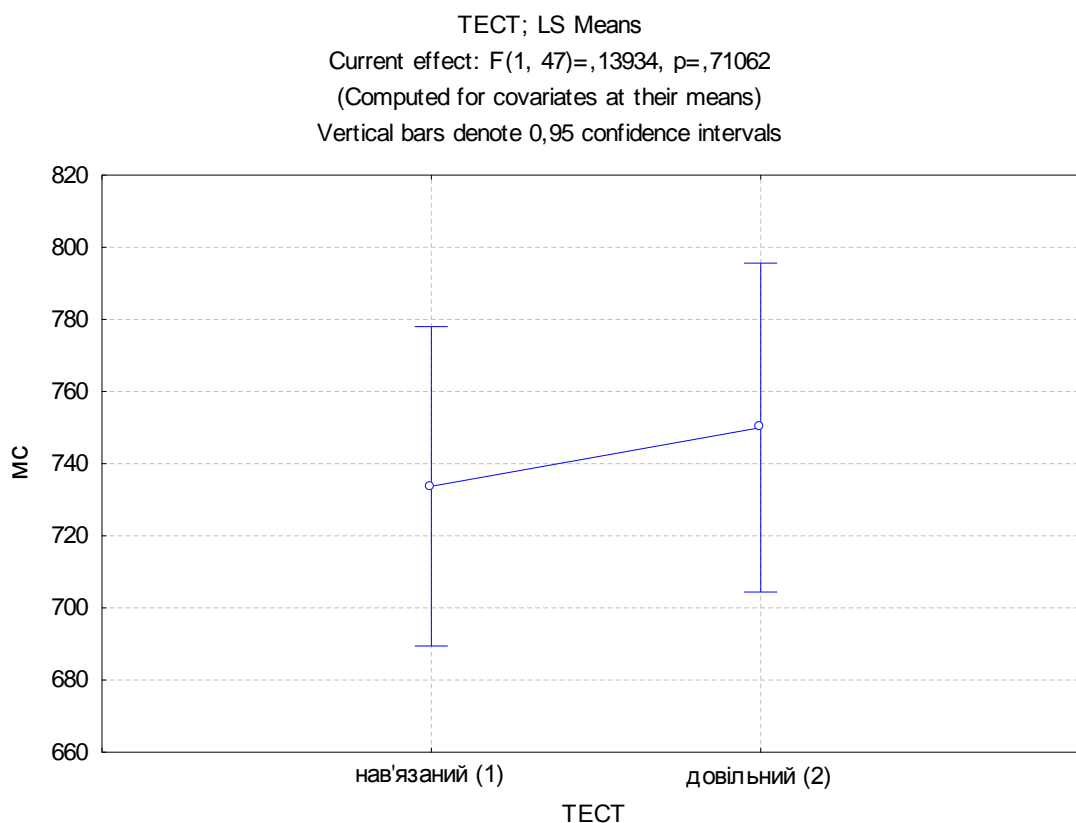


Рис.1. Аналіз ANOVA ЛП реакції по групі в цілому ($n=54$). $F(1, 47)=0,139$, $p=0,711$ $\eta_p^2=0,003$

Примітки: 1- тест у нав'язаному режимі; 2 – тест у довільному режимі рідною мовою (українська або російська).

При цьому виявилось, що правші мали довші ЛП реакцій у T2, ніж у T1, тоді як у лівшів відмінностей за ЛП реакцій при проходженні обох тестів не було ($F(1, 47)=4,323$, $p=,0431$, $\eta_p^2=0,084$) (рис.2). Такий результат дещо несподіваний і потребує подальшого дослідження.

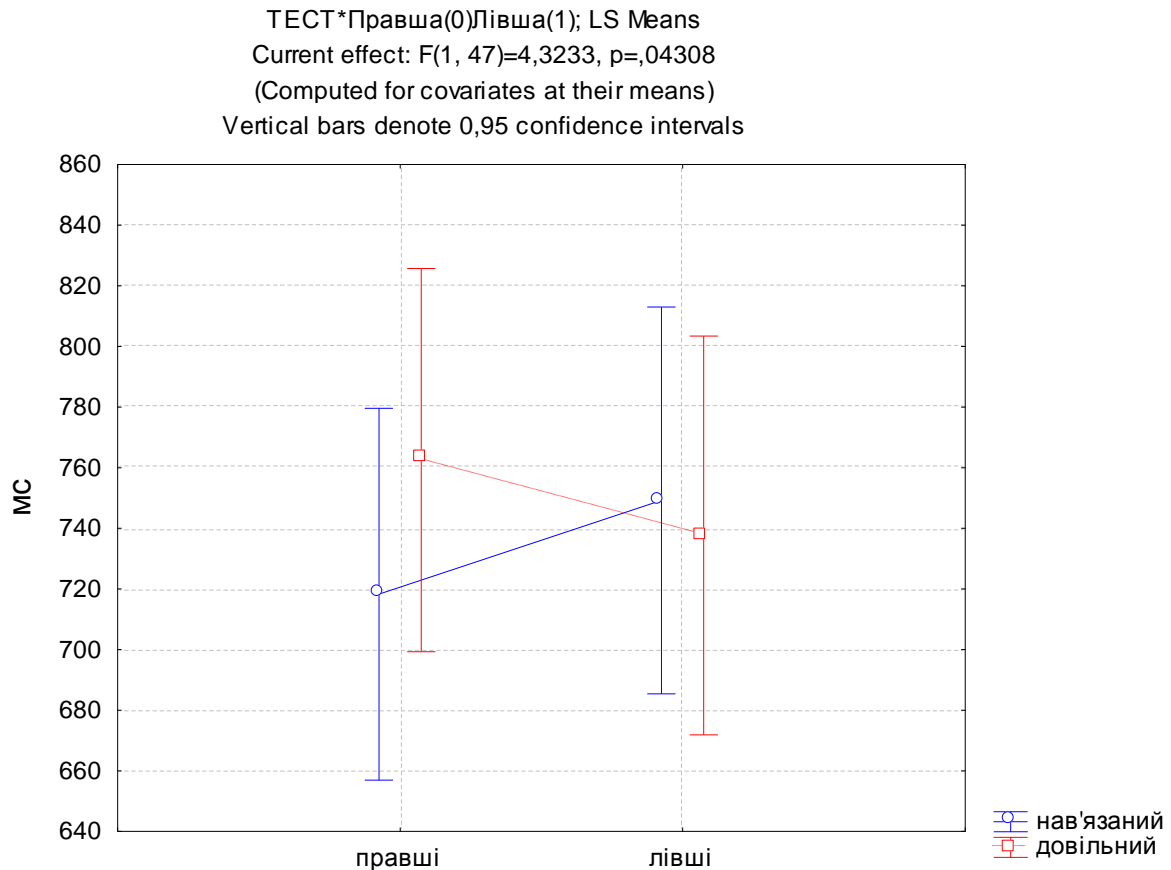


Рис.2. Аналіз ANOVA ЛП реакції правшів і лівшів при проходженні тесту у навіязаному і довільному режимах ($n=54$). Ефект взаємодії факторів Тест (навіязаний проти довільного) і Мануальна асиметрія («правші» проти «лівші»), $F(1, 47)=4,323$, $p=,0431$, $\eta^2=0,084$.

Реакції «так» здійснюються швидше, ніж реакції «ні» ($F(1, 47)=85,293$, $p=,000$, $\eta^2=0,645$), тобто, наявний ефект Струпа. За аналізом ЛП реакцій виявлений ефект взаємодії між Типом відповіді («так» проти «ні») і Рукою (права проти лівої) ($F(1,47)=13,489$, $p=,00061$, $\eta^2=0,223$). Інших статистично значущих ефектів не виявлено. Це узгоджується із нашими попередніми результатами і вказує на базовий характер виявленого механізму міжпівкульного перенесення інформації [6]. В одному із досліджень були отримані схожі результати [10]. Правда, дослідники дещо не очікували отримати такі дані, і їх інтерпретація викликала певні труднощі. Відмінність полягала в тому, що за нашим тестом «накладання» ефекту Струпа надає можливість подавати стимули бімануально, тоді як використання «чистої» парадигми Поффенберга дозволяє робити це лише для кожної руки окремо із послідовними блоками пред'явлення подразників. За таких умов (без тесту Струпа) і ЛП реакцій виявляються майже вдвічі коротшими.

За КП була отримана дуже велика різниця для T1 та T2 ($F(1, 47)=235,81$, $p=0,0000$, $\eta^2=0,834$).

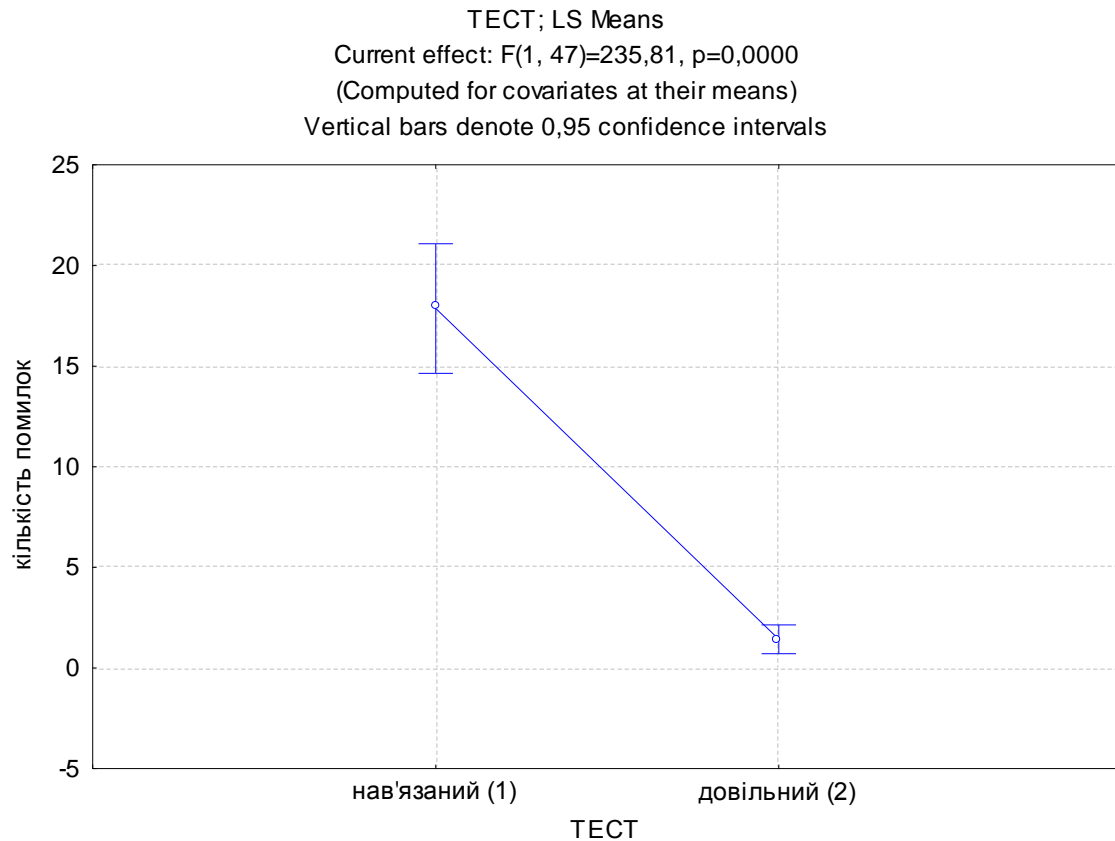


Рис.3. Аналіз ANOVA КП при проходженні тесту у нав'язаному і довільному режимах ($n=54$). $F(1, 47)=235,81, p=0,0000, \eta^2=0,834$.

Хоча в Т1 враховуються індивідуально-типологічні особливості обстежуваного, оскільки визначається функціональна рухливість нервових процесів і на її основі розраховується час експозиції сигналів при тестуванні працездатності, проте, вочевидь, такий режим пред'явлення подразників є достатньо стресорним, оскільки проявляється у великій кількості помилок. Це не означає, що Т1 гірший за Т2. По суті обидва тести дали однакову картину за ЛП реакції, тобто, програми, написані різними програмістами і на базі різних операційних систем, показують фактично одні і ті ж результати. Таке узгодження можна вважати великою удачею. Адже воно свідчить про валідність обох тестів. Т1 можна рекомендувати застосовувати тоді, коли необхідно виявити типологічні особливості людини, як-то при профвідборі. Також Т1 можна застосовувати тоді, коли потрібна велика КП. Так, було показано, що за КП можна говорити про розташування центрів, які ці помилки виявляють або контролюють [6]. Т2 придатний до використання міжпівкульної взаємодії в спокійних, не стресових умовах.

КП при відповідях «так» менша, ніж при відповідях «ні» ($F(1, 47)=10,683, p=,00203, \eta^2=0,185$). Виявлений також ефект взаємодії між факторами Тест (нав'язаний проти довільного) і Тип відповіді («так» проти «ні») ($F(1, 47)=17,345, p=,00013, \eta^2=0,269$). При виконанні Т1 КП при наданні відповідей «так» менша, ніж відповідей «ні», а при виконанні Т2 такої різниці немає (рис.4).

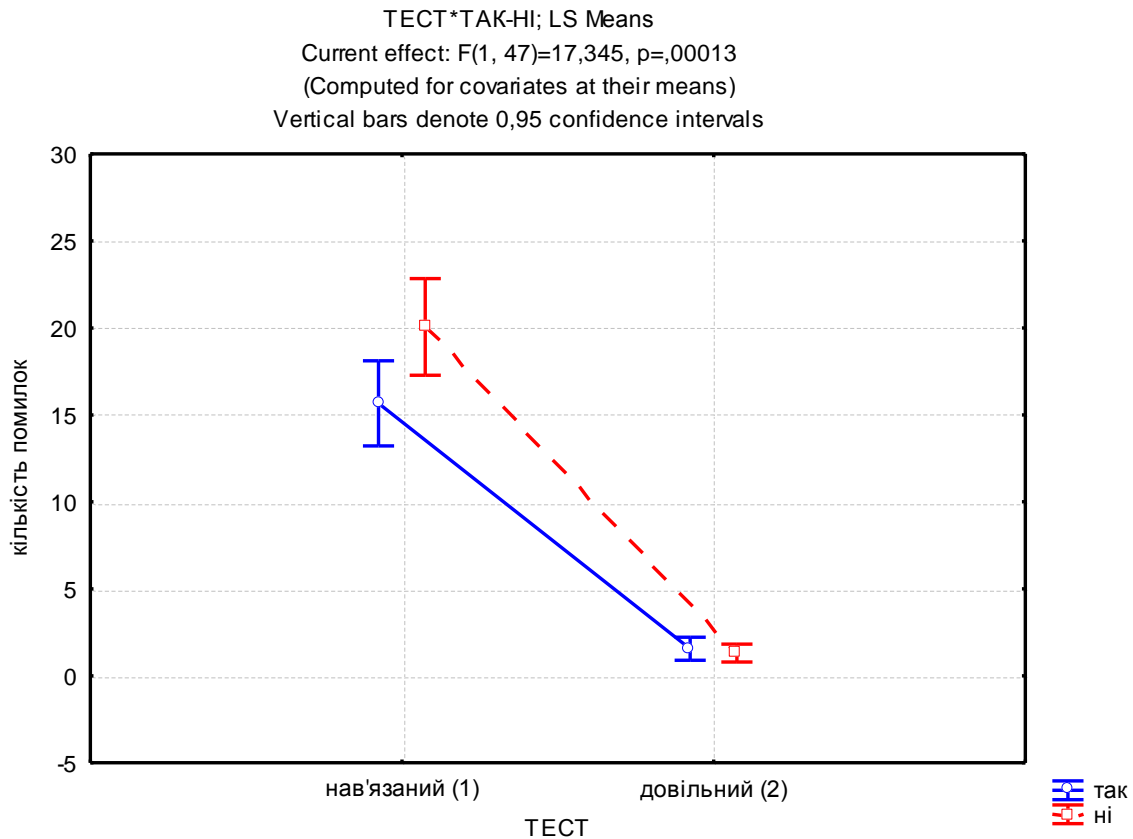


Рис.4. Аналіз ANOVA КП при проходженні тесту у нав'язаному і довільному режимах (n=54). Ефект взаємодії факторів Тест («нав'язаний» проти «довільного») і Тип відповіді («так» проти «ні») ($F(1, 47)=17,345, p=,00013, \eta^2=0,269$).

Аналіз ANOVA, проведений окремо для T2, показав відсутність відмінності у кількості помилок на «так» і «ні», на відміну від тесту у нав'язаному режимі. Раніше припускалось, що за помилковими реакціями можна досліджувати, в якій півкулі знаходять центри їх контролю[6]. Отже, T2 стає нечутливим до виявлення цього показника за КП, на відміну від T1 із застосуванням стресового режиму. На противагу, ЛП реакцій залишаються чутливими показниками для дослідження механізмів міжпівкульного перенесення інформації при застосуванні обох тестів.

Висновки

При виконанні комбінованого тесту із завданнями Струпа, Поффенберга, Сперрі за умови нав'язаного режиму подавання стимулів у порівнянні з довільним режимом допускається значно більша кількість помилок, хоча латентні періоди (ЛП) реакцій на подразники однакові, що вказує на більшу складність нав'язаного режиму подавання подразників.

Характер відповідей як при нав'язаному, так і при довільному режимі залишається однаковим (за порівнянням ЛП одноіменних відповідей обох рук, відповіді «так» надаються швидше правою рукою, а відповіді «ні» - лівою як у правшів, так і у лівшів. Внаслідок цього різниця ЛП реакції між «так» і «ні» для лівої руки менша, ніж для правої, як для правшів, так і для лівшів). Це означає, що за обома тестами визначаються показники одних і тих самих функцій, і у подальших дослідженнях можна використовувати тестування у довільному режимі.

Рекомендується використовувати тест у нав'язаному режимі для моделювання і дослідження стресового стану організму, наприклад, при проведенні профвідбору, а у довільному режимі – для оцінки звичайного стану.

Література

1. Макаренко М. В., Савицький В. Л., Лизогуб В. С. Типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи і успішність льотного навчання// Вісник Черкаського університету. Серія : Біологічні науки. – 2017. – № 1. – С. 66-71.
2. Scarpina F., Tagini S. The Stroop Color and Word Test//Front Psychol. – 2017. – 8: 557.
3. <https://www.stoeltingco.com/stroop-color-word-test-kit-for-adults-2284.html>
4. Van der Elst W, Van Boxtel MP, Van Breukelen GJ, Jolles J. The Stroop color-word test: influence of age, sex, and education; and normative data for a large sample across the adult age range.//Assessment. – 2006. – Vol.13, №1. – P.62-79.
5. Костенко С. С. Оцінка діяльності першої та другої сигнальних систем людини / Костенко С. С., Локтева Р. К. // Вісн. Київ. ун-ту. Біологія. – 2000. – Вип. 32. – С. 31-34.
6. Куценко Т. Міжпівкульне перенесення інформації при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки у правшів і лівшів//Вісник Черкаського університету (серія Біологічні науки). – 2017. – №1 – С.37-47.
7. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Малюга В. М., Панченко В. М. Сенсомоторна реактивність за умов виконання складних розумових навантажень з переробки зорово-слухової інформації у людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи//Вісник Національного університету оборони України. – 2013. – Т.1, № 32. – С. 229-235.
8. Чайченко Г.М., Томилина Л.И. Психофизиологический рейтинг как показатель эффективности умственной деятельности//Физиол. человека. – 1995. – Т.21, №2. – С.30-36 .
9. Jensen A. R. Scoring the Stroop test //Acta Psychologica. – 1965. – №24. – P.398-408.
10. Howe E. Hemispheric interaction in simple reaction time as a function of handedness// The Plymouth Student Scientist. – 2009. – Vol.2, № 1. – P.90-107.

References

1. Makarenko, M.V., Savitsky, V.L., Lizohub, V. S. (2017). Typological properties of higher central nervous system and success at flying training. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. (Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*. 1, 66-71. (in Ukr).
2. Scarpina, F., Tagini, S. (2017). The Stroop Color and Word Test. *Front Psychol.* 8, 557.
3. <https://www.stoeltingco.com/stroop-color-word-test-kit-for-adults-2284.html>
4. Van der Elst, W, Van Boxtel, MP, Van Breukelen, GJ, Jolles, J. (2006). The Stroop color-word test: influence of age, sex, and education; and normative data for a large sample across the adult age range. *Assessment*. 13(1), 62-79.
5. Kostenko, S.S., & Loktieva, R.K. (2000). Assessment of first and second signal systems activity in humans. *Visnyk Kyivskogo universytetu, Biologiya (The Bulletin of Kyiv University, Biology)*. 32, 31-34. (in Ukr).
6. Kutsenko, T. (2017). Interhemispheric transfer of information in performance of complex Stroop test involving spatial properties by right- and left-handers. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. (Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*. 1, 37-47. (in Ukr).
7. Makarenko, M.V., Lizohub, V. S. Malyuga, V.M., Panchenko, V.N. (2013). Sensorimotor reactivity under mental stress perform complex processing visual and auditory information in people with different individual-typological characteristics of the higher parts of the central nervous system. *Visnyk natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy (Bulletin of the National Defense University of Ukraine)*. 1 (32), 229-235. (in Ukr).
8. Chaichenko, G. M., Tomilina, L.I. (1995). Psychophysiological rating as an indicator of the effectiveness of mental activity. *Fiziologiya cheloveka (Human physiology)*. 21, 2, 30-36. (in Rus).
9. Jensen, A. R. (1965). Scoring the Stroop test. *Acta Psychologica* 24, 398-408.
10. Howe, E. (2009). Hemispheric interaction in simple reaction time as a function of handedness. *The Plymouth Student Scientist*, 2, (1), 90-107.

Summary. Kutsenko T., Nasiedkin D. Performance of the combined test with the tasks of Stroop, Poffenberger, Sperry in the forced and voluntary regimes.

Introduction. Elaboration of new methods of investigation of executive functions and their implementation in new computer technologies is a challenge of our time. Different regimes of stimuli presentation are sensitive to assessment of functional state of nervous system.

Purpose. The aim of research was to compare performance of the combined test with the tasks of Stroop, Poffenberger, Sperry in the forced and voluntary regimes.

Methods. The study involved 54 students of educational-scientific center "Institute of Biology and Medicine" of both genders – 30 right-handed (15 women) and 24 left-handed (12 women). Stimuli (the word "Green" or "Red" written in relevant or irrelevant color) were exposed on the right or left from the center of the screen. In the case of congruence the word and its semantic meaning should press one button by the ipsilateral hand ("yes"), while in the case of mismatch – the other button by the contralateral one ("no"). There were used two tests. In Test 1 stimuli were exposed in the forced regime, while in the Test 2 – in voluntary, without time deprivation.

Results. It was appeared that latent period (LP) of reactions for both tests didn't differ. The structure of answers was the same for both tests as well and is in accordance with our previous results (comparison of latent period of reactions of similar responses of both hands showed that answer "yes" is faster for the right hand and answer "no" – for the left one, so that the difference in latent period between "yes" and "no" for the left hand is shorter than for the right one). This points out to easily transfer of information from the left hemisphere to the right one than in the opposite direction. Errors quantity was dramatically higher while passing Test 1. This means that forced regime is highly stressful for subjects and is recommended only in special cases, such as professional selection.

Originality. It was created a new modification of combined test with the tasks of Stroop, Poffenberger, Sperry, written for MS Windows operative system. There is proved the validity of results obtained with use of this test, according to which information more easily transfer from the left hemisphere to the right one than in the opposite direction.

Conclusion. When performing a combined test with the tasks of Stroop, Poffenberger, Sperry, under the condition of the forced stimulus regime, a significantly greater number of errors is made in comparison with the voluntary regime, although the latent periods of the stimuli responses are the same, indicating a greater complexity of forced stimulus regime. The nature of the responses, both in the forced and in the voluntary mode, remains the same. This means that by the both tests are measured indices of the same functions.

Keywords: task of Stroop, tasks of Poffenberger, forced regime, voluntary regime

***Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

****Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка, Київ**

Одержаноредакцією 23.04.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

УДК. 612.821

В. С. Лизогуб, Н. П. Черненко,
А. А. Палабійк*, С. В. Безкопильна

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-1-70-79

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗА УМОВИ ПЕРЕРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ З РІЗНОЮ ШВИДКІСТЮ ПРЕД'ЯВЛЕННЯ ПОДРАЗНИКІВ

Представлена методика дослідження та оцінки розумової працездатності у обстежуваних 19-20 років за умови переробки різномодальної інформації в режимі Go/Nogo/Go з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред'явлення подразників за замкнутим циклом. Встановлено, що розумова працездатність під час переробки інформації на геометричні фігури вища, ніж на вербальні сигнали. Доведено інформаційна надійність індексу розумової працездатності, коефіцієнту ефективності РП, а також показника мобілізації функціональних резервів, які розраховані для геометричних фігур та вербальних подразників за умови переробки інформації з поступовим підвищення та зниження швидкості пред'явлення сигналів. Доведено, що при виконанні розумової роботи по переробці інформації в режимі реверсу показники індексу розумової працездатності, коефіцієнту ефективності, а також рівень мобілізації функціональних резервів на вербальні подразники у юнаків були вищі, ніж на геометричні фігури. Запропонована методика визначення розумової працездатності та її індексу, коефіцієнту ефективності, а також рівня мобілізації функціональних резервів під час переробки інформації різної модальності та складності у тесті з реверсом свідчить на користь їх самостійної інформативності і з їх допомогою можна оцінювати різні сторони розумової працездатності та системної мобілізації функціональних резервів головного мозку.

***Ключові слова:** розумова працездатність, переробка інформації, функціональні резерви, реверс швидкості*

Актуальність. Всесвіт став дуже складний і важким для тих, хто у ньому живе. Довкола дуже багато подій за одиницю часу. Життя не таке повільне і спокійне, як раніше – воно «божевільне». Однією з найважливіших особливостей сьогодення є лавиноподібне зростання дії на людину різних видів інформації. Тому, на сьогодні актуальність ефективного розв'язання проблеми психофізіологічного забезпечення переробки інформації зростає з кожним роком [4,5,7,13]. Розумова діяльність зв'язана з процесом прийому, збереження і переробки інформації, що вимагає напруження сенсорних систем, уваги, пам'яті, активації процесів мислення, емоційної сфери та вегетативних систем [6,15,17]. Для більшості видів розумової діяльності характерною рисою є прискорений темп, різке збільшення об'єму і різноманітності інформації та дефіцит часу для прийняття рішення, а також значна соціальна значимість прийнятих рішень та особиста відповідальність за ці рішення [9,16]. Все це приводить до зростання нервово-емоційної напруги і є однією з причин виникнення захворювань. Тому проблема дослідження і оцінки розумової працездатності (РП) та її механізмів вважається однією із найважливіших завдань психофізіології і прикладних наук [2,10]. Та, на жаль, можна констатувати, що її зміст не дивлячись на велике число досліджень у цьому напрямку, поки-що незадовільний. Відсутня стандартизована методика дослідження РП, якісні і кількісні характеристики її оцінки.

Тому для усунення такого недоліку ми висунули припущення та здійснили прийом коли кожний обстежуваний переробляв однакову за змістом інформацію з поетапним підвищенням і зниженням швидкості пред'явлення подразників. На нашу думку, виконання завдання по переробці інформації з реверсом швидкості дозволило нам, перш за все, підібрати оптимальний темп подачі сигналів, яка б відповідала закону Йоркса-Додсона [11, 19] та отримати інформацію про рівень РП, а також мобілізацію функціональних резервів і адаптивних реакцій головного мозку обстежуваних.

Отже, вищезазначене обумовило необхідність вивчення функціональних можливостей організму та дослідити їх РП на поетапне підвищення та зниження швидкості пред'явлення інформації.

Мета роботи – розробити методикау тестування та оцінки розумової працездатності під час переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників за замкнутим циклом.

Методика. Для визначення рівня РП ми використали підхід [1,12] та розробили методикау дозованого пред'явлення інформації з поступовим дискретним підвищенням та зниженням швидкості подачі подразників. Ця методика дає можливість виявити не тільки показники РП, а і адаптивні реакції та резервні можливості організму. Для визначення і оцінки РП ми використали нейрофізіологічний тест з випадковим і рівноваріантним пред'явленням стимулів Go (на які відповідь потрібна) і кондиціонуючий стимул Nogo (на які відповідь не потрібна).

Спочатку у 50 осіб (середній вік $20,4 \pm 1,2$ роки) на комп'ютерному пристрої «Діагност1М» в режимі «оптимального ритму» провели дослідження латентних періодів складної реакції вибору двох з трьох подразників (PB2-3) [4]. Визначення швидкості PB2-3 проводили для лівої та правої руки, окремо на геометричні фігури та вербальні стимули. Визначення часу на складні реакції диференціювання фігур PB2-3 для лівої і правої руки проводили у режимі GoR/Nogo/GoL. Обстежуваному пред'являли на екрані комп'ютера позитивні і гальмівні подразники у вигляді геометричних фігур (коло, квадрат і трикутник). Перед початком роботи обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності з якою необхідно було виконувати завдання у режимі GoL/NoGo/GoR: при появі на екрані фігури "коло" швидко натискати пальцем лівої руки на ліву кнопку, на "квадрат" - правою рукою на праву кнопку, а при пред'явлення "трикутника" - гальмівний подразник - не натискати на жодну з кнопок.

Для визначення швидкості реакції PB2-3 на пред'явлення вербальних подразників використовували групу слів (рослини, тварини, предмети). Обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності з якою необхідно було виконувати завдання у режимі GoL/NoGo/GoR і при появі на екрані слова "тварин" швидко натискати пальцем правої руки на праву кнопку, на "рослини" натискати пальцем лівої руки на ліву кнопку, а при пред'явлення "предметів" - гальмівний подразник - не натискати на жодну з кнопок. Реєстрували середній час здійснення реакції для лівої і правої руки, абсолютну і відносну (%) кількість помилок, статистичні показники переробки інформації.

Після визначення швидкості складних сенсомоторних реакцій приступали до тестування РП з реверсом у режимі GoL/NoGo/GoR. Спочатку проводили інструктаж і тренування на швидкостях пред'явлення подразників: 30, 40, 50 за хвилину. Це давало можливість обстежуваному не тільки концентрувати увагу на виконанні завдання, але й ознайомитися з ритмом подачі сигналів та загасити орієнтувальний рефлекс. Основне дослідження починали з фігур на швидкості 30 подразників за 1 хвилину. Потім швидкість пред'явлення подразників збільшувалась дискретно на 30 кадрів і переходили до 60, 90 і 120 і далі у тій же послідовності знижувалась. Закінчували роботу на швидкості 30 подразників за 1 хвилину. Після короткого відпочинку розумова робота з реверсом для випробовуваного повторювалась, але для переробки інформації були використані вербальні подразники.

Усього обстежувані послідовно виконували 7 серій. Час пред'явлення кожної серії був незмінний і тривав 30 секунд. Час виконання роботи по переробці інформації з реверсом становив 210 с. За цей час роботи кількість переробленої інформації для обстежуваних становила 240 подразників. Кількість помилок та їх відсоток для кожної швидкості висвітлювався на екрані і записували у протокол.

Результати дослідження були оброблені з використанням статистичних програм Statgraphics, Microsoft Excel.

Результати дослідження та їх обговорення. Були проведені дослідження на групі студентів і визначені показники, що характеризують кількісні та якісні показники переробки інформації: загальний час роботи, кількість помилок та пред'явлених сигналів. Встановили залежність швидкості пред'явлення сигналів у тесті та кількості помилок у тесті з поетапним підвищенням темпу подачі сигналів до її максимуму і поступовим зниження до мінімальної швидкості (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість помилок під час виконання розумової роботи по переробці різномодальної інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників за замкнутим циклом

№	Показники	Вид подразника			
		Фігури (трикутник, коло, квадрат)		Слова (предмети, рослини, тварини)	
		кількість помилок			
Швидкість, подр./хв.		Абсолютна	%	абсолютна	%
V ₁	30	0,2±0,08	1,3±0,7	1,2±0,3	6,3±1,7
V ₂	60	0,9±0,36	2,8±1,1	3,8±0,6	13,1±1,9
V ₃	90	3,1 ±0,61	6,5±0,9	15,6±1,4	31,0±3,0
V ₄	120	14,7±1,74	24,5±3,9	34,5±1,4	56,0±2,3
V ₅	90	3,2±0,85	6,3±1,6	14,4±1,4	29,8±3,0
V ₆	60	1,0±0,23	2,2±1,3	3,6±0,6	12,5±1,9
V ₇	30	0,4±0,06	0,4±0,5	0,6±0,2	3,1±1,1

Результати наведені у табл. 1 показали, що абсолютна і відносна кількість помилок знаходилась у залежності від швидкості пред'явлення подразників та їх модальності. Найбільшу кількість помилок обстежувані допускали на високій (90-120 подр./хв.) і значно менше на низькій швидкості – 60-30 подр./хв. Ще одна закономірність, яку ми виявили, була зв'язана з видом подразників. Кількість помилок при переробці інформації на фігури завжди була меншою, ніж на вербальні подразники. Крім того, за умови зростання швидкості пред'явлення подразників від 30 і 120 подр./хв. абсолютна і відносна кількість помилок була завжди більша, ніж під час зниження навантаження (рис1).

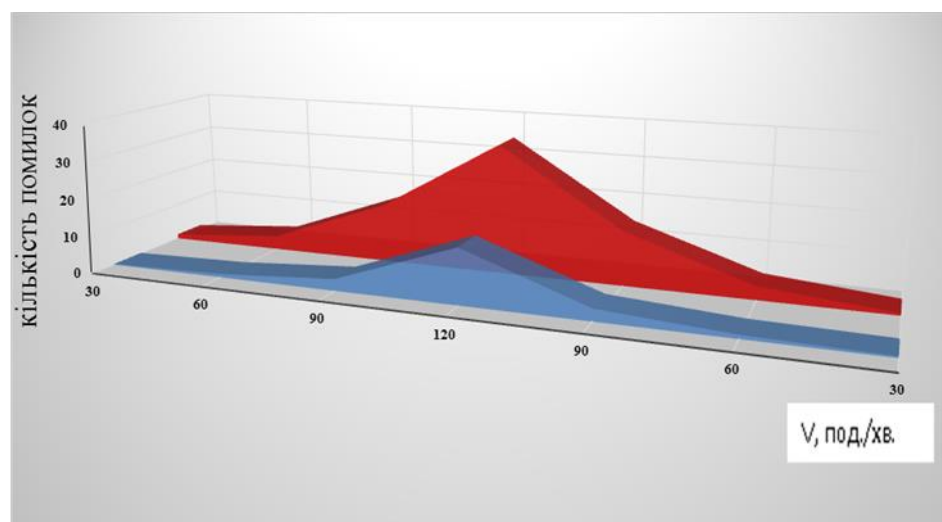


Рис. 1. Кількість помилок під час виконання розумової роботи по переробці інформації з різною швидкістю перд'явлення подразників за замкнутим циклом

Отже, за результатами тестування виявили залежність кількості помилок від швидкості пред'явлення подразників у вигляді петлі гістерезису. За умови аналізу петлі гістерезису виділили діагностичні ділянки і вирахували показники РП та отримали інформацію про адаптивні реакції та резервні можливості (рис 2.).

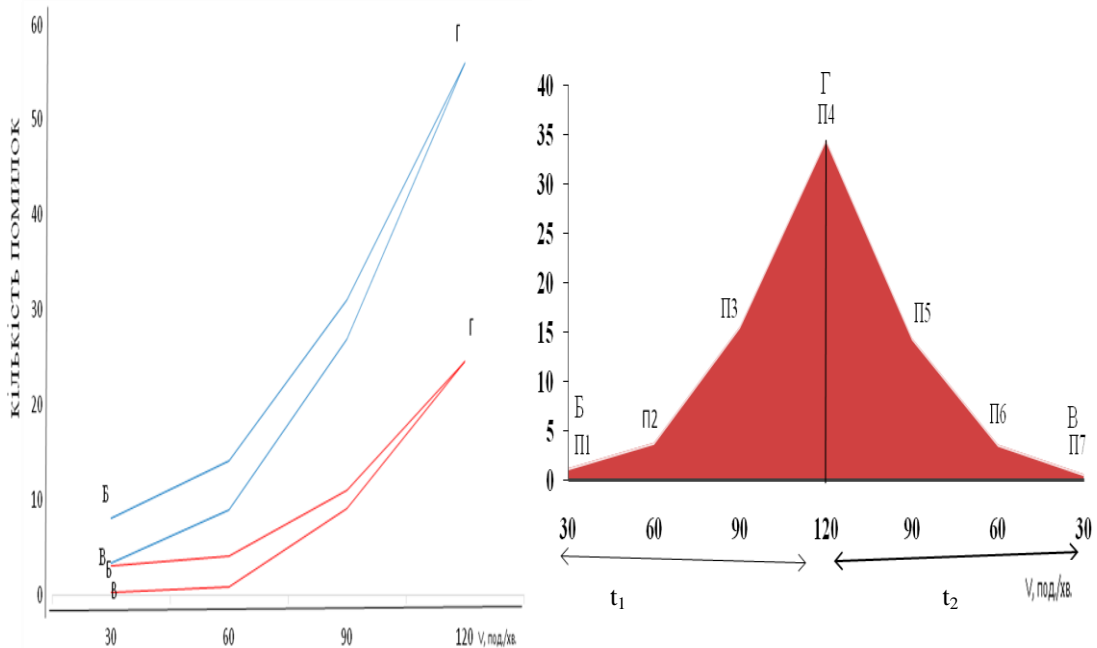


Рис.2. Зміна швидкості пред'явлення подразників у тесті та кількість помилок у період виконання роботи по замкнутому циклу:

де:де: t_1 – час роботи (t_1) на швидкості 30, 60, 90 та 120 подр/хв. (120 с.); $\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4$ - кількість помилок під час виконання розумової роботи з поступовим підвищенням швидкості пред'явлення подразників; t_2 – час роботи на швидкості 90, 60 та 30 подр/хв. (90 с.); ВГ- кількість помилок під час виконання розумової роботи з поступовим зниженням швидкості пред'явлення подразників.

Оскільки обидві петлі гістерезису, які побудовані за кількістю помилкових реакцій на фігури і слова, характеризуються однаковою кількістю пред'явлених подразників та часу виконання роботи, постійністю зміни швидкості подачі сигналів, імовірно, що її площа буде відображати рівень РП. Окрім того, якби організм не виконував «внутрішньої роботи», низхідна частина петлі повинна була б співпадати з висхідною. Але, у більшості випадків, низхідна частина петлі гістерезису проходить нижче за висхідну і тому може характеризувати мобілізацію функціональних резервів, які залучені для виконання розумової роботи. Тому ми вважали, що площа петлі гістерезису буде відповідати рівню РП обстежуваного, а також характеризувати рівень мобілізації функціональних резервів, спрямованих на виконання завдання по переробці інформації.

Для проведення оцінки результатів тесту РП ми виділили 8 показників:

1. Початкова швидкість переробки інформації – 30 подразників за хвилину;
2. Зміна швидкості переробки інформації. Ця величина є постійною – 30 подразників за хвилину;
3. Показник кількості переробленої інформації. Для наших обстежуваних завжди дорівнював 240 подразників.
4. Значення показника, який реєструється в умовах реверсу (на швидкості 120 подр/хв.).
5. Тривалість розумової роботи під час виконання навантаження з поступовим підвищенням (t_1) темпу пред'явлення подразників від 30 до 120 за хвилину – 120 с.

6. Тривалість розумової роботи під час виконання навантаження з поступовим зниженням (t_2) темпу пред'явлення подразників від 120 до 30 за хвилину – 90 с.
7. Загальна тривалість розумової роботи при виконання навантаження ($T_{\text{заг.}}$) з поступовим підвищенням та зниженням темпу пред'явлення подразників від 30 до 120 і далі до 30 за хвилину становила 210 с.

У групі обстежуваних провели розрахунки ряду показників, що характеризували РП:

1. Показник РП обстежуваних за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників (з реверсом) визначали за формулою $РП = K/T$; де K – кількість переробленої інформації (240 сигналів) мінус кількість помилкових реакцій, а T – загальний час роботи (240 с).
2. Індекс розумової працездатності (ІРП) визначали площею петлі гістерезису ($S_{\text{заг.}}$). Він характеризує рівень мобілізації функціональних резервів організму під час виконання розумової роботи з поетапним підвищенням темпу пред'явлення подразників до її максимуму (S_1 н.о.) і поступовим зниженням до мінімальної швидкості (S_2 н.о.). Індекс розумової працездатності (ІРП н.о.) організму обстежуваного визначали: $S_{\text{заг. н.о.}} = (S_1 + S_2) : 10$; $S_1 \text{ н.о.} = 0.5 \times (t_1 \times (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4))$; $S_2 \text{ н.о.} = 0.5 \times (t_2 \times (\Pi_5 + \Pi_6 + \Pi_7))$.
3. Коефіцієнт ефективності РП ($K_{\text{эф.}}$). Визначали як відношення сумарної кількості помилок до часу роботи по переробці інформації - $K_{\text{эф. у.о.}} = (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 + \Pi_5 + \Pi_6 + \Pi_7) : T_{\text{заг.}}$.
4. Коефіцієнт ефективності РП за умови підвищення швидкості пред'явлення подразників ($K_{\text{п.}}$). Визначали як відношення сумарної кількості помилок віднесених до часу роботи по переробці інформації – $K_{\text{п. у.о.}} = (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4) : t_1$.
5. Коефіцієнт ефективності РП за умови зниження швидкості пред'явлення подразників ($K_{\text{з.}}$) який визначали як відношення сумарної кількості помилок віднесених до часу роботи по переробці інформації – $K_{\text{з. у.о.}} = (\Pi_5 + \Pi_6 + \Pi_7) : t_2$.
6. Функціональний резерв при виконанні розумової роботи по переробці інформації в режимі реверсу визначали за формулою - $W_{\Delta \text{ у.о.}} = (S_1 - S_2) : 100$. Чим більша величина W_{Δ} , тим більший функціональний резерв РП.

Показники РП на предметні та словесні подразники під час переробки інформації за замкнутим циклом її пред'явлення і у групи обстежуваних представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Показники розумової працездатності у тесті з реверсом
на предметні та вербальні подразники

Показники розумової працездатності	Види подразників	
	предметні	вербальні
РП, н.о.	0,97	0,79
ІРП, $S_{\text{заг.}}$, н.о.,	216	426
S_1 , н.о.	1140	3060
S_2 , н.о.	1020	1200
W_{Δ} , н.о.	1.2	18.6
$K_{\text{п.}}$, н.о.	0.15	0.43
$K_{\text{з.}}$, н.о.	0.18	0.22

З таблиці 2 видно, що розумова працездатність під час переробки інформації на фігури вища, ніж на вербальні сигнали. За умови однакової швидкості пред'явлення подразників та однакового часу роботи студенти переробляли постійну кількість інформації, але допускали різну кількість помилок. На вербальні подразники кількість помилок була більша, ніж на фігур, тому показник РП для предметних сигналів був вищий і становив 0.97 н.о., а для слів – 0.79 н.о.

Індекс розумової працездатності (РП), який ми визначили у групі обстежуваних дорівнював для геометричних фігур – 216 н.о., а на слова – 426 н.о., що вказує на значно вищий рівень мобілізації функціональних резервів при виконанні тесту з переробки вербальної інформації, ніж на геометричні сигнали. Цю закономірність підтверджують і показники коефіцієнту ефективності РП ($K_{\text{эф}}$) розраховані за умови підвищення $K_{\text{п}}$, н.о. та зниження швидкості пред'явлення подразників K_3 , н.о. Функціональний резерв організму при виконанні розумової роботи по переробці інформації в режимі реверсу - W_{Δ} для геометричних фігур дорівнював – 1.2 у.о, а для словесних подразників – 18.6 у.о.. Це свідчить на більше залучення функціональних резервів під час переробки вербальної інформації з різною швидкістю її пред'явлення за замкнутим циклом.

Отже, запропонована методика тестування РП з різною швидкістю пред'явлення подразників за замкнутим циклом дозволила виявити більш високий рівень розумової працездатності, та менше залучення функціональних резервів при переробці інформації з використанням геометричних фігур, ніж вербальних сигналів. Визначення РП у такий спосіб узгоджується з думкою [4,8,14] про те, що найкраще цей показник визначається в експерименті у якому процес обробки інформації оптимальний, оскільки швидкість її переробки суттєво залежить від швидкісних характеристик нервових процесів.

Для оцінки рівня РП на предметні та словесні подразники під час переробки інформації за замкнутим циклом та її якості у обстежуваного була розроблена шкала (табл.3).

Зтаблиці 3 видно, що чим вищий показник РП тим вищий її рівень у обстежуваних, що відповідало високій якості виконання завдання по переробці інформації і високому її рівню (10 балів). І, навпаки, зниження показника РП вказує на те, що обстежувані у тесті з реверсом допускали більшу кількість помилок, а якість розумової роботи по переробці інформації знижувалась і це відповідало низькому рівню працездатності (2 бали).

Таблиця 3

Шкали оцінок рівня розумової працездатності у тесті з реверсом на предметні та вербальні подразники

Рівень розумової працездатності	РП, н. о. на різні види подразників		Оцінка у балах
	Предметні	вербальні	
Високий	1,2	0,96	10
Вище за середній	0,99	0,86	8
Середній	0,96	0,80	6
Нижче за середній	0,93	0,74	4
Низький	0,90	0,68	2

Вважаємо за необхідне підкреслити, що обрана нами методика не претендує на всеосяжність та вичерпність. При відпрацюванні тесту (швидкості пред'явлення сигналів) та оцінки його результатів ми виходили з принципу оптимальної їх кількості, що на нашу думку є інформативним показником. Головним завданням для нас було розробити й апробувати технологію проведення дослідження РП, використовуючи яку інший дослідник міг би обрати саме таку дослідницьку методичку та методи оптимізації адаптаційних можливостей людини, що, з урахуванням конкретних умов і особливостей діяльності, надали б можливість досягти найкращого результату.

Пропонуючи методику тестування та оцінки і аналізу результатів дослідження РП під час переробки інформації різної модальності та з різною швидкістю пред'явлення інформації нами були проведені синхронні записи петель гістерезису і частоти серцевих скорочень, що дало можливість провести кореляційний аналіз досліджуваних показників. Результати аналізу показали, що окремі показники петлі гістерезису частоти серцевих скорочень з високою ступеню корелюють між собою ($r = 0,37 - 0,46$; $p < 0,05$), що вказує на загальні механізми, яким підпорядкована динаміка досліджуваних фізіологічних показників. У той час як кореляційний аналіз фізіологічних характеристик РП, які отримані з допомогою коректурних таблиць (кілець Бурдона та літерних і цифрових коректурної таблиць Анфімова) і показників у нашому тесті з реверсом не виявив такого зв'язку. Між більшістю показників виявили коефіцієнт кореляції не більше 0,3 ($p > 0,05$), що може свідчити на користь самостійної інформативності запропонованого нами тесту і, можливо, з їх допомогою можна оцінювати інші психофізіологічні характеристики РП та мобілізації функціональних резервів.

Вважаємо, що визначений за допомогою даної методики показник РП є інтегральною величиною всіх швидкісних характеристик нервових процесів. Він залежить як від часу здійснення сенсомоторної реакції (швидкості сприйняття, аналізу, прийняття рішення, видачі його на ефектор), так і від часу післядії, відновлення готовності рефлекторного апарату до нової реакції, здатності до засвоєння ритму, в тому числі позитивних і гальмівних реакцій [3,4]. Показник РП відповідає уяві про «працездатність нервових процесів» у павловському розумінні, але він також не суперечить поняттю РП [5,13]. Однак, відрізняється від останнього тим, що є швидкісною характеристикою цілої працюючої функціональної системи та характеризує здатність нервової системи до виконання за одиницю часу певної кількості робочих циклів, включаючи як позитивні, так і гальмівні реакції [4,9,12,18].

Порівняно з відомими методами дослідження і оцінки розумової працездатності, запропонований тест може бути більш інформативним, займає менше часу і не вимагає високої напруги систем та механізмів, які її регулюють та забезпечують.

Як було справедливо вказано М. В. Макаренком психофізіологічні методики дослідження РП повинні бути максимально інформативними та практично доступними, оскільки це найцінніше їх прогностичне значення. Тому що складні й такі, що потребують значних часових та грошових витрат, методики можуть не знайти широкою практичного застосування [4]. Подібної думки дотримується і інші [7,9,11]. Саме тому при виборі дослідницьких і оптимізаційних методів, які можуть бути застосовані при вирішенні завдань психофізіологічного забезпечення розумової діяльності, ми виходили з того, що ці методи, як уже вказувалось вище, повинні відповідати таким вимогам: відносна простота, інформативність, надійність, валідність, ефективність, та зручність їх застосування. Адже тільки при дотриманні зазначених умов можна реально розв'язувати проблему психофізіологічного забезпечення різних видів діяльності в масштабах країни.

Висновки

1. Пропонований метод може ефективно використовуватись для оцінки розумової працездатності та використання функціональних резервів мозку під час переробки інформації різної модальності та швидкості її пред'явлення.

2. Встановлено, що розумова працездатність під час переробки інформації на геометричні фігури вища, ніж на вербальні сигнали. За умов однакової швидкості пред'явлення подразників та однакового часу роботи юнаки переробляли однаково

кількість інформації, але допускали різну кількість помилок. На вербальні подразники кількість помилок була більша, а розумова працездатність нижча, ніж на геометричні фігури.

3. Доведена інформаційна надійність індексу розумової працездатності, коефіцієнту ефективності РП, а також показника мобілізації функціональних резервів, які розраховані для геометричних фігур та вербальних подразників за умови переробки інформації з поступовим підвищення та зниження швидкості їх пред'явлення.

4. Доведено, що при виконанні розумової роботи по переробці інформації в режимі реверсу показники індексу розумової працездатності, коефіцієнту ефективності, а також рівень мобілізації функціональних резервів на вербальні подразники у юнаків були вищі, ніж на геометричні фігури.

5. Доведено, що показники розумової працездатності у нашому тесті з реверсом можуть свідчити на користь їх самостійної інформативності і з їх допомогою можна оцінювати різні сторони розумової працездатності та системної мобілізації функціональних резервів головного мозку.

Література

1. Давиденко Д. Н. Методика оценки мобилизации функциональных резервов организма по его реакции на дозированную нагрузку / Д. Н. Давиденко // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта». – 2011. – № 12 (70). – С. 52 - 57.
2. Электроэнцефалографические характеристики когнитивно-специфического внимания готовности при вербальном обучении. Сообщение 1. Характеристики локальной синхронизации ЭЭГ / С. Г. Данько, Н. П. Бехтерева, Л. М. Качалова, М. Л. Соловьева // Физиология человека. – 2008. – Т. 34. № 2. – С. 5 - 12.
3. Електрофізіологічні характеристики Р300 та функціональна організація складних слухомоторних реакцій у підлітків / В. С. Лизогуб, Т. В. Кожемяко, Л. І. Юхименко, С. М. Хоменко // Вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки». – 2015. – №2 (335). – С.72-78.
4. Зв'язок успішності психомоторної діяльності з викликаною активністю мозку людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи / Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Юхименко Л. І. [та ін.], // Фізіологічний журнал. – 2014 – Т. 60. № 3. – С. 65-66.
5. Кальниш В.В. Влияние непрерывной суточной работы на надежность деятельности операторов / В. В. Кальниш, А. В. Швец // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 3. – С. 81 – 91.
6. Картирование мозга при вербальном и пространственном мышлении / А. М. Иваницкий, Г. В. Портнова, О. В. Мартынова [и др.] // Журнал высшей нервной деятельности человека. – 2013. – Т. 63. № 6. – С.677 – 686.
7. Коробейніков Г. В. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті: [Монографія] / Г. Коробейніков, Є. Приступа, Л. Коробейнікова, Ю. Бріскін. – Львів: ЛДУФК, 2013. – 312 с.
8. Лизогуб В. С. Переробка інформації різної складності та модальності особами з різними індивідуально-типологічними властивостями ВНД / В. С. Лизогуб, Н. П. Черненко, Т. В. Кожемяко // Вісник Черкаського університету. – Вип. 71. – Черкаси, 2005. – С. 60 – 67.
9. Медведев В. И. Взаимодействие физиологических и психологических механизмов в процессе адаптации / В. И. Медведев // Физиология человека. – 1998. – Т. 24. № 4. – С. 7 – 13.
10. Перебудови ЕЕГ людини при виконанні діяльності з різним ступенем інформаційної насиченості / А. О. Чернінський, С. А. Крижановський, І. Г. Зима, М. Ю. Макаруч // Фізіологічний журнал. – 2011. – Т. 57, № 5. – С. 111-119.
11. Психофізіологія: [навч. пос.] / М. Ю. Макаруч, Т. В. Куценко, В. І. Кравченко, С. А. Данилов. – К: ООО «Інтерсервіс», 2011. - 329 с.
12. Топчій М. С. Факторна структура функціональних можливостей юнаків 17-21 років. / М. С. Топчій, А. І. Босенко, Г. О. Дишель // Вісник Черкаського університету. – № 2– Черкаси, 2017. – С. 75 – 87.
13. Трахтенберг И. М., Поляков А. А. Очерки физиологии и гигиены труда пожилого человека. – К.: Авиценна, 2007. – 272 с.
14. Черненко-Курагіна Н. П. Фізіологічні характеристики розумової діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності при низькому темпі переробки інформації / Черненко-Курагіна Наталія // Вісник Черкаського університету. – 2016. – №1. – С. 120 – 126. 141.

15. Bekhtereva V. Attentional bias to affective faces and complex IAPS images in early visual cortex follows emotional cue extraction / V Bekhtereva, M Craddock, M.M. Müller // *Neuroimage*. – 2015. – Vol. 15, № 112. – P. 254-266.
16. Brain oscillation in perception and memory / E. Basar, C. Basar-Eroglu, S. KaraJcas, M. Schurman // *International Journal of Psychophysiology*. – 2000. – Vol. 35. – P. 95 – 124.
17. Fischler I. Event-related potential studies of language and emotion: Words, phrases, and task effects, progress in Brain Research / I. Fischler, M. Bradley // *Science*. – 2005. – Vol.156. – P. 185–203.
18. Makarchuk N. Modifications of EEG Activity Related to Perception of Emotionally Colored, Erotic, and Neutral Pictures in Women during Different Phases of the Ovulatory (Menstrual) Cycle / N. Makarchuk, K. Maksimovich, V. Kravchenko, S. Kryzhanovskii // *Neurophysiology*. – 2011. – Vol. 42, №5. – P. 362–370.
19. Yerkes R. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit–formation / R. Yerkes J. Dodson // *j. Comp. Neurol. Psychol.* – 1908 – N 18 – P. 459–482.

References

1. Davydenko, D.N. (2011). Method of estimation of mobilization of functional reserves of an organism in its reaction to the dosed load. *Uchenye zapysky unyversyteta ymeny P. F. Lesgaft (Scientific notes of the University named after PF Lesgaft)*. 12(70), 52 - 57. (in Ukr).
2. Danko, S.G., Bekhterev, N.P., Kachalova, L.M., Solovyov, M.L. (2008). Electroencephalographic characteristics of cognitive-specific attention to readiness in verbal learning. *Fyzyolohiya cheloveka (Human physiology)*. 34(2), 5 - 12. (in Rus).
3. Lizohub, V.S., Kozhemyako, T.V., Yukhimenko, L.I., Khomenko, S.M. (2015). Electrophysiological characteristics of P300 and functional organization of complex motor reactions in adolescents. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. (Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*.2(335), 72-78. (in Ukr).
4. Makarenko, M.V., Lizohub, V.S., Yuhimenko, L.I. [etc..]. (2014). Communication of the success of psychomotor activity with brain-induced activity of people with different individual-typological properties of the higher parts of the central nervous system. *Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*. 60(3), 65-66. (in Ukr).
5. Kalnish, V.V., Shvets, A.V. (2012). The effect of continuous daily work on the reliability of operators. *Fyzyolohiya cheloveka (Human physiology)*. 38(3), 81 – 91. (in Rus).
6. Ivanitsky, A.M., Portnova, G.V., Martynova, O.V. [etc..]. (2013). Mapping the brain in verbal and spatial thinking. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti cheloveka (Journal of Higher Nervous Activity of human)*. 63(6), 677 – 686. (in Rus).
7. Korobeinikov, H., Prystupa, Ye., Korobeinikova, L., Briskin, Yu. (2013). Assessment of psychophysiological states in sport. Lviv: LDUFK, 312.(in Ukr).
8. Lyzohub, V.S., Chernenko, N.P., Kozhemiako, T.V. (2005). Processing information of varying complexity and modality by individuals with different individual-typological properties of HNP. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. (Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*.71, 60 – 67.(in Ukr)
9. Medvedev, V.I. (1998). Interaction of physiological and psychological mechanisms in the process of adaptation. *Fyzyolohiya cheloveka (Human physiology)*. 24(4), 7 – 13.(in Rus).
10. Cherninsky, A.O., Krizhanovsky, S.A., Zima, I. G., Makarchuk M. Yu. (2011). Restructuring of the EEG of a person during performing activities with different degrees of information saturation. *Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*.57(5), 111-119. (in Ukr).
11. Makarchuk, M.Yu., Kutsenko, T.V., Kravchenko, V.I., Danilov S.A. (2011). *Psychophysiology*. K: OOO «Interservice», 329. (in Ukr).
12. Topchiiy, M.S., Bosenko, A.I., Dichel G.O. (2017). The factor structure of the functional abilities of boys 17-21 years old. *Visnyk Cherkaskoho universytetu.(Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*.Cherkasy. 2,75 – 87.(in Ukr).
13. Trakhtenberg I.M., Polyakov A.A. (2007). Essays on physiology and hygiene of work of the elderly person. K. Avicena, 272. (in Rus).
14. Chernenko-Kurahina, N.P.(2016). Physiological characteristics of mental activity of people with different individual typological properties of higher nervous activity at a low speed. *Visnyk Cherkaskoho universytetu.(Cherkasy university bulletin: biological sciences series)*. 1, 120 – 12[(in Ukr).
15. Bekhtereva, V., Craddock, M., Müller M.M. (2015). Attentional bias to affective faces and complex IAPS images in early visual cortex follows emotional cue extraction. *Neuroimage*.15(112). 254-266.
16. Basar, E., Basar-Eroglu, C., KaraJcas, S., Schurman. M. (2000). Brain oscillation in perception and memory *International Journal of Psychophysiology*. 35, 95 - 124.
17. Fischler, I., Bradley M. (2005). Event-related potential studies of language and emotion: Words, phrases, and task effects, progress in Brain Research. *Science*.156, 185–203.

18. Makarchuk, N., Maksimovich, K., Kravchenko, V., Kryzhanovskii S. (2011). Modifications of EEG Activity Related to Perception of Emotionally Colored, Erotic, and Neutral Pictures in Women during Different Phases of the Ovulatory (Menstrual). *Neurophysiology*. 42 (5), 362–370.
19. Yerkes, R. Dodson, J. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit–formation. *Journal of comparative neurology*. 18, 459–482.

Summary. *Lizohub V. S., Chernenko N. P., Palabiyik A. A., Bezkoptylna S. V. Method of definitions mental performance during processing of information with different speed of presentation of stimuli*

Introduction. *The problem of research and evaluation of mental working and its mechanisms is considered one of the most important tasks of psychophysiology and applied sciences.*

Purpose. *The goal was to work out a method of testing and evaluate mental performance during the processing of information with different speed of presentation of stimuli with a closed cycle.*

Methods. *It is presented the method of research and estimation of mental working in the surveyed 19-20 years is presented, with the processing of multimodal information in the mode Go/Nogo/Go with a gradual increase and decrease of speed of presentation of stimuli with a closed cycle.*

Results. *It is established that the mental working capacity during processing of information on geometric figures is higher than verbal signals. It is proved the information reliability of the index of mental working capacity, the coefficient of efficiency of mental working capacity as well as the indicator of mobilization of functional reserves, which are calculated for geometric figures and verbal stimuli, provided that the information is processed with the gradual increase and decrease of the speed of presentation of signals. It is proved that during performing mental work on information processing in the reverse mode, the indicators of mental performance index, efficiency ratio, as well as the level of mobilization of functional reserves for verbal stimuli in boys were higher than that of geometric figures.*

Originality. *It is proposed method of determining the mental performance and its index, the efficiency coefficient, as well as the level of mobilization of functional reserves during the processing of information of various modalities and complexity when using a reverse test.*

Conclusions. *The proposed method can be effectively used for assessing mental performance and using of functional brain reserves during the processing of information of various modalities and the speed of its presentation.*

It is proved that the indicators of mental performance in our test with the reverse can testify in favor of their independent informative and with their help it is possible to evaluate different aspects of mental functioning and systemic mobilization of functional reserve of the brain.

Key words: *working capacity, processing of information, functional reserves, reverse speed*

**Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого Черкаського національного
університету ім. Б. Хмельницького, Черкаси, Україна
*Ардаганський університет, Ардаган, Турція**

Одержано редакцією 07.12.2017
Прийнято до публікації 11.06.2018

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БОКСЕРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕСТОВ АНАЭРОБНОГО ХАРАКТЕРА

В статье представлены результаты исследования особенностей функционального обеспечения специальной работоспособности квалифицированных боксеров при выполнении специализированных тестов в условиях анаэробного энергообеспечения. Исследования проводили с участием 28 квалифицированных боксеров, которые были поделены на группы в зависимости от версий боксерских турниров: любители, полупрофессионалы и профессионалы. Показано, различия квалифицированных боксеров по уровню анаэробных креатинфосфатных и анаэробных гликолитических возможностей, по уровню скоростно-силовой работоспособности и «взрывной» выносливости. Впервые выявлено, что при выполнении нагрузок анаэробного характера для достижения более высокого уровня специальной работоспособности квалифицированных спортсменов-боксеров большое значение имеет больший уровень активности аэробных процессов в энергообеспечении при большей степени эффективности функциональных и метаболических реакций.

Ключевые слова: бокс, соревновательная деятельность, специальная работоспособность, кардиорепараторная система.

Постановка проблемы. Направленность в развитии современного бокса связана с дальнейшим увеличением интенсивности действий боксеров в поединке, что требует высокого уровня физической подготовки и особенно развития скоростно-силовых качеств и специальной выносливости боксеров [1]. При рассмотрении факторов структуры подготовленности, определяющих уровень достижения в боксе, одно из основных мест отводится физической подготовленности в которой принято выделять два обобщающих качества, каждое из которых в значительной мере влияет на спортивный результат спортсменов: 1) скоростно-силовые возможности спортсмена; 2) специальная выносливость. Считают, что скоростно-силовые качества спортсменов являются базой, определяющей уровень физической подготовленности спортсменов. Недостаточный уровень их развития увеличивает продолжительность формирования специальных навыков при овладении техникой вида спорта и снижает эффективность их использования в условиях соревновательного поединка[2].

Анализ последних исследований и публикаций. Выносливость для боксера является одним из важнейших физических качеств и проявляется в способности спортсмена проводить бой в высоком темпе, испытывать большое нервное напряжение, преодолевать утомление; в способности многократно повторять движения с сохранением всех характеристик, присущих этим движениям; в способности быстро, активно действовать в течение длительного времени; в способности длительно выполнять скоростно-силовую работу в бою [3, 4, 5, 6]. Основные факторы, определяющие уровень специальной выносливости спортсменов, условно могут быть подразделены на две большие группы: факторы энергетических возможностей и факторы производительности (техника, тактика), способствующих реализации энергетических возможностей в конкретных условиях тренировочного процесса и соревнований [7, 8].

В литературе существуют многочисленные варианты и подходы к развитию специальной выносливости квалифицированных боксеров. Так, последнее время методику развития специальной выносливости боксеров стали разделять на методику развития аэробных и анаэробных возможностей организма спортсменов. Многие авторы [9, 10, 11, 12, 13, 14] представляет двигательную деятельность боксера как

скоростно-силовую динамическую работу переменной мощности. Исследования В. А. Киселева [15] показали высокую значимость уровня развития анаэробных, в частности, гликолитических, возможностей в проявлении специальной работоспособности боксеров. В. А. Киселев [15] считает, что совершенствование гликолитического механизма преобразования энергии, повышение устойчивости организма к анаэробным изменениям внутренней среды требуют использования специальных средств и методов тренировки.

Мироном Савчином [16] проанализирована динамика и закономерности развития состояния высокой тренированности у боксеров национальной команды Украины на этапах подготовки к Играм XXVII Олимпиады в Сиднее. Так, на уровне «базовой тренированности» показатели «взрывной работоспособности» (анаэробные креатинфосфатные возможности по ИКФР) превалируют над показателями «скоростной работоспособности» (анаэробные гликолитические возможности по ИГЛР) при высоком абсолютном уровне этих показателей. Подобное соотношение было отмечено автором [16] у будущих призеров Олимпиады перед чемпионатом Европы, где их участие не планировалось. Однако, на заключительных этапах подготовки на подходах к состоянию высшей спортивной формы отмечались противоположные соотношения – в структуре специальной работоспособности боксера преобладали показатели «скоростной работоспособности» (по ИГЛР). Очевидно, что преобладание гликолитических показателей над креатинфосфатными создавало предпосылки для формирования состояния высшей спортивной формы боксеров высокого класса и в дальнейшем обеспечило хорошую эффективность их соревновательной деятельности [16].

Подавляющее большинство исследователей решали вопрос совершенствования специальной работоспособности боксеров без учета многообразия механизмов, определяющих проявление этого качества в данном виде спорта и без учета требований, предъявляемых к боксеру соревновательным поединком. Исследование характера и глубины сдвигов, происходящих в организме спортсменов во время соревновательного поединка, позволяет выявить и оценить те функциональные возможности боксеров, высокий уровень развития которых обеспечивает ведение поединка в соответствии с требованиями современного бокса.

Цель работы и заключалась при выполнении специализированных тестов в условиях анаэробного энергообеспечения определить особенности проявления специальной работоспособности у квалифицированных боксеров и ее функционального обеспечения с учетом специфики соревновательной деятельности в боксе.

Работа выполнена согласно госбюджетной научно-исследовательской темы «Технологія індивідуалізації тренувального процесу на основі фізіологічних критеріїв» (номер госрегистрации 0117U002388, 2017-2018 гг.) Министерства образования и науки Украины.

Материалы и методы

Исследования проводили с участием 28 квалифицированных спортсменов в возрасте 19-31 лет с высоким уровнем спортивной квалификации (КМС, МС, ЗМС), которые были поделены в зависимости от версий боксерских турниров. I группа – спортсмены сборной команды Украины по боксу (13 человек, масса тела $72,08 \pm 2,04$ кг), II группа – спортсмены Полупрофессиональной Лиги Бокса «Украинские Атаманы» (10 человек, масса тела $73,54 \pm 1,99$ кг), III группа – боксеры-профессионалы (5 человек, масса тела $72,28 \pm 2,17$ кг). Для стандартизации условий тестирования и полученных результатов в исследованиях принимали участие боксеры средней весовой категории.

В естественных условиях тренировочного занятия для определения специальной работоспособности боксеров был применен метод хронодинамометрии «Спудерг–10» конструкции М.П.Савчина [7, 17, 18], который позволяет регистрировать количество ударов; силу каждого удара ($F_{уд}$, у.е.), общий «тоннаж» ударов, временной промежуток между ударами ($T_{уд}$, мс) и время реакции спортсмена на сигнал (T , мс), а также мощности выполненной работы и др. Для определения специальной анаэробной работоспособности использовали «тест 8 с» и «тест 40 с» [7, 15, 18, 19, 20, 21].

«Тест 8 с» – выполняется в условиях преобладания анаэробных креатинфосфатных процессов в энергообеспечении. Тест использовался для определения «взрывной» (скоростно-силовой) работоспособности [21]. Длительность всей работы в тесте – 8 секунд. В результате выполнения теста рассчитывали также следующие показатели, которые автоматически заносились в индивидуальную карту боксера [15, 21, 22, 23, 24]:

- мощность работы боксера за 8 с (W_8 , у.е.) в перерасчете на 1 кг массы тела спортсмена за 1 секунду: $W_8 = F_8 \cdot P^{-1} \cdot 8^{-1}$, где P – масса тела спортсмена (кг), F_8 – суммарный силовой показатель работы в тесте (у.е.);
- коэффициент «взрывной» (скоростно-силовой) выносливости (КВВ, у.е.): $KВВ = (F_2 \cdot K_2) \times (F_1 \cdot K_1)^{-1}$, где F_1 и F_2 – силовой показатель первой и второй половины теста (у.е.), K_1 и K_2 – количество ударов в первой и во второй половине теста (кол-во раз);
- индекс «взрывной» выносливости (ИВВ, у.е.): $ИВВ = W_8 \cdot КВВ$,
- индекс креатинфосфатной работоспособности боксеров (ИКФР, у.е.): $ИКФР = ИВВ \cdot K_8$, где K_8 – количество ударов в «тесте 8 с» (кол-во раз).

«Тест 40 с» — выполнялся в условиях преобладания анаэробных гликолитических процессов в энергообеспечении и использовался для определения «скоростной» работоспособности [21]. Длительность всей работы в тесте – 40 секунд с последующим расчетом ряда показателей:

- мощность работы боксера за 40 с (W_{40} , у.е.) в перерасчете на 1 кг массы тела спортсмена и за 1 секунду: $W_{40} = F_{40} \cdot P^{-1} \cdot 40^{-1}$, где P – масса тела спортсмена (кг), F_{40} – суммарный силовой показатель работы в тесте (у.е.);
- коэффициент «скоростной» выносливости (КСВ, у.е.):
 $КСВ = (F_2 \cdot K_2) \cdot (F_1 \cdot K_1)^{-1}$, где F_1 и F_2 – силовой показатель первой и второй половины теста (у.е.), K_1 и K_2 – количество ударов в первой и во второй половине теста (кол-во раз);
- индекс «скоростной» выносливости (ИСВ, у.е.): $ИСВ = W_{40} \cdot КСВ$
- индекс гликолитической работоспособности боксеров (ИГЛР, у.е.): $ИГЛР = ИСВ \cdot K_{40} \cdot 2,2^{-1}$, где K_{40} – количество ударов в «тесте 40 с» (кол-во раз), 2,2 – константа.

По результатам двух тестов («тест 8 с», «тест 40 с») рассчитывались интегральные индексы, характеризующие уровень специальной работоспособности боксеров при выполнении тестов с анаэробным характером энергообеспечения [15]:

- интегральный индекс мощности работы (ИИМР, у.е.): $ИИМР = ИВВ + ИСВ$
- интегральный индекс скоростно-силовой подготовленности (ИИССП, у.е.): $ИИССП = ИКФР + ИГЛР$

Оценка реакции кардиореспираторной системы (КРС) на специализированные тестирующие нагрузки проводили с помощью мобильного эргоспирометрического комплекса «Meta Max 3B» (Cortex, Германия). Непрерывное компьютерное обработка данных в реальном масштабе времени «breath-by-breath» позволяла определить: легочную вентиляцию (V_E), частоту дыхания (F_T), дыхательный объем (V_T), концентрацию CO_2 и O_2 в выдыхаемом ($F_{E O_2}$, $F_{E CO_2}$) и в альвеолярном воздухе ($F_{A O_2}$,

$F_A\text{CO}_2$), потребление O_2 (VO_2) и выделение CO_2 (VCO_2), газообменное соотношение ($\text{VCO}_2 \cdot \text{VO}_2^{-1}$), вентиляционные эквиваленты для O_2 ($\text{EQO}_2 = V_E \cdot \text{VO}_2^{-1}$) и для CO_2 ($\text{EQCO}_2 = V_E \cdot \text{VCO}_2^{-1}$), кислородный пульс (O_2 -пульс $'' = \text{VO}_2 \cdot \text{ЧСС}^{-1}$). Учитывая, что измерения проводились в открытой системе, показатели внешнего дыхания были приведены к условиям BTPS, а газообмена – к условиям STPD. Измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС) проводили с помощью "Sport Tester Polar-810" (Финляндия). Калибровку всех приборов проводили до и после обследования каждого спортсмена. Диагностическое оборудование соответствует международным стандартам контроля качества и безопасности (ISO-9001, ISO-13485).

При проведении комплексных биологических обследований с участием спортсменов придерживались законодательства Украины о здравоохранении и Хельсинской декларации 2000 г., директивы Европейского общества 86/609 относительно участия людей в медико-биологических исследованиях [25].

Статистическая обработка экспериментального материала осуществлялось на персональном компьютере IBM PC "Pentium" с помощью пакета стандартных компьютерных программ «Microsoft Excel», «STATISTICA-6».

Результаты исследований и их обсуждение

В предыдущих наших исследованиях были выявлены отличия у квалифицированных спортсменов-боксеров по структуре их соревновательной деятельности в зависимости от регламента проведения боксерских поединков. Очевидно, что квалифицированные боксеры, выступающие в различных версиях боксерских турниров различаются по уровню специальной работоспособности, а также по уровню аэробных и анаэробных (креатинфосфатных и гликолитических) возможностей организма. Так, на рис. 1 представлены отличия групп квалифицированных спортсменов-боксеров по показателям их специальной работоспособности при выполнении «теста 8 с» и «теста 40 с» в анаэробных условиях энергообеспечения тестирующей нагрузки [15, 19, 20, 21]. Так, у квалифицированных боксеров-любителей отмечается наименьший уровень показателей специальной работоспособности по сравнению с другими группами боксеров, что составляет 61,15-93,75% относительно средних данных для всех групп боксеров, принятых за 100%, а у боксеров-профессионалов – отмечается наибольший уровень «взрывной» и «скоростной» выносливости, что по отдельным показателям специальной работоспособности составляет 106,64-155,77%, у боксеров-полупрофессионалов 83,07-100,08% относительно средних данных.

Между квалифицированными боксерами, выступающих по разным версиям боксерских турниров, не выявлено существенных различий по количеству нанесенных ударов в кратковременном «тесте 8 с» ($p > 0,05$). При этом, незначительно большей темп ударных комбинаций, развиваемый в начале теста, боксеры-любители не удерживают. Рассчитанный коэффициент «взрывной» выносливости (КВВ) у боксеров-любителей $0,83 \pm 0,05$ у.е. свидетельствует о большем темпе ударных действий в начале теста, чем в конце и составляет $91,21 \pm 1,64\%$ от средних значений (см. рис. 1).

В группе боксеров-полупрофессионалов меньший темп ударных комбинаций, развиваемый в начале 8-секундного теста, в сочетании с несколько большей силой удара боксеры удерживают – коэффициента «взрывной» выносливости составляет $100,19 \pm 1,91\%$ от средних значений ($p < 0,05$). У боксеров-профессионалов отмечается незначительно меньше количество нанесенных ударов, чем в группе квалифицированных боксеров-любителей ($p > 0,05$). При этом, у профессионалов отмечается больший суммарный «тоннаж» ударов (F_8 $114,38 \pm 2,04\%$, $p < 0,05$) и наибольший коэффициент «взрывной» выносливости (КВВ $108,79 \pm 1,24\%$, $p < 0,05$), что свидетельствует об удержании темпа ударных действий при выполнении кратковременной нагрузки максимальной интенсивности.

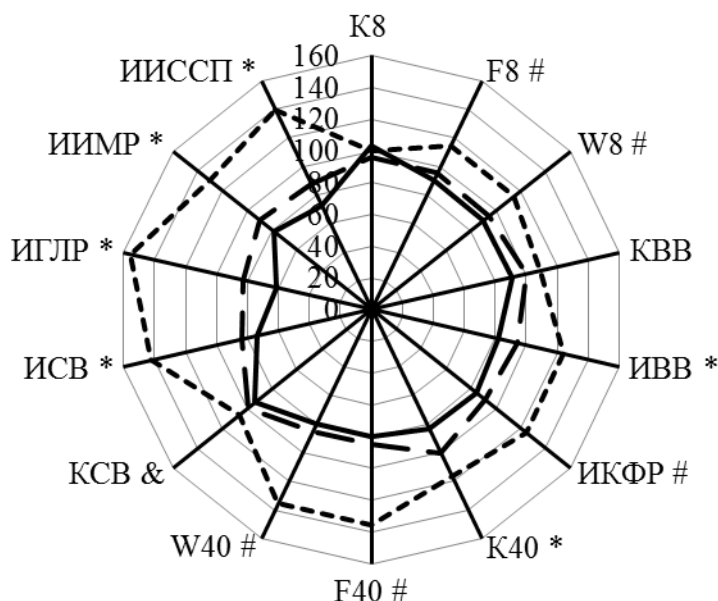


Рис. 1. Отличие характеристик специальной работоспособности у квалифицированных боксеров, выступающих в различных версиях боксерских турниров (в % относительно средних данных для всех спортсменов принятых за 100%) при проведении специализированных тестов анаэробного характера:

- I группа – любители (AOB);
- - - II группа – полупрофессионалы (WSB);
- · · III группа – профессионалы

* – достоверные отличия между всеми группами ($p < 0,05$); # – достоверные отличия III группы относительно I и II групп ($p < 0,05$); & – достоверные отличия III группы относительно I группы ($p < 0,05$)

В целом, у боксеров-любителей отмечается меньший уровень анаэробной креатинфосфатной работоспособности (ИКФР), что составляет $84,22 \pm 1,64\%$ ($p < 0,05$) от средних значений для всех групп боксеров, а группе боксеров-профессионалов – наибольший (ИКФР $124,52 \pm 2,78\%$, $p < 0,05$).

Более выраженные различия среди групп боксеров, выступающих в различных версиях боксерских турниров, выявлены при более продолжительной тестирующей нагрузке («тест 40 с»), выполнение которой требует преобладания анаэробных гликолитических процессов в ее энергообеспечении. Как видно из рис. 1, у боксеров-профессионалов отмечается достоверное большее количество нанесенных ударов (К 40 $116,56 \pm 1,94\%$, $p < 0,05$) и больший суммарный «тоннаж» ударов за 40 секунд выполнения теста (F 40 $135,51 \pm 4,21\%$, $p < 0,05$) при большей мощности работы (W 40 $135,35 \pm 5,14\%$, $p < 0,05$). У боксеров-любителей отмечается меньшие показатели специальной работоспособности в «тесте 40 с» - в пределах 74,15%-93,75% относительно средних значений для всех групп боксеров. Достоверно большие величины индекса гликолитической работоспособности (ИГЛР $155,77 \pm 4,58\%$, $p < 0,05$) и индекса «скоростной» выносливости (ИСВ $142,18 \pm 3,84\%$, $p < 0,05$) отмечаются у боксеров-профессионалов, а наименьшие – у боксеров-любителей (ИГЛР $61,15 \pm 2,93\%$, ИСВ $74,15 \pm 3,81\%$, $p < 0,05$).

Для боксеров-профессионалов характерен достоверно более высокий интегральный индекс скоростно-силовой подготовленности (ИИССП $139,96 \pm 4,61\%$, $p < 0,05$), объединяющий как достигнутый уровень анаэробных креатинфосфатных возможностей боксеров по индексу ИКФР $124,52 \pm 2,78\%$ ($p < 0,05$), так и их уровень

анаэробных гликолитических возможностей по индексу ИГЛР $155,77 \pm 4,58\%$ ($p < 0,05$). Наименьший уровень отмечается у боксеров-любителей (ИИССП $72,49 \pm 4,65\%$, $p < 0,05$) и у полупрофессионалов (ИИССП $87,55 \pm 3,99\%$, $p < 0,05$).

Следует отметить, что у боксеров-полупрофессионалов уровень специальной работоспособности в тестах анаэробного характера незначительно выше по сравнению с группой квалифицированных боксеров-любителей. Возможно, это связано с тем, что команду спортсменов, вступающих по версии полупрофессионалов (WSB), формируют из числа более сильных спортсменов сборной команды Украины, выступающей по версии любительских боксерских турниров (АОВ). Полученные нами данные, в какой то степени, подтверждают данные М. Савчина [21], согласно которым преобладание гликолитических показателей над креатинфосфатными создавало предпосылки для формирования состояния высшей спортивной формы боксеров высокого класса и в дальнейшем обеспечило хорошую эффективность их соревновательной деятельности [21]. Как уже отмечалось, в наших исследованиях наибольший уровень анаэробных гликолитических возможностей по индексу ИГЛР отмечается у боксеров-профессионалов, имеющих относительно высокий уровень мастерства и тренированности.

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи параметров специальной работоспособности квалифицированных боксеров в тестах анаэробного характера с уровнем реакции кардиореспираторной системы (КРС) при выполнении тестов свидетельствует о значении аэробных возможностей организма спортсменов для проявления их специальной работоспособности. Выявлено, что высокий темп нанесения ударов даже при кратковременной работе анаэробного креатинфосфатного характера вызывает более выраженную реакцию КРС в восстановительном периоде после теста. При этом, большее значение имеет дыхательная компенсация нарастающей степени ацидоза уже при выполнении кратковременной высокоинтенсивной физической нагрузки анаэробного характера (\dot{V}_E $r = 0,790$, \dot{V}_E $r = 0,691$, \dot{V}_{CO_2} $r = 0,698$, V_T $r = 0,547$, $p < 0,05$).

Для высокого коэффициента «взрывной» выносливости (КВВ) и для индекса креатинфосфатной работоспособности (ИКФР) в «тесте 8 с» благоприятный более экономный тип дыхательной реакции о чем свидетельствует как более высокий уровень легочной вентиляции (\dot{V}_E с КВВ $r = 0,709$, ИКФР $r = 0,389$, $p < 0,05$) который формируется за счет более высокого дыхательного объема (V_T с КВВ $r = 0,641$, ИКФР $r = 0,571$, $p < 0,05$) при более низкой частоте дыхания (F_T с КВВ $r = -0,490$, $p < 0,05$, ИКФР $r = -0,339$, $p > 0,05$), так и более высокая эффективность дыхательного цикла ($\dot{V}O_2 \cdot F_T^{-1}$ с КВВ $r = 0,491$, $p < 0,05$, ИКФР $r = 0,365$, $p > 0,05$). Для проявления высокого уровня «взрывной» выносливости значение имеет и более высокий уровень потребления O_2 ($r = 0,659$, $p < 0,05$) и выделения CO_2 ($r = 0,486$, $p < 0,05$), что также подтверждает значение дыхательной компенсации нарастающей степени ацидоза для проявления высокого уровня специальной работоспособности боксеров уже при выполнении кратковременной высокоинтенсивной физической нагрузки анаэробного креатинфосфатного характера [26, 27].

При выполнении «теста 40 с» анаэробного гликолитического характера отмечается менее выраженная обратная взаимосвязь параметров специальной работоспособности (количества ударов за 40 с, суммарный «тоннаж» ударов, W_{40}) с уровнем реакции КРС. Интересно отметить, что для указанных параметров специальной работоспособности боксеров с уровнем реакции КРС на 2-й минуте восстановительного периода после выполнения «теста 40 с» отмечается, наоборот, высокая степень положительной корреляционной взаимосвязи. Очевидно, что

40-секундний тест виконується спортсменами з преобладанням анаэробних процесів в енергообеспеченні роботи при меншому участі аэробних процесів, що і відражається на меншому рівні реакції КРС, але не являється залогом досягнення високої фізическої работоспособности і хорошої ефективности виконання фізическої роботи. Доказано, що для досягнення високого рівня фізическої работоспособности при виконанні нагрузок переважно анаэробного гликолітического характера енергообеспечення очень важно продемонструвати високу швидкість розвертывания аэробних процесів в енергообеспеченні і, як результат, збільшення їх долі в енергообеспеченні відносно анаэробних процесів [26, 28, 29].

Больший темп нанесення ударов за 40 секунд виконання теста сочєтається в восстановительном периодє с более высоким уровнем легочной вентиляции (\dot{V}_E $r = 0,717$, $p < 0,05$) при более высоком дыхательном объеме (V_T $r = 0,747$, $p < 0,05$) и уровнем эффективности дыхательной реакции ($\dot{V}O_2 \cdot F_T^{-1}$ $r = 0,556$, $p < 0,05$), что свидетельствует о большем значении более экономного типа дыхательной реакции для проявления высокого уровня специальной работоспособности боксеров уже при выполнении кратковременных высокоинтенсивных физических нагрузок анаэробного характера. Следует отметить, высокую положительную связь характеристик эффективности дыхательной реакции с количеством ударов за 40 секунд теста ($r = 0,556$, $p < 0,05$), с суммарным «тоннажем» ударов ($r = 0,627$, $p < 0,05$) и с мощностью работы ($r = 0,452$, $p < 0,05$). При этом отмечается более высокий уровень потребления O_2 и выделения CO_2 .

В основе более экономного типа дыхательной реакции спортсменов, способствующего дыхательной компенсации нарастающей степени ацидоза в условиях интенсивных нагрузок анаэробного характера, лежит высокий уровень общей выносливости и функциональной подготовленности спортсменов. Так, наибольший уровень анаэробной гликолітической работоспособности по разным показателям отмечается в группе квалифицированных боксеров-профессионалов при меньшем уровне функционального напряжения за счет большего вовлечения аэробных процессов в энергообеспеченіе 40-секундной тестирующей нагрузки субмаксимальной интенсивности, что сочєтається с большим уровнем реализации аэробного потенциала в тесте: взаимосвязь РОАП с интегральным индексом гликолітической мощности работы $r = 0,479$ ($p < 0,05$).

Таким образом, более высокий уровень реакции КРС в восстановительном периодє, как результат компенсаторной реакции, направленной на устранение возникшего ацидоза, и показатель большей доли аэробных процессов в энергообеспеченніи при большей степени эффективности функциональных реакций сочєтається с более высоким уровнем специальной работоспособности квалифицированных спортсменов-боксеров при выполнении нагрузок анаэробного характера.

Выводы

1. У боксеров-профессионалов отмечается больший уровень скоростно-силовой работоспособности по величине интегрального индекса креатинфосфатной мощности, а больший коэффициент «взрывной» выносливости свидетельствует об удержании темпа ударных действий боксерами-профессионалами при выполнении кратковременной нагрузки максимальной интенсивности. Достоверно меньший уровень индекса креатинфосфатной мощности отмечается у боксеров-любителей при большем темпе ударных действий в начале теста, чем в конце. У боксеров-полупрофессионалов уровень скоростно-силовой работоспособности незначительно выше по сравнению с боксерами-любителями.

2. Для боксеров-профессионалов характерен достоверно более высокий интегральный индекс скоростно-силовой подготовленности, объединяющий как достигнутый уровень анаэробных креатинфосфатных, так и анаэробных гликолитических возможностей спортсменов. Наименьший уровень отмечается у квалифицированных боксеров-любителей. У боксеров-полупрофессионалов уровень специальной работоспособности в тестах анаэробного характера незначительно выше по сравнению с группой квалифицированных боксеров-любителей. Возможно, это связано с тем, что команду спортсменов, вступающих по версии полупрофессионалов (WSB), формируют из числа более сильных спортсменов сборной команды Украины, выступающей по версии любительских боксерских турниров (АОВ).

3. Высокий темп нанесения ударов даже при кратковременной работе анаэробного креатинфосфатного характера («тест 8 с») вызывает более выраженную реакцию кардиореспираторной системы при выполнении тестирующей загрузки в восстановительном периоде. Выявлена более высокая степень положительной взаимосвязи количества нанесенных ударов с уровнем выделения CO_2 , чем с уровнем потребления O_2 , что подтверждает большее значение дыхательной компенсации нарастающей степени ацидоза уже при выполнении кратковременной высокоинтенсивной физической нагрузки анаэробного креатинфосфатного характера. Для демонстрации высокого коэффициента «взрывной» выносливости благоприятно более экономный тип дыхательной реакции при более высоком уровне потребления O_2 и выделения CO_2 .

4. При выполнении «теста 40 с» анаэробного гликолитического характера более высокий уровень специальной работоспособности сочетается с высоким уровнем реакции кардиореспираторной системы в восстановительном периоде после теста, что является результатом компенсаторной реакции, направленной на устранение возникшего ацидоза. Большой уровень активности аэробных процессов в энергообеспечении при большей степени эффективности функциональных и метаболических реакций сочетается с более высоким уровнем специальной работоспособности квалифицированных спортсменов-боксеров при выполнении нагрузок анаэробного характера.

Литература

1. Остьянов В. Н. Обучение и тренировка боксеров / В. Н. Остьянов. – К.: Олимп. лит., 2011. – 272 с.
2. Никитенко А. О. Фактори впливу на час рухової реакції та швидкість захисних дій боксерів на етапі попередньої базової підготовки / А. О. Никитенко, С. А. Нікітенко, А. А. Никитенко // Педагогічні, психологічні та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2010. – №1. – С. 91-94.
3. Градополов Д. В. Бокс. Підручник для ІФК. 4-е видання. / Д. В. Градополов. – М.: Фізкультура і спорт, 2005. – 338 с.
4. Єрьоменко В. М. Розвиток силової витривалості у боксі / В. М. Єрьоменко, В. В. Єрьоменко, А. О. Назаров // Актуальные научные исследования в современном мире – 2017. – Выпуск 2 (22) – С. 46-58.
5. Морозов О. С. Особенности успешной реализации технико-тактического потенциала в спортивных единоборствах / О. С. Морозов, А. А. Новиков, Г. Ф. Васильев [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы спортивной подготовки. – Москва, 2017. – С. 72-82.
6. Шинкарук О. Стрес та його вплив на змагальну та тренувальну діяльність спортсменів / О. Шинкарук, О. Лисенко, С. Федорчук // Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць. – 2017. – Випуск 3 (22). – С. 469-476
7. Томаш Ф. Критерии коррекции структуры специальной подготовленности квалифицированных борцов на основе изучения функциональных резервов организма. автореф. дис. на соискание науч. степени кан. пед. наук: спец. 13.00.04 «Теория и методика физического воспитания и спортивной тренировки» / Ф. Томаш. – УГУФВС. – К., 1994. – 24 с.
8. Analysis of adaptation potentials of kick boxers' cardio-vascular system / L. V. Podrigalo, A. A. Volodchenko, O. A. Rovnaya [et al.] // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, 2017;21(4):185–191. doi:10.15561/18189172.2017.0407

9. Гаськов А. В. Разработка модельных характеристик тренировочной деятельности в единоборствах (на примере бокса) / А. В. Гаськов, В. А. Кузьмин, Л. П. Путин // Физическое воспитание студентов. – 2010. – № 1. – С. 15-18.
10. Еременко В. Н. Подготовка боксеров к соревнованиям / В. Н. Еременко, В. В. Еременко, Я. В. Куриленко // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 2-4 (22). – С. 105-117
11. Киселев В. А. Классификация тренировочных средств боксера по преимущественной направленности / В. А. Киселев, В. Н. Черемисинов // В сборнике: Очно-заочная научно-практическая конференция по спортивным единоборствам сборник научных и научно-методических статей. – 2017. – С. 107-118.
12. Купреев М. В. Характеристика мышечной работы при проведении соревновательного поединка в смешанных единоборствах / М. В. Купреев // В сборнике: Научные преобразования в эпоху глобализации. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 4 частях. – 2017. – С. 176-179.
13. Никитенко А. А. Взаимосвязи показателей скоростных и силовых качеств спортсменов-единоборцев на этапе специализированной базовой подготовки / А. А. Никитенко, С. А. Никитенко, В. В. Бусол [и др.] // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2013. – №1. – С. 49-55.
14. Савчин М. П. Тренованість боксера та її діагностика: навчальний посібник / М. П. Савчин – К.: Нора-прінт, 2003. – 220 с..
15. Киселев В. А. Совершенствование спортивной подготовки высококвалифицированных боксеров: учебное пособие / В. А. Киселев. – М.: Физическая культура, 2006. – 127 с.
16. Савчин М. П. Динамика специальной работоспособности боксера сборной команды Украины в прошедшем Олимпийском цикле / М. П. Савчин // Наука в Олимпийском спорте. – 2001. – № 2. – С. 55- 63.
17. Колесник И. С. Факторы, обуславливающие надежность соревновательной деятельности боксера / И. С. Колесник // Теория и практика физической культуры. – 2008. – №11. – С. 18-20
18. Тищенко А. В. Технология индивидуализации тренировочного процесса боксеров высокой квалификации / А. В. Тищенко, Ю. В. Яцин, Г. М. Максимов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – Т.88, №6. – С. 127-133.
19. Кличко В. Система тестов для оценки специальной подготовленности боксеров высокой квалификации / В. Кличко, М. Савчин // Наука в Олимпийском спорте, 2000. – № 2. – С. 23-30.
20. Остьянов В.Н. Бокс (обучение и тренировка) / В.Н. Остьянов, И.И. Гайдамак. – К.: Олимп. лит., 2001. – 240 с.
21. Савчин М.П. Оценка состояния тренированности боксеров высокой квалификации / М.П. Савчин // Наука в Олимпийском спорте. – 2004. – № 2. – С. 41-48.
22. Киприч С.В. Совершенствование системы контроля квалифицированных боксеров на основании оценки изменений реакции кардиореспираторной системы в период непосредственной подготовки к соревнованию / С.В. Киприч // Физическое воспитание студентов. – 2014. – № 4. – С. 26-31.
23. Киселев В.А. Систематизация средств тренировки боксеров / В.А. Киселев // Методические разработки. – М.: РИО ГЦОЛИФК, 1992. – 35 с.
24. Савчин М. Комп'ютеризація хронодинамометричних вимірів в ударних одноборствах / М. Савчин, Я. Сколоздра, Б. Михалик [и др.] // Молода спортивна наука України. – 2008. – Т.1 – С. 307-314.
25. Медико-біологічне забезпечення підготовки спортсменів збірних команд України з олімпійських видів спорту / О.А. Шинкарук, О.М. Лисенко, Л.М. Гуніна [та ін.]; за заг. ред. О.А. Шинкарук. – К.: Олімпійська література, 2009. – 144 с.
26. Лысенко Е. Физическая работоспособность и особенности мобилизации энергетических механизмов при нагрузок различного характера у квалифицированных спортсменов различной специализации / Е. Лысенко, Л. Станкевич, Г. Гатилова // Наука в Олимпийском спорте. – 2013. – №1. – С.61-65.
27. Мищенко В.С. Изменение чувствительности системы дыхания человека на гиперкапнический и гипоксический раздражители при воздействии физических нагрузок различной интенсивности / В. С. Мищенко, Е. Н. Лысенко, Д. Е. Сиверский // Физиологический журнал им. И.М.Сеченова. – 1994. – № 7. – С.23-28.
28. Лысенко Е.Н. Проявление устойчивости реакций кардиореспираторной системы у квалифицированных спортсменов в условиях достижения максимального уровня потребления O_2 / Е.Н.Лысенко // Спортивная медицина. – 2008, №1. – С.42-47.
29. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в Олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.

References

1. Ostyanov VN (2011) *Obuchenie i trenirovka bokserov*[Education and training boxers].K.: Olimp. lit., 272. [in Russian].
2. Nykytenko AO, Nikitenko SA, Nykytenko AA (2010) Faktory vplyvu na chas rukhovoї reaktsii ta shvydkist zachysnykh dii bokseriv na etapi poperednoi bazovoї pidhotovky [Factors influencing the time of motor reaction and the speed of protective action of boxers at the stage of preliminary basic training].*Pedahohichni, psykholohichni ta medyko-biolohichni problemy fizychnoho vykhovannia i sportu*,1, 91-94[in Ukrainian].
3. Hradopolov DV (2005) *Boks. Pidruchnyk dlia IFK*. [Boxing. Textbook for IFC] 4-e vydannia. M.: Fizkultura i sport, 338 . [in Ukrainian].
4. Yeromenko VM, Yeromenko VV, Nazarov AO (2017) Rozvytok sylovoi vytryvalosti u boksi [Development of strength endurance in the box].*Aktualnye nauchnye yssledovaniya v sovremennom myre*, 2 (22), 46-58 [in Ukrainian].
5. Morozov OS, Novikov AA, Vasilev GF (2017) Osobennosti uspeshnoy realizatsii tehniko-takticheskogo potentsiala v sportivnykh edinoborstvakh [Features of successful implementation of technical and tactical potential in sports martial arts].V sbornike: *Aktualnye problemyi sportivnoy podgotovki*. Moskva, 72-82[in Russian].
6. Shynkaruk O, Lysenko O, Fedorchuk S (2017) Stres ta yoho vplyv na zmahalnu ta trenuvalnu diialnist sportsmeniv [Stress and its impact on competitive and training activities of athletes]. *Fizychna kultura, sport ta zdorovia natsii: zbirnyk naukovykh prats*, 3 (22), 469-476 [in Ukrainian].
7. Tomash F (1994)*Kriterii korrektsii strukturyi spetsialnoy podgotovlennosti kvalifitsirovannykh bortsov na osnove izucheniya funktsionalnykh rezervov organizma* [Criteria for correcting the structure of special preparedness of qualified fighters on the basis of studying the functional reserves of the organism]. Avtoref. dis. na soiskanie nauch. stepeni kan. ped. nauk: spets. 13.00.04 «Teoriya i metodika fizicheskogo vospitaniya i sportivnoy trenirovki». UGUFVS, K., 24.[in Russian].
8. PodrigaloLV, VolodchenkoAA, RovnayaOA (2017) Analysis of adaptation potentials of kick boxers' cardio-vascular system.*Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*,21(4),185–191. doi:10.15561/18189172.2017.0407
9. Gaskov AV, Kuzmin VA, Putin LP (2010) Razrabotka modelnykh harakteristik trenirovochnoy deyatelnosti v edinoborstvakh (na primere boksa) [Development of model characteristics of training activities in martial arts (on the example of boxing)].*Fizicheskoe vospitanie studentov*, 1, 15-18 [in Russian].
10. Eremenko VN, Eremenko VV, Kurilenko YaV (2017) Podgotovka bokserov k sorevnovaniyam [Preparing boxers for competitions]. *Aktualnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*, 2-4 (22), 105-117 [in Russian].
11. Kiselev VA, Cheremisinov VN (2017) Klassifikatsiya trenirovochnykh sredstv boksera po preimuschestvennoy napravlenosti [Classification of the boxer's training facilities in a predominant direction]. V sbornike: *Ochno-zaochnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po sportivnyim edinoborstvam sbornik nauchnykh i nauchno-metodicheskikh statey*, 107-118[in Russian].
12. Kupreev MV (2017) Harakteristika mysishechnoy raboty pri provedenii sorevnovatel'nogo poedinka v smeshannykh edinoborstvakh [Characteristics of muscular work during a competitive duel in mixed martial arts].V sbornike: *Nauchnye preobrazovaniya v epohu globalizatsii. Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 4 chastyakh*, 176-179[in Russian].
13. Nikitenko AA, Nikitenko SA, Busol VV (2013) Vzaimosvyazi pokazateley skorostnykh i silovykh kachestv sportsmenov-edinobortsev na etape spetsializirovannoy bazovoy podgotovki [Interrelations of indicators of speed and strength qualities of sportsmen-martial artists at the stage of specialized basic training]. *Pedagogika, psihologiya i mediko-biologicheskije problemyi fizicheskogo vospitaniya i sporta*, 1, 49-55 [in Russian].
14. Savchyn MP (2003)*Trenovanist boksera ta yii diahnostryka: navchalnyi posibnyk* [Training of the boxer and its diagnostics: a manual].K.: Nora-print, 220.[in Ukrainian].
15. Kiselev VA (2006)*Sovershenstvovanie sportivnoy podgotovki vyisokokvalifitsirovannykh bokserov: uchebnoe posobie*[Perfection of sports training of highly skilled boxers: the manual]. M.: Fizicheskaya kultura, 127.[in Russian].
16. Savchin MP (2001) Dinamika spetsialnoy rabotosposobnosti boksera sbornoj komandyi Ukrainyi v proshedshem Olimpiyskom tsikle [Dynamics of the special working capacity of the boxer of the national team of Ukraine in the past Olympic cycle]. *Nauka v Olimpiyskom sporte*, 2, 55- 63[in Russian].
17. Kolesnik IS (2008) Faktoryi, obuslavlivayuschie nadezhnost sorevnovatel'noy deyatelnosti boksera [Factors conducive to the reliability of the boxer's competitive activity]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'turyi*, 11, 18-20 [in Russian].
18. Tischenko AV, Yatsin YuV, Maksimov GM (2012) Tehnologiya individualizatsii trenirovochnogo protsessa bokserov vyisokoy kvalifikatsii [The technology of individualization of the training process of boxers of high qualification].*Uchenyie zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 88, 6, 127-133 [in Russian].

19. Klichko V, Savchin M (2000) Sistema testov dlya otsenki spetsialnoy podgotovlennosti bokserov vyisokoy kvalifikatsii [The system of tests for assessing the special preparedness of boxers of high qualification]. *Nauka v Olimpiyskom sporte*, 2, 23–30 [in Russian].
20. Ostyanov VN, Gaydamak II (2001) *Boks (obuchenie i trenirovka)* [Boxing (education and training)]. K.: Olimp. lit., 240. [in Russian].
21. Savchin MP (2004) Otsenka sostoyaniya trenirovannosti bokserov vyisokoy kvalifikatsii [Assessment of the state of training of boxers of high qualification]. *Nauka v Olimpiyskom sporte*, 2, 41-48 [in Russian].
22. Kiprich SV (2014) Sovershenstvovanie sistemy kontrolya kvalifitsirovannykh bokserov na osnovanii otsenki izmeneniy reaktsii kardiorespiratornoy sistemy v period neposredstvennoy podgotovki k sorevnovaniyu [Improvement of the control system of qualified boxers on the basis of an assessment of changes in the reaction of the cardiorespiratory system in the period of direct preparation for competition]. *Fizicheskoe vospitanie studentov*, 4, 26-31 [in Russian].
23. Kiselev VA (1992) *Sistematizatsiya sredstv trenirovki bokserov* [Systematization of training means for boxers]. Metodicheskie razrabotki. M.: RIO GTsOLIFK, 35 [in Russian].
24. Savchyn M, Skolozdra Ya, Mykhalyk B (2008) Kompiuteryzatsiia khronodynamometrychnykh vymiriv v udarnykh odnorbortvakh [Computerization of chronodynamometer measurements in shock disputes]. *Moloda sportyvna nauka Ukrainy*, 1, 307–314 [in Ukrainian].
25. Shynkaruk OA, Lysenko OM, Hunina LM, Karlenko VP (2009) *Medyko-biologichne zabezpechennia pidhotovky sportsmeniv zbirnykh komand Ukrainy z olimpiyskykh vydiv sportu* [Medico-biological support for the training of athletes of national teams of Ukraine in Olympic sports]. K.: Olimpiiska literatura, 144 [in Ukrainian].
26. Lysenko E, Stankevich L, Gatilova G (2013) Fizicheskaya rabotosposobnost i osobennosti mobilizatsii energeticheskikh mekhanizmov pri nagruzok razlichnogo haraktera u kvalifitsirovannykh sportsmenov razlichnoy spetsializatsii [Physical working capacity and features of mobilization of energy mechanisms under loads of different character from skilled athletes of different specializations]. *Nauka v Olimpiyskom sporte*, 1, 61-65 [in Russian].
27. Mischenko VS, Lysenko EN, Siverskiy DE (1994) Izmenenie chuvstvitelnosti sistemy dyhaniya cheloveka na giperkapnicheskii i gipoksicheskiy razdrzhiteli pri vozdeystvii fizicheskikh nagruzok razlichnoy intensivnosti [Changes in the sensitivity of the human respiratory system to hypercapnic and hypoxic stimuli under the influence of physical stresses of varying intensity]. *Fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*, 7, 23-28 [in Russian].
28. Lysenko EN (2008) Proyavlenie ustoychivosti reaktsiy kardiorespiratornoy sistemy u kvalifitsirovannykh sportsmenov v usloviyah dostizheniya maksimalnogo urovnya potrebleniya O₂ [The manifestation of the stability of the reactions of the cardiorespiratory system of qualified athletes in the conditions of reaching the maximum consumption level O₂]. *Sportivnaya meditsina*, 1, 42-47 [in Russian].
29. Platonov VN (2004) *Sistema podgotovki sportsmenov v Olimpiyskom sporte. Obschaya teoriya i ee prakticheskie prilozheniya* [The system of training sportsmen in the Olympic sports. General theory and its practical applications]. Kiev: Olimpiyskaya literatura, 808. [in Russian].

Summary. *Lysenko O. M., Berinchyk D. Yu. Functional support special working capacity have qualified boxers in carrying out specialized tests anaerobic character*

Introduction. *The overwhelming majority of researchers solved the issue of improving the special working capacity of boxers without taking into account the variety of mechanisms that determine the manifestation of this quality in this sport and without taking into account the requirements imposed on the boxer by a competitive duel.*

Purpose. *when performing specialized tests in the conditions of anaerobic energy supply, to determine the features of the manifestation of special working capacity of qualified boxers and its functional support, taking into account the specifics of the competitive activity in the box.*

Methods. *Studies were conducted with the participation of 28 qualified boxers, which were divided into groups depending on the versions of the boxing tournaments: amateurs, semi-professionals and professionals. To estimate the special working capacity used technique of detection the basic parameters of performance boxers "Spuderg-10." To estimate the response of cardiorespiratory system during the «test 8 s» and «test 40 s» was used a portable ergo-spirometry complex «Meta Max 3B» (Cortex, Germany).*

Results. *Boxers-professionals have a higher level of speed-strength performance and a greater coefficient of "explosive" endurance indicates a retention of the tempo of percussion by boxers-professional when performing a short-term load of maximum intensity. A significantly lower level of speed-strength performance is noted in boxers-amateur with a greater rate of impact at the*

beginning of the test than at the end. A high rate of impact, even with short-term work of anaerobic creatine phosphate character ("test 8 s"), causes a more pronounced reaction of the cardiorespiratory system during the testing load and in the recovery period. The higher degree of positive correlation of the number of strikes with the level of CO₂ emission was revealed, than with the level of consumption of O₂, which confirms the greater value of respiratory compensation for the increasing degree of acidosis even when performing a short-term high-intensity physical load of anaerobic creatine phosphate nature. To demonstrate a high coefficient of "explosive" endurance, a more economical type of respiratory reaction with a higher level of consumption of O₂ and CO₂ emissions is favorable.

Conclusion. *It is shown that the differences of qualified boxers in terms of the level of anaerobic creatine phosphate and anaerobic glycolytic capabilities, in terms of speed-strength performance and "explosive" endurance. For the first time it was revealed that when carrying out loads of anaerobic nature in order to achieve a higher level of special working capacity of qualified boxers, greater importance is attached to a greater level of activity of aerobic processes in energy supply with a greater degree of efficiency of functional and metabolic reactions.*

Key words: *boxing, competitive activity, special working capacity, cardiorespiratory system.*

¹Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ

²Київський університет імени Бориса Грінченка

Одержано редакцією 08.03.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

УДК 612.821.6+612.825.54

¹М. В. Макаренко, ¹В. С. Лизогуб,

³В. Л. Савицький, ²В. М. Панченко, ¹Д. М. Харченко

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-1-92-104

ПЕРЕРОБКА ЗОРОВО-СЛУХОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ РІЗНОГО СТУПЕНЯ СКЛАДНОСТІ У ЛЮДЕЙ З РІЗНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ОСНОВНИХ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ

Представлені результати є продовженням багаторазових доказів по несприйнятливості застосування тесту простого сенсомоторного реагування для оцінки властивостей основних нервових процесів та рекомендацій останніх в практичну сферу і зокрема в систему професійного психофізіологічного відбору спеціалістів різного профілю. В обстеженнях на чоловіках – кандидатах на службу в особливих умовах діяльності вивчали зв'язок індивідуально-типологічних властивостей вищої нервової діяльності в різних режимах їх визначення (зворотній зв'язок та нав'язаний ритм) з характером прояву сенсомоторного реагування за умов пред'явлення та переробки простого і складного зорово-моторного та слухо-моторного навантаження.

Показано відсутність зв'язку швидкості простого сенсомоторного реагування у осіб з різними рівнями властивостей основних нервових процесів. Вона (швидкість) була однаковою як у представників із високої, так і середньої та низької рівнями, що підтверджено і результатами кореляційного аналізу між цими рядами перемінних. Зв'язок швидкості сенсомоторного реагування з індивідуально-типологічними особливостями вищих відділів центральної нервової системи проявився між ними за умов пред'явлення та переробки складної інформації з диференціювання позитивних та гальмівних сигналів. При цьому більш складне навантаження викликало і вищий зв'язок. Тобто часові характеристики виявилися в прямій залежності від індивідуально-типологічних властивостей. Останнє являється підґрунтям стверджувати, що швидкісні реакції складних когнітивних актів, на відміну від простих, обумовлені генетично типологічною природою властивостей вищої нервової діяльності і, таким чином, можуть бути додатковим кількісним критерієм їх оцінки. Також експериментально доказано можливість застосування любого із режимів переробки інформації, запропонованих нами, для визначення індивідуально-типологічних властивостей.

Ключові слова: індивідуально-типологічні властивості, функціональна рухливість і сила нервових процесів, переробка інформації різного ступеня складності, латентні періоди простих реакцій і реакцій вибору, слухово-моторні і зорово-моторні реакції.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Потреба подальшого вивчення даної проблеми диктується як теоретичною, так і практичною необхідністю. Аналіз літературних джерел, наукових звітів різних відомчих організацій та практичних рекомендацій, як ми уже писали і раніше, чітко демонструє два основні напрямки обстежень швидкісних реакцій, в яких їх вивченню відводиться головна роль – інформативність показника. Один із них передбачає використання часу реакції для оцінки та контролю функціонального стану організму в стані спокою та при дії на нього найрізноманітніших факторів зовнішнього і внутрішнього середовища, в тому числі за умов виконання розумових і фізичних навантажень; при перебуванні людини в екстремальних умовах (робота під землею, чи під водою, в космічному просторі, чи аридній зоні, гіпоксії та ін.); контролю спортивних тренувань та розробці раціональних тактик реабілітаційних заходів в різні вікові періоди, тощо. Інший – виявлення індивідуальних відмінностей між людьми, характеристики психофізіологічних особливостей вищих відділів центральної нервової системи з метою можливості використання їх в системі професійного відбору за показниками психофізіологічних властивостей спеціалістів операторського профілю різних напрямків діяльності та спецслужб особливого призначення, передбачення поведінки людини в складних ситуаціях та ін.

Ми не вперше звертаємо увагу, а інколи і повторюємо, обґрунтовуючи нездатність положення другого напрямку про інформативність характеристик швидкості простих сенсомоторних реакцій для оцінки індивідуально-типологічних особливостей ВНД і застосування їх в практичну сферу. Адже ще і на сьогодні такі дані мають місце в літературі із рекомендаціями їх використання в системах професійного відбору, не дивлячись навіть на відсутність обґрунтування (доказів) адекватності методик поставленим задачам, що, звичайно, може не відповідати дійсності, а значить і неправильним висновкам.

Мета роботи. Вивчення швидкості переробки зорово- та слухо-моторного навантаження різного ступеня складності у людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи. Наявність між ними достовірного зв'язку, чи достовірних відмінностей повинна стати експериментальним доказом інформативності швидкості реагування в якості валідних критеріїв оцінки властивостей основних нервових процесів. Останні, як нами доказано, є найбільш відповідальними за індивідуальні особливості прояву електрофізіологічних, соматовегетативних та психофізіологічних функцій, що визначають успішність навчальної, професійної і спортивної діяльності і які, слід вважати, є базовими в системах професійного відбору і особливо спеціалістів операторського профілю та кандидатів на військову службу з підвищеними вимогами до нервово-емоційної стійкості.

Матеріал та методи

Індивідуальні відмінності в швидкості сенсомоторного реагування та властивості основних нервових процесів вивчали за методикою М.В. Макаренко [18] із застосуванням комп'ютерної системи «Діагност-1» [20]. Обстежено кандидатів на навчання та здійснення військово-професійної діяльності в різних напрямках особливих умов. Взагалі такі обстеження проведені нами на більше ніж 1500 особах різного контингенту (учні, студенти, курсанти, спортсмени, льотчики, моряки, водії наземних транспортних засобів, оператори енергосистем, керівники польотів, кандидати в космонавти та ін.) за допомогою однієї ж і тієї методики.

Оцінку стану сенсомоторної реактивності давали за показниками величин латентних періодів простої зорово-моторної реакції (ЛППЗМР) та латентних періодів простої слухо-моторної реакції (ЛППСМР), а також за латентними періодами реакції вибору одного із трьох (ЛПРВ 1-3) та двох із трьох (ЛПРВ 2-3) сигналів для зорової системи. Виявлення цих характеристик здійснювали в режимі «оптимального ритму».

Для виконання завдання обстежуваного знайомили з інструкцією (з екрану монітора, або усно від експериментатора), згідно якої він повинен швидко натискувати та відпускати сигнальну кнопку виносного пульта управління правою (лівою) рукою при появі на екрані монітора будь-якої геометричної фігури (квадрат, коло і трикутник), чи слухового сигналу в головних телефонах високого і низького тону. Це для визначення швидкості простого сенсомоторного реагування.

Діагностування швидкості сенсомоторного реагування реакцій вибору здійснювали після проведення короткого тренування з попередньою інструкцією, якою передбачалось також швидке натискування і відпускання кнопки правої (лівої) руки при появі на екрані фігури квадрат (на фігуру коло і трикутник не натискати) для реакції вибору одного із трьох сигналів (РВ 1-3), чи при появі в головних телефонах звуку високої частоти (на звук низької частоти кнопку не натискувати) для реакції вибору одного із двох подразників (РВ 1-2).

Реакцією вибору двох із трьох (РВ 2-3) сигналів для зорової системи передбачалось виконання завдання двома руками. В доповнення до правої руки реагувати лівою рукою на фігуру коло (фігура трикутник була гальмівним сигналом).

Кількість сигналів в одній серії дорівнювало 30, експозиція яких для простого реагування становила 0.7 с, для реакцій вибору -0.9 с, інтервал між пред'явленнями – від 0,5 до 1,9 с. Результати виконання завдання виводились на екран і фіксувались в архіві даних, чи заносились в протокол у виді М (середньоарифметичної величини ЛП рухової реакції), б (середньоквадратичного відхилення), m (похибки середньоарифметичної величини).

Властивості основних нервових процесів, в наших обстеженнях функціональну рухливість (ФРНП) та силу нервових процесів (СНП) – працездатність головного мозку, визначали за показниками швидкості, кількості і якості пред'явленої та переробленої зорово-моторної інформації з диференціювання позитивних і так званих гальмівних сигналів в режимах «зворотній зв'язок» та «нав'язаний ритм» («зростаюче навантаження»).

Показником рівня ФРНП в режимі «зворотній зв'язок» нами запропонована величина максимальної швидкості переробки інформації заданої кількості. У відповідності з методикою це 120 сигналів: 40 квадратів, 40 кіл та 40 трикутників, які представляються в різному порядку. Даний режим характеризується своїми особливостями. Експозиція кожного наступного сигналу змінюється в ту чи іншу сторону (збільшення чи зменшення на 20 мс з урахуванням відповіді на попередній сигнал). Після правильної відповіді вона (експозиція) автоматично скорочується, а після неправильної, навпаки подовжується на ту ж величину. Як правило початкова експозиція встановлюється на 0,9 с, а коливання її здійснюється в межах 0,9 – 0,02 с з постійним інтервалом між пред'явленнями сигналів в 0,2 с. Вважається, чим скоріше піддослідний виконує запропоноване навантаження, тим вища його функціональна рухливість.

Кількісним показником рівня функціональної рухливості в режимі «нав'язаний ритм» є максимальна швидкість пред'явлення і переробки інформації, на якій обстежуваний робить не більше 5,0 – 5,5 % помилкових реакцій. Особливістю даного режиму є те, що складність завдання в ньому підвищується поступово (ступінчато) від 30 до 150 подразників за 1 хв. Кожна нова швидкість збільшується на 10 подразників. Час пред'явлення подразників на кожній із 13 серій становить 30 с із постійним інтервалом між подразниками – 0.2 с.

З урахуванням загально прийнятого положення, що сила нервових процесів характеризується працездатністю клітин головного мозку, яка проявляється в їх здатності витримувати довготривале концентроване збудження, чи дію хоч і коротких, але дуже сильних подразників пред'являємих у високому темпі, показником СНП в наших методиках є загальна кількість помилок у відсотках до всіх запропонованих сигналів (585) за режиму «нав'язаний ритм», чи сумарна кількість перероблених подразників протягом 5 хв за режиму «зворотній зв'язок». Прийнято вважати менший відсоток помилкових відповідей у першому випадку, чи більшу кількість виконаного навантаження в другому показниками вищого рівня СНП. І навпаки нижчу працездатність головного мозку, а значить і силу нервових процесів, характеризувати більшим відсотком неправильних відповідей, чи меншою кількістю виконаного завдання.

При визначенні індивідуально-типологічних властивостей ВНД, як і при оцінці швидкості реакції вибору двох із трьох сигналів, пропонується інструкція для виконання, згідно якої піддослідний повинен на пред'явлення фігури квадрат як можна скоріше натискати і відпускати кнопку перехідного пристрою правою рукою, на фігуру коло – лівою, а на фігуру трикутник жодної із кнопок не натискувати – це гальмівний подразник. Діагностування властивостей здійснювали завжди після визначення параметрів сенсомоторного реагування, за одним і тим же логарифмом.

Результати дослідження були оброблені з використанням статистичних програм Statgraphics, Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Отримані дані швидкості сенсомоторного реагування співставляли з рівнями властивостей основних нервових процесів. Для простоти аналізу цифрові значення, за якими оцінювали дані властивості, методом сигмальних відхилень умовно розподілили на три рівні: високий, середній і низький. Хоч нами раніше і було встановлено високий кореляційний зв'язок між властивостями ФРНП, які визначаються різними методичними підходами, як і між властивостями СНП, а також властивістю функціональної рухливості і силою в обох їх режимах діагностування і можна було б в обстеженнях застосовувати один із варіантів методик, але ми свідомо пішли на використання всіх їх, щоб отримати якнайбільше даних для всебічного аналізу наявності чи відсутності індивідуальних відмінностей в прояві сенсомоторного реагування і можливості / неможливості застосування їх як інформативних для оцінки типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи.

В кожній із виділених груп за рівнями властивостей вираховували середні значення латентних періодів простої реакції і реакції вибору у всіх варіаціях та виявляли достовірності їх різниць чи схожості (рис.1).

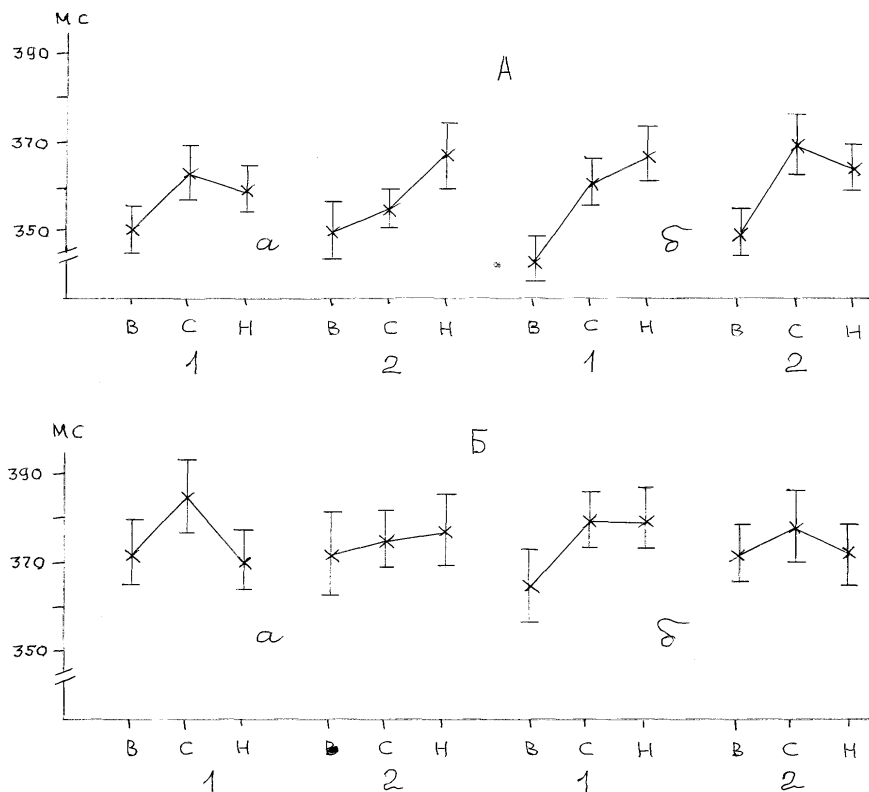


Рис.1. Латентні періоди зорово-моторних реакцій вибору одного із трьох сигналів (А) та латентних періодів слухомоторних реакцій вибору одного із двох сигналів (Б) у осіб з різною функціональною рухливістю (а) та силою нервових процесів (б) за умов: 1 – режиму «зворотного зв'язку» та 2 – режиму «нав'язаного ритму», В – високий, С – середній, Н – низький рівні властивостей.

Даними обробки швидкості простого сенсомоторного реагування показано відсутність достовірних їх відмінностей поміж груп обстежуваних з різними властивостями. Латентні періоди були майже однаковими як у осіб з високою, середньою та низькою ФРНП, так і у осіб з різною СНП, які діагностуються різними тестами. Вони знаходились на рівні середніх значень для всієї вибірки піддослідних. Так, якщо величина ЛППЗМР у осіб з різною функціональною рухливістю при її

визначені в режимі «нав'язаного ритму» становила 280 мс, то в градаціях з високим і низьким – також по 280 мс та 284 мс у осіб із середнім рівнем. При цьому ж режимі у слуховій системі значення латентного періоду для всієї вибірки дорівнювало 253 мс, відповідно 252 мс, 252 мс та 257 мс у груп з високим, середнім і низьким рівнями.

Такі ж близькі значення показників швидкості простого сенсомоторного реагування були виявлені у групах обстежуваних з різною властивістю функціональної рухливості, які визначались за режимом «зворотного зв'язку», а також і у осіб з різною СНП за цих режимах їх визначення.

Наявні матеріали відсутності достовірних відмінностей латентних періодів простих зорово-моторних і слухо-моторних реакцій поміж груп осіб з різними властивостями уже можуть слугувати доказом неможливості їх застосування в якості індикаторів індивідуально-типологічних властивостей ВНД, зокрема функціональної рухливості та сили нервових процесів.

Доказом таких тверджень ми вважаємо і дані кореляційного аналізу між ознаками, що вивчаються. Як видно із таб. 1 лише в одному випадку отримано достовірну кореляцію між ЛППЗМР і СНП, які виявляли за режимом «зворотній зв'язок». Такі дані ми пояснюємо саме підбором контингенту обстежуваних від якого специфіка роботи вимагає наявних у них як високо генетично детермінованих індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи, так і прояву швидкісних рухових актів, в тому числі і простих. Поміж обома сенсомоторними реагуваннями і рівнями ФРНП та СНП за режиму «нав'язаний ритм» ні зв'язків ні тенденцій до них не виявлено. Величина ЛП ПЗМР корелювала з величиною ФРНП на рівні 0,04 за умови «нав'язаного ритму» на рівні 0,18 – за умови «зворотного зв'язку» та на рівні 0,06 із СНП за умов «зростаючого навантаження». За умов обох режимів пред'явлення та переробки інформації для слухо-моторної реакції латентні періоди швидкості простого реагування становили – 0.07 та 0.10 з ФРНП та 0.13 і 0.05 – із СНП(працездатністю головного мозку).

Таблиця 1

Інтеркореляційна матриця коефіцієнтів кореляції (r) та вірогідності (p) їх зв'язку між показниками швидкості простих сенсомоторних реакцій та властивостями основних нервових процесів

Фізіологічні показники	X ₁ , r p	X ₂ , r p	X ₃ , r p	X ₄ , r p	X ₅ , r p	X ₆ , r p
ЛП ПЗМР, X ₁	-	0,35 0,001	-0,04 0,59	0,18 0,02	0,06 0,44	-0,3 0,001
ЛП ПЗМР, X ₂	0,35 0,001	-	-0,07 0,39	0,1 0,21	0,13 0,88	-0,05 0,55
ФРНП, X ₃	-0,04 0,59	-0,07 0,39	-	-0,22 0,001	-0,67 0,001	0,31 0,001
ФРНП, X ₄	0,18 0,02	0,1 0,21	-0,22 0,001	-	0,39 0,001	-0,45 0,001
СНП, X ₅	0,06 0,44	0,13 0,88	-0,67 0,001	0,39 0,001	-	-0,48 0,001
СНП, X ₆	-0,3 0,001	-0,05 0,55	0,31 0,001	-0,45 0,001	-0,48 0,001	-

Примітка: x₁ – латентний період зорово-моторної реакції (ПЗМР), x₂ – простої слухо-моторної реакції (ПСМР), x₃ і x₅ – функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП) та сила нервових процесів (СНП) в режимі нав'язаного ритму (зростаючого навантаження), x₄ і x₆ – функціональна рухливість і сила нервових процесів в режимі зворотного зв'язку.

Цікаво, що в градації обстежуваних з низькими рівнями властивостей абсолютні значення швидкості сенсомоторного реагування були виявлені як у осіб з високими, так і з низькими величинами, чого не спостерігалось у осіб з високими характеристиками. Мабуть, такі дані є підтвердженням гіпотези Б. М. Теплова і розвинутої В. Д. Небиліциним про наявність зворотних зв'язків між силою нервової системи і абсолютною чутливістю [24].

Даними обробки швидкості сенсомоторного реагування при переробці інформації з диференціювання позитивних та гальмівних подразників виявлено дещо інші дані (рис. 2-3). В одних обстеженнях поміж груп осіб різних градацій за властивостями основних нервових процесів середні значення латентних періодів реакцій вибору мали тенденції до різниць ($t = 1,71 - 1,00$ при $p > 0,05$) та були слабо виражені, або і зовсім не проявлялися ($t = 0,22 - 0,63$, рис 1.), в інших – мали статистично достовірні відмінності ($t = 3,65 - 1,94$ при $p > 0,001 - 0,05$). Такі результати, слід вважати, обумовлені складністю розумового навантаження: чим складніше завдання, тим більші різниці поміж груп.

Найбільш простим тестом для виконання була слухо-моторна реакція вибору одного із двох сигналів. Обстежувані як з високими, так і з низькими властивостями на виконання завдання витрачали майже однаковий час. Дещо складнішою виявилась реакція вибору одного із трьох сигналів, яка характеризується майже односпрямованими змінами поміж груп. У обстежуваних з високими властивостями за умов обох режимів діагностування латентні періоди були завжди коротшими, ніж у представників груп інших градацій (рис.2). В одному випадку середні значення величин латентних періодів виявились на рівні достовірності між групами з високим та низьким ($t = 3,02$) і високим та середнім ($t = 2,57$) рівнями сили (працездатності головного мозку) при «зворотному режимі» їх діагностування. При інших співставленнях збереглась чітка тенденція до подовження часу сенсомоторного реагування осіб з середніми та низькими властивостями у порівнянні із групами, що мали вищі значення.

Як і слід було очікувати, найбільші відмінності середніх значень латентних періодів зорово-моторних реакцій поміж груп були виявлені за умов виконання розумового навантаження з вибору двох із трьох подразників.

Особи з високими властивостями достовірно швидше справлялися з виконанням завдання, ніж з низькими, а інколи і із середніми. Особи з низькими значеннями рівнів властивостей хоч і не мали достовірних відмінностей із даними проміжної групи (середні характеристики), проте тенденція подовження (збільшення) часу реакції вибору у них збереглась. Кореляційний аналіз підтвердив отримані дані відмінностей середніх значень швидкості сенсомоторного реагування у обстежуваних різних рівнів властивостей основних нервових процесів (табл. 2-3).

Як видно із табл. 2, латентні періоди РВ 1-2 усієї вибірки обстежених в жодному випадку не корелювали ні з одним значенням властивостей, тобто кореляційний зв'язок між ними був відсутній. Дещо по іншому проявився зв'язок між цими рядами за умов реакції вибору одного із трьох (табл.2). Зберігаючи тенденцію більшої швидкості реагування у осіб з вищими властивостям взагалі і особливо з параметрами сили при обох режимах зокрема, він (зв'язок) був достовірний ($p < 0,001$). Але найбільш високих значень кореляційний зв'язок досягнув за умов переробки інформації, коли піддослідні диференціювали не лише вид подразника, але і тип відповіді (лівою чи правою рукою) та ще й з участю гальмівного подразника (табл.3.).

Між усіма рядами, за винятком, одного випадку, де коефіцієнт кореляції хоч і був на рівні 0.17, але не досяг рівня вірогідності, отримано пряму залежність часових характеристик реакцій вибору двох із трьох сигналів з індивідуально-типологічними властивостями. Звертаємо увагу, що від'ємні знаки коефіцієнтів кореляції -0.28, -0.29, як і інші від'ємні числа, мають відношення до коротких латентних періодів для осіб з високими показниками, і навпаки – довгі латентні періоди – для осіб з низькими типологічними градаціями.

Таблиця 2

Інтеркореляційна матриця коефіцієнтів кореляції (r) та вірогідності (p) їх зв'язку між показниками реакції вибору одного із двох (РВ 1-2) і одного із трьох (РВ 1-3) сигналів та властивостями основних нервових процесів

Фізіологічні показники	X ₁ ,	X ₂ ,	X ₃ ,	X ₄ ,	X ₅ ,	X ₆ ,
	r	r	r	r	r	r
	p	p	p	p	p	p
ЛП РВ 1-2, X ₁	-	0,43 0,001	-0,06 0,44	0,004 0,96	0,043 0,6	-0,13 0,11
ЛП РВ 1-3, X ₂	0,43 0,001	-	0,19 0,15	0,13 0,68	0,21 0,001	-0,26 0,001
ФРНП, X ₃	-0,06 0,44	0,19 0,15	-	-0,22 0,005	-0,67 0,001	0,31 0,001
ФРНП, X ₄	0,004 0,96	0,13 0,68	-0,22 0,005	-	-0,23 0,005	-0,45 0,001
СНП, X ₅	0,043 0,6	0,21 0,001	-0,67 0,001	-0,23 0,005	-	-0,48 0,001
СНП, X ₆	-0,13 0,11	-0,26 0,001	0,31 0,001	-0,45 0,001	-0,48 0,001	-

Примітка: x₁ – латентний період реакції вибору одного із двох (ЛП РВ 1-2), x₂ – реакції вибору одного із трьох (РВ 1-3), x₃ і x₅ – функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП) та сила нервових процесів (СНП) в режимі нав'язаного ритму (зростаючого навантаження), x₄ і x₆ – функціональна рухливість і сила нервових процесів в режимі зворотного зв'язку.

Таблиця 3

Інтеркореляційна матриця коефіцієнтів кореляції (r) та вірогідності (p) їх зв'язку між показниками зорово-моторних реакцій вибору двох із трьох сигналів (РВ 2-3) та властивостями основних нервових процесів

Фізіологічні показники	X ₁ ,	X ₂ ,	X ₃ ,	X ₄ ,	X ₅ ,
	r	r	r	r	r
	p	p	p	p	p
ЛП РВ 2-3, X ₁	-	-0,28 0,001	0,17 0,37	0,26 0,001	-0,29 0,001
ФРНП, X ₂	-0,28 0,001	-	0,22 0,001	-0,67 0,001	0,31 0,001
ФРНП, X ₃	0,17 0,37	0,22 0,001	-	0,39 0,001	-0,45 0,001
СНП, X ₄	0,26 0,001	-0,67 0,001	0,39 0,001	-	-0,48 0,001
СНП, X ₅	-0,29 0,001	0,31 0,001	-0,45 0,001	-0,48 0,001	-

Примітка: x₁ – латентний період реакції вибору двох із трьох зорово-моторних сигналів (ЛП РВ 2-3), x₂ і x₄ – функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП) та сила нервових процесів (СНП) в режимі нав'язаного ритму (зростаючого навантаження), x₃ і x₅ – функціональна рухливість і сила нервових процесів в режимі зворотного зв'язку

Обговорення результатів. Особливість врахування в теоретичних і прикладних проблемах параметрів швидкості сенсомоторного реагування обґрунтовується як об'єктивністю та інформативністю їх, так і простотою та доступністю, що є

надзвичайно важливим моментом в обстеженнях на людині. При цьому слід мати на увазі, що де б не використовували показники рухових актів, вони відтворюють цілісну поведінкову реакцію організму за умов сприймання ним найрізноманітніших дій факторів зовнішнього і внутрішнього середовища і разом з тим являються високо генетично детермінованим.

Основним завданням нашої роботи було вивчення стану прояву швидкості сенсомоторного реагування на розумові навантаження з переробки інформації різного ступеня складності у людей з різними індивідуально-типологічними властивостями ВНД. Відмінності середніх значень поміж груп, чи достовірний зв'язок нейродинамічних властивостей із часом реакцій повинні були дати відповідь на можливість застосування їх (сенсомоторних реакцій) як індикаторів для оцінки властивостей основних нервових процесів. Особливо це стосується простих реакцій. Адже деякі автори вважають латентні періоди простих сенсомоторних реакцій показниками типологічних особливостей, зокрема рухливості нервових процесів [1,2,2,23] і чим він коротший, тим рухливість вища, і навпаки. Або сили нервових процесів [3] за показником варіативності латентного періоду.

Іншої думки дотримуються другі автори [12,13 та ін.], які вважають, що ЛП простих сенсомоторних актів не мають ніякого відношення до властивостей основних нервових процесів, адже вони як у флегматиків, так і сангвініків є однаковими [11]. Результати наших обстежень повністю співпадають з даними перерахованих авторів [17,21-23], як і висновки більше ніж 30 дисертаційних матеріалів, отриманих за останні 10-15 років, в яких прямо чи опосередковано проводились аналогічні співставлення. Як пишуть автори [31, с.184], що ними також отримано підтвердження про те, що швидкість простої сенсомоторної реакції не зв'язана з силою нервової системи і не є професійно значущою для судових операторів, так як останні поєднують діяльність як в умовах монотонії (особливо в нічних вахтах), так і постійну готовність до негайного реагування, що вимагає діаметрально протилежних операторських якостей. Характерно, що ще в 60-х роках минулого сторіччя, як пише Є. О. Мілерян [28, с.77], радянським авіаційним психологом К. К.Платоновим було доказано, що час простої рухової реакції не може слугувати показником придатності до льотної діяльності, що також було показано і нами дещо пізніше [19, с.171].

Отримані нами результати і дані літератури дають право вважати, що індивідуальні відмінності людини за часом прояву простих сенсомоторних реакцій не знаходяться в прямій залежності від рівня властивостей основних нервових процесів (ФРНП та СНП). Являючись однією із складових цих властивостей, окремо взяте значення ЛП реакції простої не характеризує їх. Відсутність достовірної кореляції часових параметрів даних реакцій з успішністю оволодіння та використанням набутих навичок в операторській професії по керуванню рухомими системами не дозволяє рекомендувати їх (часових параметрів) для застосування в системах профвідбору спеціалістів даного профілю [19].

Відповідаючи на закономірне запитання, так що ж характеризує показник швидкості ПСМР, ми вважаємо, що він віддзеркалює функціональний стан організму особливо швидкість розповсюдження збудження по нейронним ланцюгам та рівень збудливості центральних апаратів відповідних рефлексорних дуг. Таке узагальнення є результатом аналізу літературних даних [7,15,29 та ін.], а також власних отриманих на людях при перебуванні їх в арідній зоні та на різних висотах Приельбрусся [19, с.77].

Перш ніж робити узагальнення по реакції вибору, слід нагадати, що шлях проходження збудження при здійсненні простого сенсомоторного реагування включає період протікання фізико-хімічних процесів в рецепторі, проведенні від нього збудження у відповідні зони головного мозку і від них в рухову область та від неї до м'язів, що

викликає їх спрацювання. Це надто простий автоматизований акт, який не потребує від центральної нервової системи особливого аналізу сигналу, а від піддослідного вимагається як можна швидше відповідати на цей сигнал. Тобто проста рухова реакція здійснюється за схемою «подразник-відповідь». При здійсненні реакції вибору, окрім збереження схеми простого сенсомоторного реагування, обов'язковим виступає процес обробки інформації, який включає прийом сигналу, його аналіз, прийняття стратегії виконання на її здійснення, реалізацію цього рішення і сам руховий акт [16,19]. Виконання завдання з диференціювання розумового навантаження зв'язано з протіканням складної аналітико-синтетичної діяльності мозку та «включенням» в дію різного числа мозкових структур [8,9]. Таким чином при здійсненні складної реакції функція мозку охоплює діяльність багатьох функціональних одиниць, які нині називають нейрональні колонки, нейрон альні ансамблі і нейрональні модулі [14]. Такі об'єднання утворюються не лише в межах однієї ділянки мозку, але зачіпають і інші. І чим складніше завдання, тим, слід вважати, цих об'єднань утворюється більше і більше.

Отримані нами дані вірогідності різниць і достовірності кореляції параметрів реакцій вибору у осіб з різними властивостями основних нервових процесів являються доказом можливості застосування їх, мається на увазі середні характеристики реакцій вибору двох із трьох, в якості додаткового інформативного критерію оцінки індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи. Надання типологічним властивостям фізіологічної основи прояву складних сенсомоторних функцій має свої підстави. Вони підтверджують результати наших попередніх досліджень [16,19], а також і отриманих нашими учнями [4, 5, 10, 26, 27, 30 та ін.].

Володіючи інформацією наявності методичного арсеналу у нас в країні і за її межами з діагностування індивідуально-типологічних властивостей у людини, звертаємо увагу на наступне: вивчення швидкості сенсомоторного реагування на навантаження різного ступеня складності в зв'язку із станом властивостей основних нервових процесів ми спеціально застосували два режими («зворотний зв'язок і нав'язаний ритм» – «зростаюче навантаження») з виявлення одних і тих же ознак, надаючи тим самим важливості отримання очікуваних результатів глибокої об'єктивізації і можливості всебічного аналізу. Адже стандартизація методик виявлення властивостей основних нервових процесів фактично у нас відсутня і науковцям ще багато часу прийдеється цим займатись. В наших обстеженнях ми користуємось одними і тими ж методичними підходами, проводимо їх за однією і тією ж схемою і т.д., що дозволяє порівнювати результати отриманих даних різними дослідниками, в різних умовах, на різних групах людей, різних професій та віку і ін. Як видно із табл. 2 і 3, між показниками властивостей ФРНП та СНП, що їх характеризують, і отриманих як в межах кожного із режимів, так і між ними виявлено високі кореляційні відношення. Ми вважаємо, що наявність таких високих коефіцієнтів кореляції між представленими рядами дає можливість використання для визначення індивідуальних відмінностей між людьми (за показниками властивостей основних нервових процесів) лише одного із тестів любого із режимів. Це залежить як від задач експерименту, так і від умов їх проведення (масові обстеження, особливостей природних факторів чи умов трудової діяльності), не впливаючи на кінцевий результат.

Висновки

1. Часові характеристики простих сенсомоторних реакцій будучи однією із складових властивостей основних нервових процесів і маючи високу генетичну обумовленість, окремо взяті не можуть вважатись інформативними критеріями їх оцінки. Вони, слід гадати, характеризують наявний функціональний стан організму, рівень збудливості центральних апаратів відповідних рефлексорних дуг, швидкість появи і протікання та зупинки збудження по нейронним ланцюгам.

2. Часові характеристики складних сенсомоторних реакцій, в наших обстеженнях це реакції вибору двох із трьох зорових сигналів, здійснюваних в «оптимальному режимі», можуть бути використані як додаткові показники для оцінки індивідуально-типологічних властивостей ВНД, зокрема рівня функціональної рухливості та сили нервових процесів.

3. Вважати експериментально доказаним використання режимів «зворотний зв'язок» і «нав'язаний ритм» («зростаюче навантаження») високо надійними і адекватними методичними підходами для виявлення індивідуальних відмінностей між людьми за властивостями основних нервових процесів і можливості застосування одного із їх тестів (при особливих умовах експерименту) для об'єктивної оцінки переробки інформації.

Література

1. Богаченко Л.С., Фадеева В.К. О типологических особенностях высшей нервной деятельности по материалам экспериментальных исследований замыкательной функции и взаимодействия первой и второй сигнальных систем у детей // Журн.высш.нерв.деят. – 1953 – Т.3., №5. – С.704-717.
2. Васильева А.В. Типологические особенности ВНД и критерии профпригодности на профессию оператора прокатного цеха / В сб.: Психофизиологические основы профотбора и профориентации. М.,1976. – С.15-23.
3. Вяткин Б.А. Динамика вариативности латентного периода времени простой двигательной реакции – показатель типологических различий по силе процесса возбуждения// Новые исследования в психологии возрастной физиологии. М.:Педагогика. 1970. – №1. – С.169-172.
4. Голяка С.К. Властивості нейродинамічних та психомоторних функцій у студентів з різним рівнем спортивної кваліфікації: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.13 / Львівський нац. ун-т ім. І. Франка. – Львів, 2005.-20 с.
5. Давидова О.М. Стан властивостей основних нервових процесів, функцій пам'яті та уваги в учнів старшого шкільного віку: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.13/ Київський ун-т ім. Т. Шевченка. – Київ,1996. – 20с.
6. Загрядский В. П., Сулимо-Самуйло З. К. Методы исследований в физиологии труда. – Л.: Наука, 1976. – 93 с.
7. Зимкина А. М., Климова-Черкасова В. И. Нейрофизиологические исследования в экспертизе трудоспособности.- Л.: Медицина, 1978. – 280 с.
8. Иваницкий А. М. Мозговые механизмы оценки сигналов. – М.:Медицина, 1976. – 263 с.
9. Иваницкий А. М. Уровни психического отражения и реакции организма // Принципы и механизмы деятельности мозга. – Л: Наука, 1985 – с.22-24.
10. Кравченко О. К. Стан властивостей основних нервових процесів, функції пам'яті та уваги у людей зрілого та похилого віку: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.13 / Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – Київ, 2000. – 18 с.
11. Красногорский Н.И. О типовых особенностях высшей нервной деятельности у детей // Журн.высш. нервн. деят. – 1953. – Т.3, №2. – С.169-183.
12. Крестовник А.Н. Учение о ВНД как естественно-научная основа теории физического воспитания.- // Журн.высш. нервн. деят. – 1953. – Т.3, №5. – С.665-679.
13. Леках В.А. К вопросу об изучении подвижности нервных процессов у человека. // Журн.высш. нервн. деят. – 1963. – Т.13, №3. – С.445-452.
14. Ливанов М.Н. Пространственно-временная организация потенциалов и деятельность головного мозга. Избранные труды. – М.: Наука, 1989. – 398 с.
15. Лоскутова Т.Д. Оценка функционального состояния центральной нервной системы по параметрам простой двигательной реакции // Физиол.журн. СССР. – 1975. – Т.51, №1. – С.3-11.
16. Макаренко Н.В. Время сложной сенсомоторной реакции выбора у лиц с различной функциональной подвижностью нервных процессов //Журн. высш.нервн. деят. – 1989. – Т.39, вып.5. – С.813-818.
17. Макаренко Н.В. Латентный период сенсомоторной реакции у лиц с различной функциональной подвижностью нервной системы// Журн. высш. нервн. деят. – 1984. – Т.34, вып.6. – С.1041-1046.
18. Макаренко М.В. Методика проведення обстежень та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн. – 1999. – Т.45, №4. – С.123-131.
19. Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. – Киев, Наукова думка. 1991. – 216 с.

20. Макаренко М.В., Лизогуб В.С. Комп'ютерна система «Діагност-1» для визначення нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності / Матеріали симпозиуму «Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі» – Черкаси, 2003. – С.60.
21. Макаренко М.В., Лизогуб В.С. Онтогенез психологічних функцій людини. – Черкаси, Вертикаль, 2011. – 256 с.
22. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Малюга В. М., Панченко В. М. Сенсомоторна реактивність за умов розумових навантажень з переробки зорово-слухової інформації у людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи // Вісник нац. ун-ту оборони України. Збірник наук. праць. – Київ, 2013. – 1 (32/2013). – С.229-235.
23. Макаренко М. В, Панченко В. М. Сенсомоторна реактивність у людей з різними властивостями основних нервових процесів // Вісник нац. ун-ту оборони України. Збірник наук. праць. – Київ, 2012. – 4 (29). – С. 188-193.
24. Мочалин В. В., Туманов Т. В. Психофизиологические показатели профессиональной пригодности железнодорожных машинистов / В сб.: Психофизиологические основы профотбора и профориентации. – М., 1976. – С.42-54.
25. Небылицын В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. – М.: Наука, 1976. – 336 с.
26. Никоненко О.П. Зв'язок властивостей основних нервових процесів з психофізіологічними функціями та успішністю льотного навчання: автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.13 / Київський ун-т ім. Т.Шевченка. – Київ, 1996. – 16 с.
27. Панченко В.М. Індивідуальні психофізіологічні відмінності та їх значення при професійному відборі кандидатів на військову службу в особливих умовах: автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.13/ Київський нац. ун-т ім. Т.Шевченка. – Київ, 2003. – 16 с.
28. Психологический отбор летчиков. Под редакцией Е.А. Милеряна. – Киев, 1966. – 235 с.
29. Теплицкая Е.Н. Психомоторная активность при нарушении психики. – Киев: Здоровье, 1982. – 176 с.
30. Харченко Д.М. Стан психофізіологічних функцій у студентів з різними властивостями основних нервових процесів автореф. дис. канд. біол. наук: 03.00.13 / Київський ун-т ім. Т. Шевченка. – Київ, 1998. – 16 с.
31. Шафран Л.М., Псядло Э.М. Теория и практика профессионального психофизиологического отбора моряков. – Одесса, 2011. – 256 с.

References

1. Bogachenko, L.S., Fadeyeva, V.K. (1953). About typological features of higher nervous activity by the metrialis of experimental studies of the closure function and interaction of the first and second signal systems in children. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti (The journal of higher nervous activity)*, 3, 5,704-717. (in Rush)
2. Vasilyeva, A.V. (1976). Typological peculiarities of HNP and criteria of professional suitability for the profession of operator in the rollingmill. Psychophysiological bases of professional selection and orientation. M.,15-23. (in Rush)
3. Vyatkin, B.A. (1970). Dynamics of variability of latent period of time of simple motor reaction is the index of typological differences in the strength of the excitation process. *Novye issledovaniya v psichologii vozrastnoy fiziologii (New research in psychology and age physiology)*, M. Pedagogy.1, 169-172. (in Rush)
4. Golyaka, S.K. (2005). Properties of neurodynamic and psychomotor functions for students with different levels of sports qualification: abstract. thes. Lviv,20. (in Ukr)
5. Davydova, O.M.(1996). State of the properties of the basic nervous processes, functions of memory and attention is in the pupils of the senior school age. Abstract thes. Kyiv, 20. (in Ukr)
6. Zagraskiy, V.P. Sulimo-Samuylo, Z.K. (1976). Methods of research is in the physiology of labor. L. Nauka, 93. (in Rush)
7. Zymkina, A.M., Klymova-Cherkasova, V.I. (1978). Neurophysiological studies is in the examination of disabilit. L. Medicine,280. (in Rush)
8. Ivaniskiy, A.M. (1976). Brain mechanisms of signal evaluation. M.Medicine,263. (in Rush)
9. Ivaniskiy, A.M. (1985). Levels of mental reflection and body reaction. Principles and mechanisms of brain activity. L.Nauka, 22-24. (in Rush)
10. Kravchenko O.K. (2000) The state of the properties of the main nervous processes, the functions of memory and attention is in the people of mature and elderly. abstract. thes. Kyiv,18. (in Ukr)
11. Krasnjgirskiy, N.I. (1953). About typical features of higher nervous activity in children. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti (The journal of higher nervous activity.)*. 3, 2,169-183. (in Rush)
12. Krestovnik, A.N. (1953). The doctrine of HNP is as a natural science base of the theory of physical education. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti (The journal of higher nervous activity.)*. 3, 5, 665-679. (in Rush)

13. Lecah, V.A. (1963). To the question of studying the mobility of human nervous processes. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti (The journal of higher nervous activity)*. 13,3,445-452. (in Rush)
14. Lyvanov, M.N. (1989). Spatial-temporal organization of potentials and activity of the brain. Selected works. M. Nauka, 398. (in Rush)
15. Loskutova, T.D. (1975). Estimation of the functional state of the central nervous system by parameters of a simple motor reaction. *Fiziologicheskij zhurnal (Physiological journal)*. 51,1, 3-11. (in Rush)
16. Makarenko, N.V. (1989). Time of complex sensory-motor reaction of choice at persons with various functional mobility of nervous processes. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti (The journal of higher nervous activity)*. 39, 5, 813-818. (in Rush)
17. Makarenko, N.V. (1984). Latent period of sensorimotor reaction in the individuals with different functional mobility of the nervous system. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti (The journal of higher nervous activity)*. 34, 6, 1041-1046. (in Rush)
18. Makarenko, N.V. (1999). Methods of conducting surveys and evaluating individual neurodynamic properties of human higher nervous activity. *Fiziologicheskij zhurnal (Physiological journal)*. 45, 4, 123-131. (in Ukr)
19. Makarenko, N.V. (1991). Psychophysiological functions of a person and operator labor. Kyiv. Scientific thought, 216. (in Rush)
20. Makarenko, N.V., Lysohub, V.S. (2003). Computer system "Diagnostic-1" is for the determination of neurodynamic properties of higher nervous activity. Features of the formation and formation of psychophysiological functions in ontogenesis. Cherkasy, 60. (in Ukr)
21. Makarenko, N.V., Lysohub, V.S. (2011). Ontogenesis of psychological functions of a person. Cherkasy, 256. (in Ukr)
22. Makarenko, N.V., Lysohub, V.S., Malyuha, V.M., Panchenko, V.M. (2013). Sensomotor reactivity during the mental work to the processing of visual-auditory information in people with different individual-typological properties of the higher parts of the central nervous system. *Visnyk nacional'noho universytetu oborony Ukrainy (Bulletin of the National Defense University of Ukraine)*. Kyiv. 1,32, 229-235. (in Ukr)
23. Makarenko, N.V., Panchenko, V.M. (2012). Sensomotor reactivity is in the *Visnyk nacional'noho universytetu oborony Ukrainy (Bulletin of the National Defense University of Ukraine)*. Kyiv. 4 (29), 188-193. (in Ukr)
24. Mochalin, V.V., Tumanov, T.B. (1976). Psychophysiological indicators of professional suitability of operators of rail. Psychophysiological bases of professional selection and orientation. M, 42-54. (in Rush)
25. Nebylitsyn, V.D. (1976). Psychophysiological study of individual differences. M. Nauka, 336. (in Rush)
26. Nikonenko, O.P. (1996). The communication properties of the basic nervous processes with physiological functions and efficiency of flight training. thesis. Kyiv, 16. (in Ukr)
27. Panchenko, V.M. (2003). Individual physiological differences and their importance in the professional selection of candidates on military service under special conditions. Abstract thesis. Kyiv, 16. (in Ukr)
28. Psychological selection of pilots. Under the editorship of E.A. Myleran, (1966). Kyiv, 235. (in Rush)
29. Teplitskaia, E.N. (1982). Psychomotor reactivity in mental disorders. Kyiv, 176. (in Rush)
30. Kharchenko, D.M. (1998). Condition of psycho-physiological functions in students with different authorities of the main nervous processes. Kyiv, 16. (in Ukr)
31. Shafran, L.M., Psyadlo, E.M. (2011). Theory and practice of professional psycho-physiological selection of seamen. Odessa, 256. (in Rush)

Summary. *Makarenko M. V., Lysohub V. S., Savitsky V. L., Panchenko V. M., Kharchenko D. M. Processing of visual-auditory information of varying degrees of complexity in people with different properties of the main nervous processes*

Introduction. *The presented results are a continuation of multiple proofs about the insusceptibility of the test of a simple sensory-motor response for to evaluate the properties of the main nervous processes and the recommendations their using in the practical sphere and in particular into the system of professional psycho-physiological selection of specialists of different profiles.*

Purpose of the article *is the study of speed of processing visual - and auditory-motor activity with different degree of complexity in people with different individual-typological properties of the higher parts of the Central nervous system.*

Methods. *Individual differences in speed of sensorimotor response and properties of main nervous processes studied by the method of M. V. Makarenko, with the using of a computer system "Diagnost-1". Identifying the characteristics was carried out in the program named "imposed rhythm".*

Functional mobility of nervous processes identified using two methods named: the first named "feedback" and the second - "imposed rhythm". Digital arrays are processed by variation statistics the program Statgraphis.

Results. *It was showed the absence of relationship of the speed of simple sensorimotor reaction of persons with different levels of properties of the basic nervous processes. The speed was the same as the representatives of high and middle and low levels which is confirmed by the results of correlation analysis. The connection of the sensory-motor reaction's speed with individually-typological features of the higher parts of the Central nervous system manifested between them under the terms of presentation and processing of difficult information differentiation of positive and inhibitory signals. More difficult load caused more great connection. That is, the time characteristics were in direct dependence on the individual-typological properties.*

Conclusion. *Taken separately the temporal characteristics of simple sensorimotor reactions cannot be considered as informative criteria for their evaluation. They apparently characterize the existing functional state of the organism, the level of excitability of the Central parts of the appropriate reflex arcs, the speed appearing and flowing and stopping of the excitation neurons chains.*

The characteristics of the complex sensorimotor reactions can be used as additional indicators for the evaluation of individual-typological properties of higher nervous activity, in particular, the level of functional mobility and the strength of the nervous processes.

To consider experimentally proved use of regimes "feedback" and "imposed rhythm" highly reliable and adequate methodological approaches for revealing individual differences between people on the properties of the main nervous processes

Originality. *It was found additional evidence of the use of complex cognitive acts as a quantitative criterion for evaluating individual-typological properties.*

Keywords: *individual-typological properties, level of functional mobility and strength of the nervous processes, processing information of varying degrees of complexity, latent periods of simple reactions and reactions of choice, auditory-motor and visual-motor reactions.*

¹Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

²Науково-дослідний центр гуманітарних проблем збройних сил України

³Українська військово-медична академія

Одержано редакцією 08.09.2016

Прийнято до публікації 11.06.2018

ЗМІНИ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ МОТОРНОЇ ЗОНИ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ САМОК ЩУРІВ РІЗНОГО ВІКУ

У статті досліджено і проаналізовано зміни абсолютних та нормованих показників електричної активності моторної зони кори самок щурів чотирьох вікових груп: ювенільного, молодого, зрілого та передстаречого віку. Встановлено вірогідні вікові зміни показників абсолютної та нормованої потужності біоелектричної активності в даній зоні неокортексу. За показниками абсолютної потужності у самиць зрілого та передстаречого віку домінували дельта- та бетаподібний ритми. Показники цих ритмів були вірогідно вищими порівняно з показниками самиць ювенільного та молодого віку. У самиць ювенільного віку в даній ділянці кори спостерігалось переважання потужностей низькочастотних високоамплітудних хвиль, що проявлялось в синхронізації ритмів ЕКоГ. В трьох інших вікових групах спостерігалась десинхронізація ритмів моторної зони кори головного мозку.

Ключові слова: електрокортикограма (ЕКоГ), моторна кора, ювенільний вік, молодий вік, зрілий вік, передстаречий вік.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Біоелектрична активність кори головного мозку є відображенням життєдіяльності великої кількості її нейронних елементів. Характер біоелектричної активності залежить не тільки від активності власних кортикальних нейрональних елементів, а й від нервової імпульсації, яка поступає по аферентним каналам від різних неспецифічних та асоціативних підкоркових структур. Саме тому, потужність біоелектричної активності розглядають як відображення складних процесів прийому, переробки та інтерференції власної активності і аферентної інформації, що постійно надходить в нейронні елементи кори головного мозку [1]. Відомо також, що характер електрокортикограми (ЕКоГ) визначається функціональним станом нервової тканини та рівнем обмінних процесів [2].

Кора великих півкуль мозку диференційована на різні за своєю будовою формації та є неоднорідною за локалізацією її функцій. Розвиток цих зон кори головного мозку в онтогенезі є гетерохронним [3]. Крім того, різні структури мозку змінюються з віком на цитоархітонічному рівні, що, в свою чергу, призводить до змін електричної активності. Моторна кора знаходиться попереду центральної борони та дозріває однією з перших. Тому, вивчення цієї зони є зручним для науковців, які досліджують ранні онтогенетичні зміни [4,5]. Оскільки після повного дозрівання неокортексу продовжується процес вікових змін, то цей факт необхідно враховувати під час дослідження впливу різних чинників на електричну активність мозку [6]. Більшість науковців використовують в дослідженнях тварин ювенільного та молодого віку, що є більш зручним та швидким в методологічному плані [7, 8]. Але саме зміни, що наступають на пізніх етапах онтогенезу, можуть значно вплинути на результати досліджень негативних факторів і тестуванні лікарських засобів.

Незважаючи на численні дослідження біоелектричної активності різних зон кори мозку щурів [9-11], інтимні механізми цих явищ в моторній зоні в процесі вікової інволюції залишаються нез'ясованими. Дослідження вікової інволюції біоелектричної активності з позицій статі – досить важливе питання, оскільки дозволяє розкрити загальні фізіологічні механізми, які виникають в процесі онтогенезу. Все це обумовлює перспективність та актуальність дослідження питання модуляції показників електричної активності кори головного мозку щурів в онтогенезі.

Мета статті: виявити вікові зміни показників біоелектричної активності моторної зони кори головного мозку самиць щурів.

Матеріал та методи

Експерименти проводили на білих нелінійних безпородних щурахсамках, яких розподілили за віком 4 груп: I група – самки ювенільного віку періоду статевого дозрівання, ($n = 15$); II група – самки молодого віку репродуктивного періоду, ($n = 14$); III група – самки зрілого віку репродуктивного періоду, ($n = 14$); IV група – самки передстаречого віку періоду старечих змін, ($n = 14$) [12]. Тваринам які надійшли до експериментуза правилами зоогієни проводили карантин. Щури утримувались у стандартних умовах для лабораторних тварин: у світлому приміщенні з постійною температурою 20 – 25° та вологістю 40 – 45%, без обмежень у питній воді.

Утримання щурів та експерименти проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 2005), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених П'ятим національним конгресом з біоетики (Київ, 2013).

Реєстрацію біоелектричної активності електрокортикограми (ЕкоГ) проводили в умовах гострого експерименту. Хірургічна процедура підготовки до експерименту виконувалась під дією наркозу: тіопенталу натрію (50 мг/кг) або 2-(орто-хлорфеніл)-2-(метиламіно)-циклогексанону гідрохлорид, та кетаміну гідрохлорид (20 мг/кг) [3, 4]. Розчин наркозу вводили у черевну порожнину щура. Спочатку вводили тіопентал натрію, через 5 хвилин – кетамін. Після чого тварина фіксувалась у стереотаксичному приладі та проводилась трепанція черепу. Для отримання чіткого відведення біоелектричної активності моторної зони кори головного мозку досить жорстко закріплювалась голова щура у трьох точках (щелепа та два слухових отвори). Після в неокортекс вводили голчастий уніполярний ніхромовий електрод (діаметр 100 мкм) вкритий лаковою ізоляцією окрім кінчика. Відведення біопотенціалів здійснювали згідно координатам атласу G. Paxinos, Ch. Watson [13]. Координати моторної первинної зони кори головного мозку: bregma (B): - 1,4; латеральна вісь (L): 0,8; інтерауральна вісь (I): 2. Індиферентний електрод закріплювали на вушній раковині тварини. Заземлення здійснювали за допомогою електроду, який закріплювався на хвості. Реєстрацію біопотенціалівкортикограми проводили за допомогою поліграфу П6Ч-01 (Україна) та стандартного електрофізіологічного устаткування з 16-розрядним АЦП з частотою вибірки – 512 Гц (Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця, м. Київ). У всіх записах біоелектричної активності тривалість епохи аналізу становила 60 с з кроком дискретизації частоти df , що дорівнював 0,1 Гц. Використовували вікно Хеммінга для видалення крайових ефектів. Відповідно до рекомендації Міжнародної федерації суспільства електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології, ми використовували наступну класифікацію коливань по діапазнам: дельта (δ) – 0,5 – 3,5 Гц, тета (θ) – 4 – 7 Гц, альфа (α) – 8 – 13 Гц, бета (β) – 14 – 30 Гц. По закінченню кожного експерименту проводилась декапітація тварин.

Отримані результати обробляли статистично з використанням поліпараметричного дисперсійного аналізу програми SPSS 22.0.0.0, комп'ютерних програм MatCad, Meanrow та Powspec (Інститут фізіології імені О. О. Богомольця, м. Київ), Origin Professional 6.0. Розраховали середнє значення та помилку середнього. Зміни вважались вірогідними при рівні значимості $P < 0,05$.

Результати та обговорення

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що у самиць ювенільного віку періоду статевого дозрівання абсолютний показник дельта-активності складав

$39,76 \pm 13,1 \text{ мкВ}^2$ (рис. 1). У самок молодого віку статевозрілого періоду даний показник знизився в 2,2 рази відносно самиць ювенільного віку. Натомість у самиць зрілого віку репродуктивного періоду та самиць передстаречого віку періоду старечих змін абсолютний показник дельта-активності вірогідно збільшився відносно самиць перших двох вікових груп. Так у самиць зрілого віку абсолютна потужність дельта-ритму вірогідно збільшилась в 3 рази відносно показників самиць ювенільного віку та в 7,3 рази відносно абсолютного показника активності даного ритму самиць молодого віку. Високий рівень потужності дельта-ритму спостерігається й у самиць передстаречого віку періоду старечих змін. Абсолютний показник дельта-активності самиць передстаречого віку вірогідно вищий відносно показників самиць ювенільного та молодого віку, та спостерігалась тенденція до зниження відносно показників самиць зрілого віку. Абсолютний показник низькочастотного дельта-ритму самиць четвертої вікової групи в 2 рази вірогідно вище відносно самиць ювенільного віку, в 4,9 рази вище відносно показників самиць молодого віку, та на 32 % нижче порівняно з самками зрілого віку.

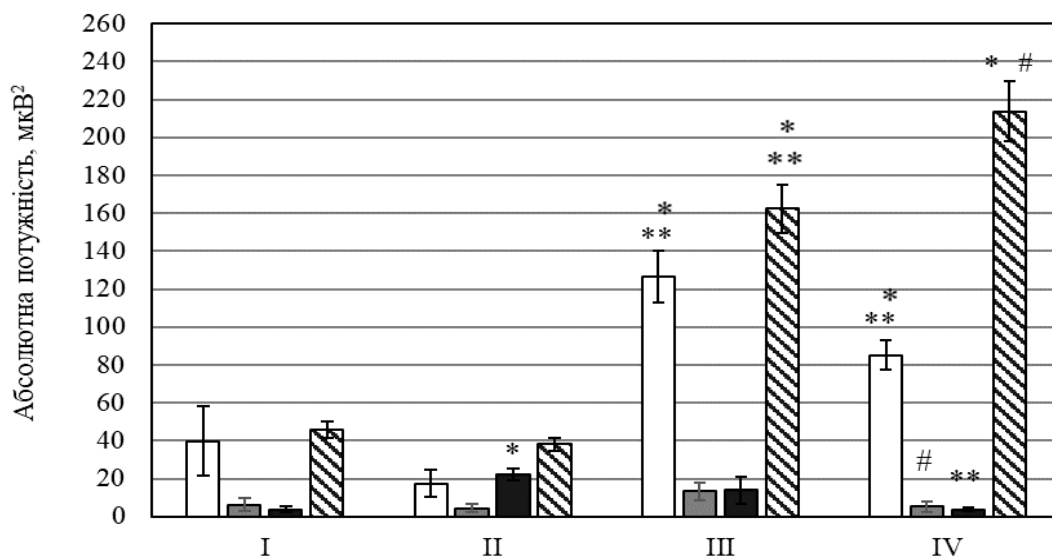


Рис.1. Зміни абсолютного показника біоелектричної активності моторної зони кори головного мозку щурів самок різних вікових груп, мкВ² ($M \pm m$).

Примітка: I – щури ювенільного віку, II – щури молодого віку, III – щури зрілого віку, IV – передстаречого віку. Білим кольором – абсолютний показник дельта-ритму; сірим – абсолютний показник тета-ритму; чорним кольором – абсолютний показник альфаподібної активності кори головного мозку; штрихований – абсолютний показник бетаподібної активності кори головного мозку. * – вірогідність відносно самок ювенільного віку, при $P < 0,05$; ** – вірогідність відносно самок молодого віку, при $P < 0,05$; # – вірогідність відносно самок зрілого віку, при $P < 0,05$.

Схожі зміни спостерігаються за показниками низькочастотного тета-ритму. Даний показник у самиць ювенільного віку складав $6,12 \pm 2,4 \text{ мкВ}^2$. Показник абсолютної потужності тета-ритму у самиць молодого віку знизився на 27 % відносно показників самиць ювенільного віку. В зрілому віці спостерігалась тенденція до підвищення абсолютної потужності даного ритму відносно самиць ювенільного та молодого віку. А саме, абсолютний показник тета-ритму збільшився в 2 та 3 рази порівняно з показниками груп ювенільного та молодого віку. В групі самиць передстаречого віку показник абсолютної потужності тета-активності вірогідно нижчий на 61 % відносно самиць зрілого віку. Спостерігалась тенденція до зниження даного показника відносно показників самиць ювенільного віку періоду статевого дозрівання. В даній віковій групі показник абсолютної потужності тета-ритму на 17 % вищий порівняно з показником самиць молодого віку.

Функціональний стан кори великих півкуль, також характеризує альфа-ритм. Але, альфа-ритм є характерним компонентом електрокортикограми лише людини, тож аналогічна йому активність дуже погано виражена у експериментальних щурів [7]. Дана обставина ускладнює експериментальний аналіз природи альфаподібних ритмів. Зміни високочастотної альфаподібної активності моторної зони кори головного мозку тварин були наступні. Так у самиць ювенільного віку періоду статевого дозрівання абсолютний показник високочастотного альфаподібного ритму складав $3,76 \pm 1,3$ мкВ². Даний показник у самиць молодого віку дорівнював $22,16 \pm 3,2$ мкВ² та був вірогідно вищий в 5,9 разів порівняно з показниками групи ювенільного віку. В зрілому віці показник абсолютної потужності альфаподібного ритму був в 3,7 разів вищий порівняно з показниками групи ювенільного віку та на 57% нижче відносно показників самиць молодого віку. Альфаподібна активність у самиць передстаречого віку за показником абсолютної потужності була подібною до значення даного показника самиць ювенільного віку. Також, даний показник альфаподібного-ритму в 5,9 разів вірогідно нижчий порівняно з самками молодого віку, та спостерігалась тенденція до зниження порівняно з показниками самиць групи зрілого віку.

У самиць ювенільного віку абсолютний показник бетаподібного-ритму дорівнював $45,89 \pm 4,5$ мкВ². В молодому віці спостерігалась тенденція до зниження даного показника на 16,6 % відносно самиць ювенільного віку. В зрілому віці показник абсолютної потужності бетаподібної активності моторної зони кори головного мозку вірогідно вищий відносно двох попередніх вікових груп. А саме, в зрілому віці даний показник вірогідно вищий в 3,5 та 4,25 рази порівняно з показниками самиць ювенільного та молодого віку. Показник абсолютної потужності бетаподібного ритму самиць передстаречого віку періоду старечих змін вірогідно вищий порівняно з самицями ювенільного та зрілого віку в 4,6 та 1,32 рази відповідно. Спостерігалась тенденція до підвищення даного показника у самиць передстаречого віку порівняно з абсолютним показником бетаподібної активності моторної зони кори головного мозку самиць молодого віку.

Проаналізувавши показники абсолютної потужності біоелектричної активності моторної зони кори головного мозку самиць щурів чотирьох вікових груп бачимо, що найвищі значення показників за всіма ритмами були притаманні самицям зрілого віку, а найнижчі самицям молодого віку. Вірогідно високими в усіх вікових групах були показники абсолютної потужності дельта-ритму та бетаподібного ритму.

Також, окрім показників абсолютної потужності нами було проаналізовано нормовані показники електричної активності моторної зони кори головного мозку щурів самиць (рис.2).

Отримані результати досліджень вказують на превалювання бетаподібного-ритму моторної зони кори головного мозку в трьох вікових групах: молодого, зрілого та передстаречого віку. У самок щурів ювенільного віку періоду статевого дозрівання за нормованими показниками біоелектричної активності домінував дельта-ритм, його частка складала 51,10 %. Нормований показник тета-ритму дорівнював 8,03%, значення показників високочастотних ритмів складали: 5 % –альподібного ритму та 35,87 % – бетаподібного ритму. Тобто, за нормованими показниками у самок ювенільного віку спостерігалась синхронізація ритмів.

В молодому віці порівняно з показниками самиць ювенільного віку знизилась нормовані показники низькочастотних ритмів та підвищилась відсоткова частка високочастотних ритмів. Нормований показник дельта-ритму складав 21,13 %, тета ритму – 5,41 %, натомість вірогідно збільшився показник бетаподібної активності та дорівнював 46,51 %. В 5,4 рази вірогідно вищий нормований показник альфаподібного ритму моторної зони кори самиць молодого віку порівняно з самицями ювенільного віку. Такий розподіл нормованих показників вказує на десинхронізацію ритмів.

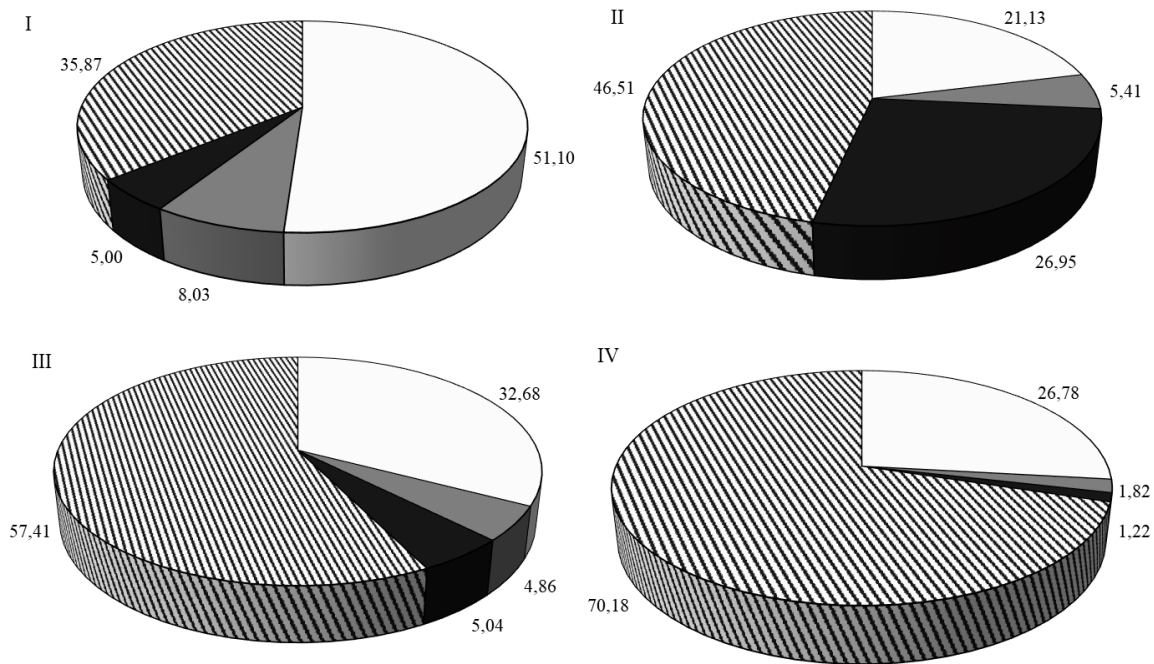


Рис.2. Зміни нормованого показника біоелектричної активності моторної зони кори головного мозку щурів самок різних вікових груп, мкВ².

Примітка: I – щури ювенільного віку, II – щури молодого віку, III – щури зрілого віку, IV – передстаречого віку. Білим кольором – нормований показник дельта-ритму; сірим – відносний показник тета-ритму; чорним кольором – відносний показник альфаподібної активності кори головного мозку; штрихований – відносний показник бетаподібної активності кори головного мозку.

За нормованими показниками біоелектричної активності моторної зони кори головного мозку самиць зрілого віку репродуктивного періоду привалювали високочастотні ритми. Значення нормованого показника дельта-ритму дорівнювало 32,68 %, що вірогідно вище відносно самиць молодого віку. Вірогідно нижче в 5,34 рази значення нормованого показника альфаподібного ритму самиць зрілого віку відносно групи молодого віку. Найбільша частка припадає на бетаподібну активність, нормований показник складає 57,41 %. Отримані результати вказують на десинхронізацію ритмів.

В передстаречому віці у самиць значення нормованого показника дельта-ритму вірогідно нижче в 1,9 разів відносно самиць ювенільного віку. Вірогідно знизилась нормовані показники тета й альфаподібного ритмів в 2,97 та в 22 рази відносно самиць молодого віку. Нормований показник бетаподібного ритму був найвищим серед всіх вікових груп та доміантним в групі передстаречого віку, він дорівнював 70,18 %. Превалювання високочастотного бетаподібного ритму та зниження низькочастотних ритмів вказує на десинхронізацію ритмів.

Проаналізувавши зміни абсолютних та нормованих показників ЕкоГ щурів самок різних вікових груп, бачимо, що в моторній зоні кори з віком відбулись вірогідні зміни частотно-амплітудних характеристик електричної активності. У самиць ювенільного віку спостерігалась синхронізація електричних коливань за рахунок зростання абсолютної та нормованої потужності низькочастотної високоамплітудної електричної активності з превалюванням дельта ритму. В групі самиць молодого віку спостерігалась тенденція до зниження показників абсолютної та нормованої потужності низькочастотних хвиль, натомість вірогідно збільшувались показники

високочастотних хвиль. У тварин зрілого та передстаречого віку вірогідно підвищились абсолютні та нормовані показники дельта активності та бетаподібної активності порівняно до показників ювенільних та молодих самиць. Спостерігалась десинхронізація ритмів з відсотковим переважанням бетаподібної активності неокортексу самиць зрілого та передстаречого віку.

Низькою авторів показано [4, 6], що у щурів ювенільного та молодого віку на електрокортикограмі переважає дельта активність та наявна синхронізація ритмів. Згідно деяких досліджень [5] показники потужностей дельта-ритму біоелектричної активності кори головного мозку тварин контрольної групи у відсотковому співвідношенні коливались у межах 73,2–87,6 %. Також, роботи даних авторів вказують на зниження абсолютної потужності біоелектричної активності за всіма ритмами починаючи з 7 місячного віку, що є подібним до наших результатів.

Вікові зміни електричної активності моторної зони кори головного мозку щурів на нашу думку можуть бути в значній мірі пов'язані з інволюційними змінами різних медіаторних та гормональних систем. На даний час існує велика кількість досліджень про роль нейротрансмітерів в регуляції нормального старіння і при вікових патологіях [10, 14]. Отримані нами результати модуляції показників біоелектричної активності можуть бути пов'язані зі зниженням компонентів дофамінової системи та переносника дофаміну. Встановлено, що з віком знижується кількість норадренергічних нейронів, знижується вміст й активність пептидів таких, як тромбоцитарний, інсуліноподібний фактор, й фактор росту фібробластів [15]. Знижується з віком холінергічна та серотонінергічна іннервація кори головного мозку [11, 16, 17], відбувається перерозподіл холестеролу за рахунок збільшення внутріклітинного холестерину, що призводить до зниження синтезу холестеролу та, як наслідок зниження синтезу гормонів [14]. В наших попередніх роботах [18], ми отримали подібні результати. Встановили, що з віком знизився вміст кортикостерону та дегідроепіандростерон-сульфату у сироватці крові щурів різної статі.

З віком у самиць щурів відбувався вірогідний перерозподіл біоелектричної активності моторної зони кори великих півкуль в бік високочастотних низькоамплітудних ритмів з домінуванням бетаподібної активності. Як правило, збільшення бетаподібної активності розглядають як приклад підвищення кортикального тону. Тобто, нервові напруження, тривожність та збудження супроводжуються зниженням альфаподібної-активності та переважанням на електрокортикограмі бета-ритму. Синхронізація ритмів була притаманна лише самкам ювенільного віку, в інших трьох групах спостерігалась десинхронізація ритмів.

Висновки

В моторній зоні кори головного мозку самиць щурів за показниками абсолютної потужності домінувала бетаподібна активність, окрім групи самиць ювенільного віку. З віком абсолютна потужність дельта ритму вірогідно збільшилась у самок зрілого та передстаречого віку порівняно з попередніми групами. Так у самиць зрілого віку даний показник вірогідно збільшилась в 3 рази відносно показників самиць ювенільного віку та в 7,3 рази відносно самиць молодого віку. У самиць четвертої вікової групи потужність дельта ритму в 2 рази вірогідно вища відносно самиць ювенільного віку та 4,9 рази вище відносно показників самиць молодого віку, натомість на 32 % нижче порівняно з самками зрілого віку. Також в зрілому та передстаречому віці вірогідно збільшується абсолютна потужність бетаподібної активності. За абсолютними та нормованими показниками біоелектричної активності моторної зони неокортексу у самиць ювенільного віку спостерігалась синхронізація ритмів, а у трьох інших вікових групах десинхронізація ритмів за рахунок превалювання високочастотних ритмів в сумарній ЕКоГ.

Література

1. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). – М.: Медпресс-информ, 2002. – 368 с.
2. Фокина Ю.О. Изменения спектральной мощности ритмов ЭЭГ животного после проведения сеансов бета/тета тренинга / Ю. О. Фокина, А. М. Куличенко, В. Б. Павленко // Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. – 2009. – Т. 22 (61). – № 2. – С. 140-144
3. Бачинская Н.Ю. Синдром умеренных когнитивных нарушений / Н.Ю. Бачинская // *НейроNews: психоневрология и нейропсихиатрия*. – 2010. – № 2/1. – С.12–17.
4. Мурзін О.Б. Зміни біоелектричної активності кори головного мозку шурів, під впливом вихрового імпульсного магнітного поля / О.Б. Мурзін, В.П. Ляшенко, Г.О. Задорожна // *Вісник проблем біології і медицини*. – 2015. – Вип. 2. – Том. 1 (118). – С. 377–381.
5. Чаус Г. Г. Динаміка показників біоелектричної активності кори головного мозку шурів за умов стресу і застосування гідазепаму / Г. Г. Чаус, Т. Г. Чаус, В. П. Ляшенко // *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. – 2008. – Вип. 16, т. 1. – С. 210–215.
6. Берченко О.Г. Нейрофізіологічні механізми формування нехімічної залежності самостимуляцією позитивно емоційних зон мозку у шурів / О.Г. Берченко, Д.О. Бевзюк, Н.О. Левічева, С.П. Колядко // *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. – 2016. – Т. 24(2). – С. 270–275. doi: 10.15421/011634.
7. Mongilo G. Neuroscience: Formation of a Percept in the Rat Cortex / G. Mongilo, Y. Loewenstein // *Current Biology*. – 2017. – № 27(11). – P.423–425. doi: 10.1016/j.cub.2017.04.019.
8. Bradshaw S.E. Age-related changes in prefrontal norepinephrine transporter density: The basis for improved cognitive flexibility after low doses of atomoxetine in adolescent rats / S.E.Bradshaw, V.L.Agster, B.D.Waterhouse, J.A. McGaughy// *Brain Research*. – 2016. – №1641 (B). – P. 245–257 doi: 10.1016/j.brainres.2016.01.001.
9. Shumilova T.E.Activity and Circulatory Effects of Nitrite in the Rat Cerebrum / T.E.Shumilova, A.G. Smirnov, V.I. Sheshkov et al. // *Biology Bulletin*. – 2015. – Vol. 42. No. 2. – P. 139–144.
10. Pirrtimaki T.M.Astrocyte-Mediated Neuronal Synchronization Properties Revealed by False Gliotransmitter Release /T.M.Pirrtimaki, R.E. Sims, G. Saunders et al // *Journal of Neuroscience*. – 2017. – №11/37(41). doi: 10.1523/JNEUROSCI.2761-16.2017.
11. Olsen G.M.Posterior parietal cortex of the rat: Architectural delineation and thalamic differentiation / G.M. Olsen, M.P. Witter // *Journal of comparative neurology*. – 2016. – №524(18). – P. 3774–3809. doi: 10.1002/cne.24032.
12. Западнюк И.П., Лабораторные животные. / И.П. Западнюк, В.И. Западнюк, Е.А. Захария, Б.В. Западнюк. – Київ: Вища школа, 1983. – 383 с.
13. Paxinos G. The rat brain in stereotaxic coordinates / G. Paxinos, Ch. Watson. – New York.: Academic Press, 1998. – 474 p.
14. Маньковский Н.Б. Возрастные изменения нейротрансмитерных систем мозга как фактор риска цереброваскулярной патологии / Н.Б. Маньковский, С.М. Кузнецова // *Журнал неврологии и психиатрии*. Б.М. Маньковского. – 2013. – №2. – С.5–13.
15. Мельникова Т.В. Характеристика альфа-ритма ССГ при первом эпизоде параноидной шизофрении / Т.В. Мельникова, В.В. Саркисян, И.Я. Гурович // *Социальная и клиническая психиатрия*. 2013. – Т. 23. – № 1. – С. 40-45.
16. Howe W.M. Acetylcholine Release in Prefrontal Cortex Promotes Gamma Oscillations and Theta-Gamma Coupling during Detection / W.M.Howe, H.J.Gritton, N.A.Lusk, E.A. Roberts et al // *Journal of Neuroscience*. – 2017. – № 37 (12). – P. 3215–3230.
17. Obermayer J. Cholinergic Modulation of Cortical Microcircuits is Layer-Specific: Evidence from Rodent, Monkey and Human Brain / J. Obermayer, M.B. Verhovy, A. Luchicchi, H.D. Mansvelder// *Front Neural Circuits*. – 2017. – 11(100). doi: 10.3389/fncir.2017.00100.
18. Мізін В.В. Взаємозв'язок між рівнем кортикостерону та дегідроепіандростерон-сульфатом у сироватці крові шурів різного віку та статі / В.В. Мізін, В.П. Ляшенко, С.М. Лукашов // *Вісник Запорізького національного університету*. – 2017. – №2. – С. 67-74.

References

1. Zenkov L.R. (2002). Clinical electroencephalography (with elements of epileptology). Moscow: Medpress-inform. 368 (in Rus.).
2. Fokina YU.A., Kulichenko A.M., Pavlenko V.B. (2009). Changes in the spectral power of the EEG rhythms after the beta/theta training sessions. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo [Scientific notes of the V.I. Vernadsky Taurida National University]* 22 (61), 140-144 (in Rus.).

3. Bachinskaya N.YU. (2010). Syndrome of moderate cognitive impairment. *NeyroNews: psikhonevrologii i neyropsikhiatriya [NeuroNews: Psychoneurology and Neuropsychiatry]*. 2/1, 12-17 (in Rus.).
4. Murzin O.B., Lyashenko V.P., Zadorozhnaya G.A. (2015). Changes in bioelectric activity of rat cerebral cortex under the influence of a vortex pulsed magnetic field. *Vestnik problem biologii i meditsyny [Bulletin of problems Biology and Medicine]*. 2/1 (118), 377-381 (in Ukr.).
5. Chaus G.G., Chaus T.G., Lyashenko V.P. (2008). Dynamics of indices of bioelectric activity of rat cerebral cortex under stress conditions and administration of hydazepam. *Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta. Biologiya. Ekologiya [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology]*. 16/1, 210-215 (in Ukr.).
6. Berchenko A.G., Bevzyuk D.A., Leviceva N.A., Kolyadko S.P. (2016). Neurophysiological mechanisms of formation of non-chemical self-stimulation of positively emotional zones of the brain in rats. *Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta. Biologiya. Ekologiya [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology]*. 24 (2), 270-275 (in Ukr.). doi: 10.15421 / 011634.
7. Mongilo G., Loewenstein Y. (2017). Neuroscience: Formation of a Percept in the Rat Cortex. *Current Biology*, 27 (11), 423-425. doi: 10.1016 / j.cub.2017.04.019.
8. Bradshaw S.E., Agster V.L., Waterhouse B.D., McGaughy J.A. (2016). Age-related changes in prefrontal norepinephrine transporter density: The basis for improved cognitive flexibility after low doses of atomoxetine in adolescent rats. *Brain Research*, 1641 (B), 245-257. doi: 10.1016 / j.brainres.2016.01.001.
9. Shumilova T.E., Smirnov A.G., Sheshkov V.I., et al (2015). Activity and Circulatory Effects of Nitrite in the Rat Cerebrum. *Biology Bulletin*, 42/ 2, 139-144.
10. Pirttimaki T.M., Sims R.E., Saunders G. et al (2017). Astrocyte-Mediated Neuronal Synchronization Properties Revealed by False Gliotransmitter Release. *Journal of Neuroscience*, 11/37 (41). doi: 10.1523 / JNEUROSCI.2761-16.2017.
11. Olsen G.M., Witter M.P. (2016). Posterior parietal cortex of the rat: Architectural delineation and thalamic differentiation. *Journal of comparative neurology*, 524 (18), 3774-3809. doi: 10.1002 / cne.24032.
12. Zapadnyuk I.P., Zapadnyuk V.I., Zakhariya Ye.A., Zapadnyuk B.V. (1983). *Laboratory animals. Kiev: Vyshcha shkola*. 383 (in Rus.).
13. Paxinos G., Watson C. (1998). *The rat brain in stereotaxic coordinates*. New York: Academic Press. 474.
14. Man'kovskiy N.B., Kuznetsova S.M. (2013). Age-related changes in neurotransmitter brain systems as a risk factor for cerebrovascular pathology. *Zhurnal nevrologii i m. B. Man'kovskogo [The Journal of Neuroscience of B.M. Mankovsky]*. 2., 5-13 (in Rus.).
15. Mel'nikova T.V., Sarkisyan V.V., Gurovich I.YA. (2013). Characterization of the alpha-rhythm of the electroencephalogram at the first episode of paranoid schizophrenia. *Sotsial'naya i klinicheskayapsikhiatriya [Social and Clinical Psychiatry]*. 23/1, 40-45 (in Rus.).
16. Howe W.M., Gritton H.J., Lusk N.A., Roberts E.A. et al (2017). Acetylcholine Release in Prefrontal Cortex Promotes Gamma Oscillations and Theta-Gamma Coupling during Detection. *Journal of Neuroscience*, 37 (12), 3215-3230. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2737-16.2017
17. Obermayer J., Verhovy M.B., Luchicchi A., Mansvelder H.D. (2017). Cholinergic Modulation of Cortical Microcircuits is Layer-Specific: Evidence from Rodent, Monkey and Human Brain. *Front Neural Circuits*, 11 (100). doi: 10.3389 / fncir.2017.00100.
18. Mizin V.V., Lyashenko V.P., Lukashov S.M. (2017). The relationship between the level of corticosterone and dehydroepiandrosterone sulfate in the blood serum of rats of different age and sex. *Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu [Bulletin of the Zaporizhzhya National University]*. 2, 67-74 (in Ukr.).

Summary. Mizin V.V., Lyashenko V.P., Lukashov S.M. *Power changes in electrical activity of motor zone of the main brain of female rats of different age*

Introduction. The electrical activity of the cerebral cortex reflects complex processes of reception and processing of afferent information, as well as the functional state of the organism and the level of metabolic processes. At present bioelectric activity of the motor zone of the cerebral cortex of rats during the age-related involution is not sufficiently investigated. Since most authors investigate only rats of juvenile and young age. The question of the dynamics of the indicators of electrocorticogram is a promising and relevant direction of research, which allows us to reveal the general physiological mechanisms that arise in the process of ontogenesis.

Purpose To establish age changes of indicators of bioelectric activity of the motor zone of the cerebral cortex of female rats.

Methods. Experiments were performed on white nonlinear, non-rationally mature female rats divided into four groups by age. The registration of the electrocorticogram of the motor zone of the cerebral cortex was carried out by the method of removing the stereotactic potential, on a standard electrophysiological device. A needle unipolar electrode (nichrome diameter of 100 μm) was used. In

the total amount of electrocorticograms, the indicators of absolute and normalized power of the electric activity of the neocortex were analyzed.

Results The analysis of the results of the studies showed that beta-like activity dominated among females of all age groups, in addition to the group of females of juvenile age, based on the absolute power of the motor zone of the cerebral cortex. Absolute power of delta rhythm among females of a mature age significantly increased in 3 and 7,3 times relative to the parameters of this rhythm of females of juvenile and young age. In the group of pre-adolescence, this rhythm was 32% lower than that of females of mature age. The highest rate of absolute power of theta-rhythm was among females of mature age. In the juvenile and pre-elder age, the absolute power of alpha-like activity was similar and was $3,76 \pm 1,3 \mu V^2$. This indicator among females of young age was significantly higher in 5,9 times with respect to juvenile age groups. In the mature age, the absolute index of alpha-like rhythm is 3,7 times higher in relation to the juvenile age group and 57% lower than in the group of younger females. Beta-like activity at the younger age decreased by 16,6% relative to females of juvenile age. In the mature age, this indicator is significantly higher at 3,5 and 4,25 times with respect to the juvenile and younger age groups. In pre-instar age, the absolute power of beta-like activity is reliably higher than 4,6 and 1,32 times in relation to the parameters of juvenile and mature age females. For normalized indices, juvenile females were dominated by delta activity of 51,1% and synchronization of rhythms was observed. The beta-like rhythm predominated in the following three age groups, the highest value of which was in rats of pre-instantive age – 70,18%. Due to the dominance of high-frequency low-amplitude waves, females of young, mature, and pre-adolescent age observed desynchronization of rhythms.

Originality The absolute and normalized indices of the motor zone of the cerebral cortex of female rats of juvenile, young, mature and pre-period periods were studied.

Conclusion For indicators of absolute and normalized power, females of the juvenile age were dominated by delta activity and synchronization of biorhythms of the motor zone of the cerebral cortex was observed. At young age, the values of absolute power declined and beta-like activity predominated as a percentage, resulting in desynchronization of rhythms. In mature and pre-adulthood, females had high activity in the delta and beta-like rhythm. For normed indicators, beta-like activity and desynchronization of rhythms of neocortex in rats of mature and pre-instar age predominated.

Keywords: electrocorticogram, motor cortex, juvenile age, young age, mature age, prehistoric age.

¹Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро

²Лікувально-діагностичний науково-консультативний центр «Головний біль»,
м. Дніпро

Одержано редакцією 08.04.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

ФЕРМЕНТАТИВНИЙ СПІН-КАТАЛІЗ У ФЛАВІН-ВМІСНИХ ОКСИДАЗАХ ТА МАГНІТНА ОРІЄНТАЦІЯ ПТАХІВ

Спін-каталіз – це прискорення хімічної реакції за рахунок магнітних спінових взаємодій шляхом зміни повного спіну реакційної системи молекул. У даній роботі розглянуто особливості електронної будови флавіннуклеотидів, що пояснюють магнітну чутливість флавінових протеїнів у криптохромах. Обговорюється наступний тип спін-каталізу: електрон-ядерна спін-спінова взаємодія у радикальній парі створенної у криптохромі з окисненому аніон-радикалу ФАД та триптофан катіону. Всі ці типи магнітних збурень приводять до синглет-триплетних переходів в радикальних парах сформованих флавіннуклеотидами і обумовлюють зовсім різні магніточутливі біологічні явища.

Ключові слова: флавіннуклеотиди, ФАД, криптохроми, спін-орбітальна взаємодія, надтонка структура ЕПР, електрон-ядерна спін-спінова взаємодія

Постановка проблеми. Вчені давно задумувались над питанням, чому птахи здійснюють багатотисячні перельоти з півночі на південь не збиваючись з шляху. Орієнтуватись на місцевості на таких відстанях по згинах рік або контурах гір практично неможливо: як птахи можуть тримати в пам'яті складну карту всієї Земної кулі?

Магнітне поле Землі являє собою напругу, яка охоплює всю земну кулю і ближчий простір навколо неї, тобто надає інформацію про напрямок магнітних силових ліній. Людина використовує її за допомогою компасу для навігації та орієнтації в просторі океану чи літаку в небі. Чи можуть птахи та інші тварини також використовувати магнітне поле Землі для орієнтації у просторі?

Аналіз останніх публікацій. Нині експериментально доведено, що мігруючі птахи визначають напрямок поля, використовуючи специфічне чуття функціонування магнітного компасу, яке ґрунтується не лише на полярності поля (північ-південь), а і на його нахилі. Поєднання успадкованого міграційного напрямку і компасного чуття молодого птаха достатньо для того, щоб під час своєї першої осінньої міграції знайти свій шлях, наприклад, з Верхнього Придніпров'я до Африки. Однак, щоб знайти таке ж саму породу і місце зимування з року в рік, як це роблять дорослі птахи, необхідна справжня навігація, яка вимагає не лише компас, але також і карту. Чуття карти є багатофакторним, і різні сигнали можуть бути використані на різних етапах завдання самонаведення. Однак, магнітна інформація може бути корисною частиною чуття карти, особливо на великих відстанях, і спостерігається все більша кількість доказів того, що нічні перелітні птахи можуть визначати їх приблизне розташування на Землі, використовуючи геомагнітну інформацію. Нині, реакція нічних перелітних птахів на геомагнітні сигнали є досить добре вивченою і багато птахів, як видається, мають як магнітний компас так і магнітну карту. З іншого ж боку, розуміння основних біофізичних механізмів залишається однією з найважливіших проблем сенсорної біології, над якою інтенсивно працюють вчені багатьох країн з використанням самих сучасних теоретичних та експериментальних методів [1-3].

Провідна гіпотеза геомагнітного зондування, на якій ми зосереджуємо увагу, включає в себе магніточутливі хімічні проміжні утворення, відомі також як радикальні пари (РП), а у птахів цей механізм, здається, лежить в основі чуття магнітного компасу. В сучасній біохімії відомо, що РП утворені в дихальному ланцюзі за участю оксидаз є дуже важливими в механізмах біо-активації кисню і ця стадія радикальних пар є чутливою до внутрішніх магнітних взаємодій [4].

Загальна теорія магнітних взаємодій в РП була розвинена при аналізі спінової поляризації ядер і електронів, а також була застосована при поясненні впливу магнітного поля на хімічні реакції за участю радикалів і значний внесок в цю теорію дали Бучаченко А.Л., Сагдеев Р.З., Молін і Саліхов К.М. [5].

Цитоплазматичні ензими, що окислюють органічні субстрати за допомогою молекулярного кисню (триплетна молекула O_2 , що переноситься гемоглобіном через альвеоли легень із повітря) зазвичай використовують флавоноклеотиди в якості простетичної групи. Саме ці групи здатні активувати триплетний кисень, тобто допомагати йому долати заборону за спіном при окисненні білків, жирів та інших діаманітних органічних речовин [6]. Якщо ці реакції протікають в звичайному, суто діаманітному клітинному середовищі без участі радикально-ланцюгових процесів [7-9], то триплетний стан кисню є прямою перешкодою для окиснення і для активації O_2 необхідне магнітне збурення. З іншого боку, відомо, що флавопротеїди в складі криптохромів проявляють магнітну чутливість під дією світла, характерну для деяких тварин і птахів. Флавінаденіндинуклеотид (ФАД) та інші флавопротеїни можна віднести до самих універсальних коензимів які активні не лише в біологічному окисненні, а і в цілому ряді інших важливих біопроеесів [9]. Ці речовини, побудовані на основі рибофлавіну (вітаміну B_2), вони входять до складу флавопротеїдів, в яких вони міцно зв'язані з білками і здійснюють перетворення з окисленої форми в відновлену і навпаки, залишаючись прикріпленими до однієї і тієї ж молекули білка. Всі молекули, дані на Рис. 1, можна враховувати як моделі активного центру ФАД в ензимах, тому що саме ізоалоксазинове кільце з його розвинутою π -системою [9] визначає окисно відновні та електронні властивості ФАД.

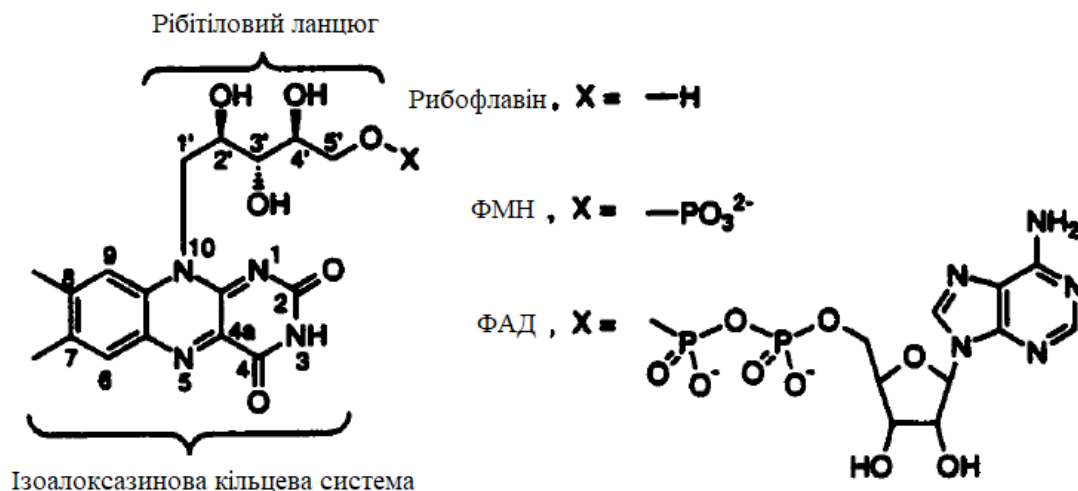


Рис. 1. Модель активного центру ФАД.

Найпростішими флавопротеїдами є оксидази, кожна з яких складається лише з білка і флавіннуклеотиду. Вони окислюють субстрат за рахунок перенесення електрону на кисень і виникнення відносно сильної спін-орбітальної взаємодії в супероксид-іоні, яка індукує триплет-синглетний квантовий перехід в реакційній системі, знімаючи спінову заборону [6-8].

Такий же ФАД входить до складу криптохромів, світлочутливих білків рослин і тварин, які дають клітинам можливість сприймати синє і ультрафіолетове світло. Відомо, що криптохроми під дією світла можуть здійснювати магніторецепцію [1-3] (від англ. magnetoreception) — відчуття, яке надає організму можливість відчувати магнітне поле, що дозволяє визначати напрямок руху, висоту або місцеположення на місцевості.

Мета статті. Для радикальних пар, які містяться в криптохромі птахів розрахувати спінову густину в окремих радикалах – аніон-радикалі ФАД і катіон-радикалі триптофану. На цій основі оцінити електронно-ядерні надтонкі взаємодії (НТВ) типу контактної взаємодії Фермі. Використовуючи теорію Хорі [1] оцінити вплив магнітного поля на орієнтацію птахів через нейронні мережі.

Матеріал та методи

При виконанні поставленої мети дослідження було використано метод 3D-візуалізації з використанням розрахункового програмного комплексу HyperChem 7.51 для квантового-хімічного моделювання ФАД і триптохому за методом РМ3 [9], та програмний комплекс Gaussian для оптимізації молекули ФАД за обмінно-кореляційним функціоналом B3LYP в базисі 6-31G (d) [7].

Результати та обговорення

Для того щоб реакції з утворенням діаманітних продуктів могли здійснюватися вчасно, необхідний переверт одного з спінів на стадії РП, тобто триплет-синглетний (Т-S) квантовий перехід. Такий перехід індукується спін-орбітальною взаємодією (СОВ), тобто магнітною взаємодією, обумовленою орбітальним і спіновим рухом електронів. При цьому електрон з π_x орбіталі «стрибає» на π_y МО кисню, створюючи на мить орбітальний магнітний момент, який впливає на спін (матричний елемент СОВ між Т-S станами) і перевертає його [6-9]. Такі процеси в оксидазах йдуть без участі зовнішнього магнітного поля.

Магнітне поле Землі (5-10 Гс) не може суттєво впливати на реакції за участю радикальних пар, якщо у будь-якому радикалі відсутні надтонкі спінові взаємодії. Це не є серйозним обмеженням: майже кожен біологічно важливий радикал має один або декілька атомів водню та азоту в сусідстві з неспареним електроном. Важливо усвідомлювати, що неспарений електрон у радикалі зазвичай магнітно взаємодіє з декількома ядрами одночасно, частково через те, що він є делокалізованим, тобто розмазується над частиною молекули і частково через те, що електронно-ядерні спін-спінові взаємодії можуть бути суттєвими на відстанях до 4 Å. Наприклад, на рис. 2 показано форму молекулярних орбіталей, що містять неспарені електрони у флавінових та триптофанових радикалах, утворених фотоіндукованим електронним перенесенням в криптохромах. Неспарений електрон має значну ймовірність знаходитись близько майже до всіх атомів вуглецю та азоту, які утворюють ароматичні ізоалоксозини та індолі групи радикалів флавіну та триптофану. Фіолетові та зелені поверхні, зосереджені на кожному з атомів водню та азоту, чим більшою та менш сферичною є поверхня, тим сильніші та більш виражена анізотропія надтонкої взаємодії. В [1-3] доведено вплив слабого магнітного поля на Т-Сквантові переходи в таких РП з урахуванням надтонких взаємодій.

В табл. 1 наведено значення зарядів на атомах та спінову густину в відповідних аніон та катіон радикалах. Сума зарядів в табл. 1 зліва і справа дорівнює -1 та $+1$. Такі заряди на атомах добре пояснюють силу міжмолекулярних взаємодій, що спостерігається при координації радикалів в білковій оболонці криптохому. Як видно з табл. 1 в аніон-радикалі ФАД спостерігається сильна поляризація зарядів (плюси на атомах С15, С13 і N11; в той же час атоми кисню карбонільних груп мають великі негативні заряди). Атом N12 також має величезний мінус ($-0.387e$). При цьому спінова густина на ньому надзвичайно мала. Оскільки в криптохромі розглядається аніон окисленого ФАДу ми бачимо, що атом нітрогену N8 має величезну спінову густину, як і атоми С2, С4 і С6 бензольного кільця.

Таблиця 1

Значення зарядів на атомах та розподіл спінової густини у радикалі флавін аніону (зліва) та радикалі триптофан катіона (справа)

№ п/п	q, (e)	$\rho(r), e \cdot a_0^{-3}$	№ п/п	q, (e)	$\rho(r), e \cdot a_0^{-3}$
O1	-0.4321	0.053	C1	-0.0908	0
C2	-0.0900	0.494	N2	-0.0036	0.001
C3	-0.0948	-0.413	C3	0.2240	-0.002
C4	-0.1083	0.485	C4	-0.0855	0.026
C5	-0.1370	-0.387	C5	-0.1122	-0.052
C6	-0.1324	0.386	C6	0.0705	0.557
C7	-0.0455	-0.364	C7	-0.1979	-0.098
N8	-0.0293	0.479	N8	0.5610	0.377
C9	-0.3601	0.104	C9	-0.2751	-0.021
C10	0.0914	0.027	C10	-0.1262	-0.203
N11	0.1835	0.113	C11	0.0361	0.26
N12	-0.3874	0.027	C12	-0.0523	-0.071
C13	0.2998	0.001	C13	-0.0495	0.093
N14	-0.0819	-0.017	C14	0.0318	0.11
C15	0.3443	-0.007	O15	-0.3542	0.001
C16	-0.0538	0.043	N16	-0.0482	0.015
C17	-0.0483	-0.052	C17	-0.0983	0.002
C18	-0.1312	-0.003			
O21	-0.4592	0.024			

Навпаки, інші атоми цього кільця несуть негативну спінову густину, тобто неспарений спін розмазаний в аніоні таким чином, що доля спіну «вверх і вниз» розподілена майже рівномірно. З точки зору впливу магнітного поля всі ці атоми важливі для індукування T-S переходу в радикальній парі. Тоді в катіон-радикалі триптофану звертає на себе увагу величезна спінова густина на атомі N8 (табл. 1), а також великий позитивний заряд на ньому. Саме він та 13-ий ізотоп C6 створюють сильні магнітні збурення за рахунок надтонкої взаємодії, які в кінцевому рахунку впливають на C-T перехід в РП. Це якісно показано на Рис. 2, на якому фіолетовий та зелений кольори відображають хвильові функції неспарених електронів з протилежними знаками.

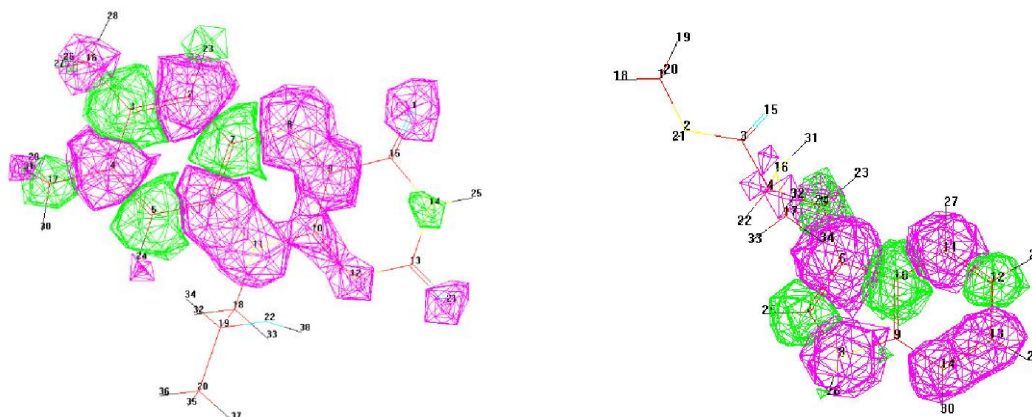


Рис. 2. Зображення молекулярних орбіталей з одним неспареним електроном у радикалі флавін-аніону та радикалі триптофан-катіона та використана в роботі нумерація атомів.

В обох випадках, електрони розмазані нерівномірно по всій ароматичній частині радикалу. Для спрощення обрахунків замість довгих побічних ланцюгів у ФАД було використано насичену групу $\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$.

Таблиця 2

Значення енергій усіх зайнятих орбіталей молекули ФАД

№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)
1	-19.127	-520.449	2	-19.114	-520.086	3	-14.430	-392.633	4	-14.376	-391.174	5	-14.373	-391.102
6	-14.328	-389.853	7	-10.314	-280.654	8	-10.304	-280.379	9	-10.302	-280.311	10	-10.272	-279.491
11	-10.262	-279.229	12	-10.250	-278.895	13	-10.242	-278.675	14	-10.235	-278.490	15	-10.223	-278.159
16	-10.220	-278.098	17	-10.215	-277.954	18	-10.211	-277.829	19	-10.205	-277.670	20	-1.060	-28.838
21	-1.036	-28.194	22	-1.031	-28.048	23	-0.962	-26.175	24	-0.943	-25.658	25	-0.904	-24.594
26	-0.880	-23.936	27	-0.805	-21.908	28	-0.795	-21.620	29	-0.763	-20.760	30	-0.738	-20.092
31	-0.725	-19.720	32	-0.685	-18.650	33	-0.663	-18.054	34	-0.628	-17.078	35	-0.624	-16.971
36	-0.600	-16.328	37	-0.575	-15.656	38	-0.558	-15.171	39	-0.526	-14.318	40	-0.512	-13.936
41	-0.504	-13.715	42	-0.488	-13.282	43	-0.475	-12.932	44	-0.463	-12.605	45	-0.460	-12.521
46	-0.459	-12.480	47	-0.456	-12.406	48	-0.431	-11.725	49	-0.425	-11.566	50	-0.422	-11.488
51	-0.420	-11.428	52	-0.416	-11.320	53	-0.414	-11.255	54	-0.409	-11.128	55	-0.398	-10.842
56	-0.378	-10.294	57	-0.375	-10.202	58	-0.369	-10.028	59	-0.353	-9.618	60	-0.316	-8.605
61	-0.301	-8.198	62	-0.280	-7.622	63	-0.273	-7.421	64	-0.267	-7.260	65	-0.266	-7.246
66	-0.252	-6.866	67	-0.231	-6.278									

В табл. 2, 3 наведено значення енергій зайнятих та вакантних орбіталей, відповідно, для молекули ФАД, розраховані методом теорії функціоналу густини (ТФГ). Перші зайняті молекулярні орбіталі (МО) дають енергії рентгенівського поглинання молекулою ФАД; вони приведені вперше і можуть бути використовані для аналізу рентгенівських спектрів ФАД.

Таблиця 3

Значення енергій нижчих вакантних орбіталей молекули ФАД

№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)	№ п/п	E(a.o.)	E(eB)
68	-0.105	-2.856	69	-0.039	-1.069	70	-0.015	-0.400	71	0.015	0.397	72	0.042	1.140
73	0.069	1.887	74	0.081	2.202	75	0.100	2.733	76	0.109	2.957	77	0.116	3.143

Верхня зайнята МО (з оберненим знаком) дає потенціал іонізації ФАД (6,27 eB), що добре узгоджується з експериментом. В свою чергу нижча вакантна МО визначає електронну спорідненість молекули (2,86 eB). Саме ця енергія виділяється при утворенні аніон-радикалу. З табл. 3 видно, що енергія наступної вакантної орбіталі ($E_{69} = -1,07$ eB) лежить набагато вище, що і пояснює легкість утворення радикалу. Значення енергій МО молекули ФАД важливі для експериментальної перевірки ряду спектральних і електрохімічних властивостей цього, дуже вагомого, біологічного коферменту ряду ензимів. Оскільки метод ТФГ більш точний ніж метод РМЗ ми привели результати енергій МО, тому що вони підтверджують результати розрахунку РМЗ для валентних орбіталей ФАД.

Враховуючи спінову густину в аніон- і катіон-радикалах РП криптохрому, нами розраховані константи надтонкої взаємодії для всіх ядер обох радикалів. На основі теорії РП [1-3, 5] проведено оцінку швидкості T-S переходу в розділеній парі радикалів аніону ФАД та катіону триптофану. Наші розрахунки підтверджують загальну картину кінетики спінових переходів в слабкому магнітному полі, яку запропоновано в роботі [1].

Висновки

1. Квантово-хімічні розрахунки ФАД підтверджують теорію ферментативного спін-каталізу в оксидазах за рахунок специфічної структури молекулярних орбіталей цієї молекули і її окислених і відновлених форм.

2. Вперше наведено розрахунки всіх молекулярних орбіталей ФАД на основі теорії функціоналу густини, включаючи енергії рентгенівських і валентних електронів, що підтверджує справедливість використання наближення РМЗ для цієї молекули.

3. Розраховані аніон ФАД та катіон триптофану з оптимізацією геометрії і аналізом розподілу зарядів на атомах і спінової густини.

4. Заряди на атомах пояснюють силу міжмолекулярних взаємодій при координації радикалів в білковій оболонці криптохрому.

5. Спінова густина на атомах нітрогену створює великі значення надтонких магнітних електрон-ядерних взаємодій, що визначає достатню константу швидкості синглет-триплетного переходу навіть в слабкому магнітному полі Земної кулі.

Література

1. Hore P. J., Mouritsen H. The Radical-Pair Mechanism of Magnetoreception / P. J. Hore, H. Mouritsen // *Annu Rev Biophys*, – 2016. – Vol. 45. – P. 299-344.
2. Solov'yov I. A., Chandler D. E., Schulten K. Exploring the possibilities for radical pair effects in cryptochrome / I. A. Solov'yov, D. E. Chandler, K. Schulten // *Plant Signal Behav*, – 2008. – Vol. 3(9). – P. 676-677.
3. Solov'yov I. A., Mouritsen H., Schulten K. The Radical-Pair Mechanism of Magnetoreception / I. A. Solov'yov, H. Mouritsen, K. Schulten // *Biophysical Journal*, – 2010. – Vol. 99. – P. 40-49.
4. Минаев Б. Ф. Спин-катализ в процессах фото- и биоактивации молекулярного кислорода / Б. Ф. Минаев // *Укр. біохім. журн.* – 2009. – Т. 81, № 3. – С. 22–45.
5. Бучаченко А. Л., Молин Ю. Н., Сагдеев Р. З., Салихов К. М., Франкевич Е. Л., Магнитно-спиновые эффекты в химических реакциях / А. Л. Бучаченко, Ю. Н. Молин, Р. З. Сагдеев, К. М. Салихов, Е. Л. Франкевич // *«Успехи физических наук»*. – 1987. – Т. 151, № 1, С. 173-174.
6. Minaev. B. F. Spin effects in reductive activation of O₂ by oxidase enzymes / B. F. Minaev // *RIKEN Rev.* – 2002. – Vol. 44. – p. 147-149.
7. R. Prabhakara, E. M. Siegbahna, B. F. Minaev A theoretical study of the dioxygen activation by glucose oxidase and copper amine oxidase / R. Prabhakara, E. M. Siegbahna, B. F. Minaev // *Biochimica et Biophysica Acta - Proteins and Proteomics*. – 2003. – Vol. 1647, Issues 1–2. – p. 173-178.
8. Б. Ф. Минаев, Электронные механизмы активации молекулярного кислорода / Минаев Б. Ф., Усп. хим., – 2007. – Т. 76. – Вып. 11. – с. 1059–1083.
9. Минаев Б. Ф. Модели электронного строения флавопротеидов и механизм действия оксидаз / Б. Ф. Минаев, В. А. Минаева, В. Н. Лещенко // *Біополімери і клітина*. – 2004. – Т. 20, № 3. – с. 224–232.

References

1. Hore P. J., Mouritsen H. (2016) The Radical-Pair Mechanism of Magnetoreception. *Annu Rev Biophys*. 45. 299-344.
2. Solov'yov, I. A., Chandler, D.E., Schulten, K. (2008) Exploring the possibilities for the radical pair effects in cryptochrome. *Plant Signal Behav*. 3(9). 676-677.
3. Solov'yov I. A., Mouritsen H., Schulten K. (2010) The Radical-Pair Mechanism of Magnetoreception. *Biophysical Journal*. 99. 40-49.
4. Minaev, B. F. (2009) Spin-catalysis in the processes of photo- and bioactivation of molecular oxygen. *Ukr. biohim. Jurnal [Ukrainian biochemical journal]*. 81. 3. 22-45.[in Rus].
5. Buchachenko A. L., Molin Y. N., Sagdeev R. Z., Salikhov K.M., Frankevich E.L. (1987) Magnetic spin effects in chemical reactions. *Uspеhi Fizicheskikh Nauk [Successes of physical sciences]*. 151. 1. 173-174.[in Rus].
6. Minaev. B. F. (2002) Spin effects in reductive activation of O₂ by oxidase enzymes. *RIKEN Rev*. 44. 147-149.
7. R. Prabhakara, E. M. Siegbahna, B. F. Minaev (2003) A theoretical study of the dioxygen activation. *Biochimica et Biophysica Acta-Proteins and Proteomics*. 1647. 1-2. 173-178.
8. B. F. Minaev (2007) Electronic mechanisms of molecular oxygen activation. *Uspеhi himii [Successes of chemistry]*. 76. 11. 1059-1083. [in Rus].
9. Minaev B. F. (2004) Models of the electronic structure of flavoproteins and the mechanism of action of oxidases. *Biopolimeri i klitina [Biopolymers and cell]*. 20. 3. 224-232.[in Rus].

Summary. Panchenko O. O., Minaev B. F. Enzymatic spin-catalysis in flavin-containing oxidases and magnetic orientation of birds

Introduction. The magnetic field of the Earth covers the entire globe and the closest space around it, which makes it possible to provide information about the direction of magnetic flux lines. Humans use it with a compass to navigate and orient in the space of the ocean or airplane in the sky. Can birds and other animals also use the magnetic field of the Earth for orientation in space?

Purpose. To calculate spin density in individual radicals - anion radicals FAD and cation-radical tryptophan for radical pairs which are contained in cryptochromes of birds. On this basis, to evaluate the electron-nuclear hyperfine interactions of the Fermi contact type. To estimate the influence of magnetic field on the birds orientation through the neural net using the Hori theory.

Methods. The 3D visualization method of the HyperChem-7.51 calculation software for quantum-chemical modeling of FAD and tryptophan by the PM3 method and the Gaussian software for optimizing the FAD molecule by the exchange-correlation functional B3LYP/6-31G (d) were used.

Results. The values of charges and spin density on atoms in the corresponding anion- and cation- radicals are calculated. Such atomic charges clearly explain intermolecular interactions that occurs when the radicals are coordinated in the protein shell of the cryptochrome.

Taking into account the spin density in the anion- and cation-radicals of the cryptochrome RP, we have calculated the constants of the hyperfine interactions for all the nuclei of both radicals. Based on the theory of RP, an estimation of the T-S transition rate in a divided pair of radicals of an anion FAD and a tryptophan cation was performed. Our calculations confirm the general picture of the kinetics of spin transitions in the weak magnetic field proposed in the paper [1].

Conclusion. Quantum-chemical calculations of FAD confirm the theory of enzymatic spin-catalysis in oxidases due to the specific structure of the molecular orbitals of this molecule and of its oxidized and reduced forms. Similar calculations are applied for the cryptochrome radical pair.

The calculated atomic charges explain the strength of intermolecular interactions when the radicals are coordinated in the protein shell of the bird's eyes cryptochrome.

Spin density at nitrogen atoms creates large values of hyperfine magnetic electron-nuclear interactions, which determines a sufficient rate constant value of the singlet-triplet transition, even in the weak magnetic field of the Earth.

Keywords: flavinucleotides, FAD, cryptochromes, spin-orbit interaction, hypertonic EPR structure, electron-nuclear spin-spin interaction.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 19.02.2018

Прийнято до публікації 11.06.2018

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КРОВОТОКУ У ДОСЛІДЖУВАНИХ, ЩО ЗАЗНАЮТЬ ХРОНІЧНОГО ВПЛИВУ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА НА ВИРОБНИЦТВІ

У статті представлено результати вивчення основних реографічних показників центральної гемодинаміки в осіб з різним типом конституції, що задіяні на виробництвах з комплексом шкідливих екологічних факторів. Реалізація такого підходу дала можливість виявити закономірності хронічного впливу шкідливих виробничих факторів на анатомічні та фізіологічні параметри організму працівників. Показано, що у досліджуваних, які зазнали хронічного впливу негативних факторів середовища на виробництві (як агропромислового, так і в промисловості), виявлено достовірні відмінності між даними групами та групою осіб із відносно екологічно чистих регіонів за показниками ударного об'єму кровотоку та потужністю міокарда, однак такі зміни мають компенсаторний характер. Врахування типу тілобудови досліджуваних показало, що найбільша кількість відмінностей між досліджуваними групами та контролем виявлена у нормостеніків: достовірні відмінності відмічені в показниках потужності міокарда та питомого периферичного опору.

Ключові слова: *центральна гемодинаміка, екологічні фактори, фактори виробництва, тип тілобудови.*

Постановка проблеми. Згідно з сучасними уявленнями, здоров'я людини значною мірою залежить від можливостей адаптації організму до тих чи інших факторів зовнішнього середовища і, зокрема, до еко-антропогенних навантажень. На даний час в Україні спостерігається зниження рівня фізичного здоров'я, порушення функцій вегетативних систем населення, особливо молоді, внаслідок зниження рухової активності, зростання статичного та психоемоційного напруження в навчальному процесі, впровадження комп'ютерних технологій у повсякденний побут та несприятливих екологічних умов. Ці несприятливі соціально-економічні умови висувають високі вимоги до рівня фізичного розвитку, працездатності та функціонального стану організму молоді [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час в Україні і за кордоном відзначається збільшення антропогенних навантажень на біосферу. Сучасні екологічні фактори характеризуються комбінованим радіаційно-токсичним впливом на людину. Екосистемний аналіз середовища є важливим і необхідним методом для прогнозування викидів техногенних речовин в навколишнє середовище та вивченням реакції населення на вплив антропогенного стресу [3]. За останні роки особливої актуальності набула проблема застосування пестицидів, агрохімікатів та речовин із вмістом важких металів у агропромислових та промислових зонах і дослідження наслідків впливу їх на навколишнє середовище та здоров'я людини.

У процесі онтогенезу під впливом антропогенних факторів навколишнього середовища і спадковості формується конституційний тип тілобудови [4]. Забруднення навколишнього середовища важкими металами, зокрема свинцем, призводить до затримки диференціації соматотипів [5].

Вченими доведений достовірний зв'язок між інтенсивністю впливу еко-антропогенних факторів та підвищенням захворюваності людей, включаючи випадки вроджених аномалій. Літературні джерела вказують на підвищену чутливість організму до дії антропогенних факторів, а саме потрапляння до нього пестицидів та агрохімікатів, особливо організм сприятливий до даного впливу в ранні періоди життя [6]. Як показують результати епідеміологічних досліджень, під впливом цих факторів підвищується частота таких захворювань, як хронічний отит, фарингіт, захворювання

мигдаликів та аденоїдів, порушення зовнішнього дихання, нефрит, нефроз, вроджені аномалії серця та порушення серцево-судинної системи [7, 8]. Варто зазначити, що в останні роки проведено ряд досліджень впливу еко-антропогенних факторів на дихальну та серцево-судинну системи, які вказують на зв'язок між порушеннями респіраторної і серцево-судинної системи та отруєнням хімічними речовинами осіб, що задіяні в промисловому виробництві та агропромисловому комплексі [9, 10, 11, 12].

Проблема стану здоров'я населення України в наш час стоїть дуже гостро і потребує комплексного підходу. Спостерігають стійкі тенденції зростання захворюваності та поширеності хвороб в Україні [13]. На сьогодні окремими науковими дослідженнями доведено, що незадовільний стан довкілля, забруднення хімічними, фізичними та біологічними агентами повітря, ґрунту і води, дія інших негативних факторів навколишнього середовища на організм людини можуть бути причинами зростання захворюваності, зокрема серцево-судинної патології [14].

Мета статті. Враховуючи значну кількість публікацій присвячених проблемам впливу шкідливих екологічних факторів як на формування структур, так і на функціонування організму, головним завданням статті стало вивчення залежності показників центрального кровотоку від впливу шкідливих екологічних факторів виробництва з урахуванням типу тілобудови досліджуваних.

Матеріал та методи

Проведене нами дослідження носило комплексний характер і включало в себе вимірювання антропометричних показників, обчислення показників фізичного розвитку та визначення стану показників центральної гемодинаміки. Нами було обстежено 90 осіб, чоловічої статі віком від 21 до 35 років. Відповідно до мети дослідження всіх досліджуваних було поділено на 3 групи: 1) контрольна група – населення, яке проживає у відносно екологічно чистій зоні (Ківерцівський район); дослідна група 1 (аграрне виробництво) – мешканці аграрних районів Волинської області, які зайняті у сільському господарстві і постійно контактують з добривами та отрутохімікатами (Іваничівський та Локачинський райони); дослідна група 2 (промисловість) – досліджувані, які працюють на промислових підприємствах міста Луцька.

Антропометричні виміри проводили за методикою Бунака [15]. На основі результатів вимірювання зросту, маси тіла і обхвату грудної клітки проводилися розрахунки індексів фізичного розвитку.

Пропорційність розвитку і склад тілобудови досліджуваних вивчали розраховуючи індекс Пінье (IP). Він застосовується тільки для тих осіб, у кого відсутні ознаки ожиріння. Формула для розрахунку індексу Пінье (IP): $IP = L - (M + O)$, де L – зріст (см), M – маса (кг), O – обхват грудної клітки (см).

Конституція людини визначається за тілобудовою – сукупністю зовнішніх ознак (зріст, маса тіла, пропорційність окремих розмірів тіла тощо), які визначаються антропометричними вимірюваннями. В наших дослідженнях для встановлення типу конституції досліджуваних осіб застосовували класифікацію В. М. Черноруцького: гіпостеніки (астенічний тип тілобудови, значення індексу Пін'є > 30 ум.од.), нормостеніки (атлетичний тип тілобудови, значення індексу Пін'є від 10 до 30 ум.од.), гіперстеніки (пикнічний тип тілобудови, значення індексу Пін'є < 10 ум.од.) [16].

Вивчення стану центральної гемодинаміки проводилося за допомогою програмно-апаратного комплексу "Аскольд" (Київ, 1998). Запис реограми проводився при спокійному диханні або затримці дихання у фазі неглибокого видиху [17]. Після запису реограми та її аналізу отримувався комп'ютерний висновок про реографічні параметри. Відповідно до величини ударного індексу визначався тип гемодинаміки: гіпокінетичний, еукінетичний, гіперкінетичний.

Одержані дані обробляли методами варіаційної статистики з використанням параметричних та непараметричних критеріїв (критерій достовірності Стьюдента (t) при порівнянні середніх величин та Мана-Уїтні (W) при порівнянні медіан). Різниця вважалася достовірною при $W \geq 2,1$; $t \geq 2,1$; $p \leq 0,05$. Під час статистичного аналізу отриманих результатів використовували стандартні пакети програм MS Excell 2003 та Statistica 6.0.

Результати та обговорення

Фізичний розвиток є однією з основних характеристик стану здоров'я людини не залежно від її віку, статі чи інших параметрів. Здебільшого оцінка фізичного розвитку, як правило, базується на оцінці найпростіших антропометричних показників – маси тіла, зросту, окружності грудної клітки і т.д. [18].

Вивчення основних антропометричних параметрів жителів Волинської області, залучених у виробництві з різними шкідливими чинниками показало, що досліджувані не відрізняються за показниками росту і віку.

Більш повні дані про вираженість окремих компонентів складу тіла та гармонійність їх співвідношення за результатами антропометрії можуть бути отримані при розрахунку кількісних антропометричних індексів. Нами було проаналізовано показники індексу Пінье. Аналіз показав, що за рівнем фізичного розвитку досліджувані групи знаходяться в межах вікової норми, проте виявлено статистично достовірно ($p < 0,001$) вищі значення індексу Пінье у досліджуваних, що задіяні у сільськогосподарському виробництві, порівняно із жителями відносно екологічно чистих регіонів.

Розподіл досліджуваних за значеннями індексу Пінье в досліджуваних групах, виділених за співвідношенням шкідливих екологічних факторів виробничого середовища показав, що у всіх обстежених відмічається переважання нормостенічного типу тілобудови: у групі працівників сільського господарства – 71 %, у промисловому виробництві – 48 %, а в контрольній групі жителів відносно екологічно чистих районів – 50 % (рис. 1).

Цікавим є той факт, що в осіб, задіяних на агропромислових підприємствах, не зустрічається гіперстенічний тип тілобудови, тоді як в працівників промислових підприємств та в контрольній групі їх відсоток становить 26 % та 30 % відповідно.

Погіршення екологічної ситуації в світі та Україні зокрема призвело до перегляду норм та оцінок стану здоров'я населення різних категорій. Поява нових еко-антропогенних чинників, зміна сили та інтенсивності дії уже існуючих досить часто призводить до зриву адаптаційних можливостей організму. Це сприяє виникненню адаптації організму до нових впливів та умов середовища. Найбільш важливі зміни при цьому відбуваються у серцево-судинній та дихальній системах, які забезпечують стабільність надходження поживних речовин та кисню до клітин, а також виконують інтегруючу функцію.

Зміни навколишнього середовища можуть виявитися вище адаптаційних можливостей людського організму, що веде до «екологічної напруги або втоми». Порушення біосферної рівноваги викликає зміни в структурі захворюваності. Відбувається видозміна старих, «класичних» форм патології вже відомих захворювань (інфекційні зі зміненою епідеміологією і перебігом, генетичні, ендокринні), і в той же час виникають нові хвороби, так звані «хвороби цивілізації»: алергічні, токсичні, променеві і токсико-алергічні. Зростає чкількість захворювань верхніх дихальних шляхів, серцево-судинних, нервово-психічних, онкологічних захворювань. Під дією факторів навколишнього середовища в організмі людини відбуваються морфологічні та функціональні зміни, які спонукають до значного розширення функціональних можливостей органів і систем та їх інтеграції, вдосконалення регулюючих механізмів, збільшення діапазону компенсаторно-адаптаційних реакцій [19].

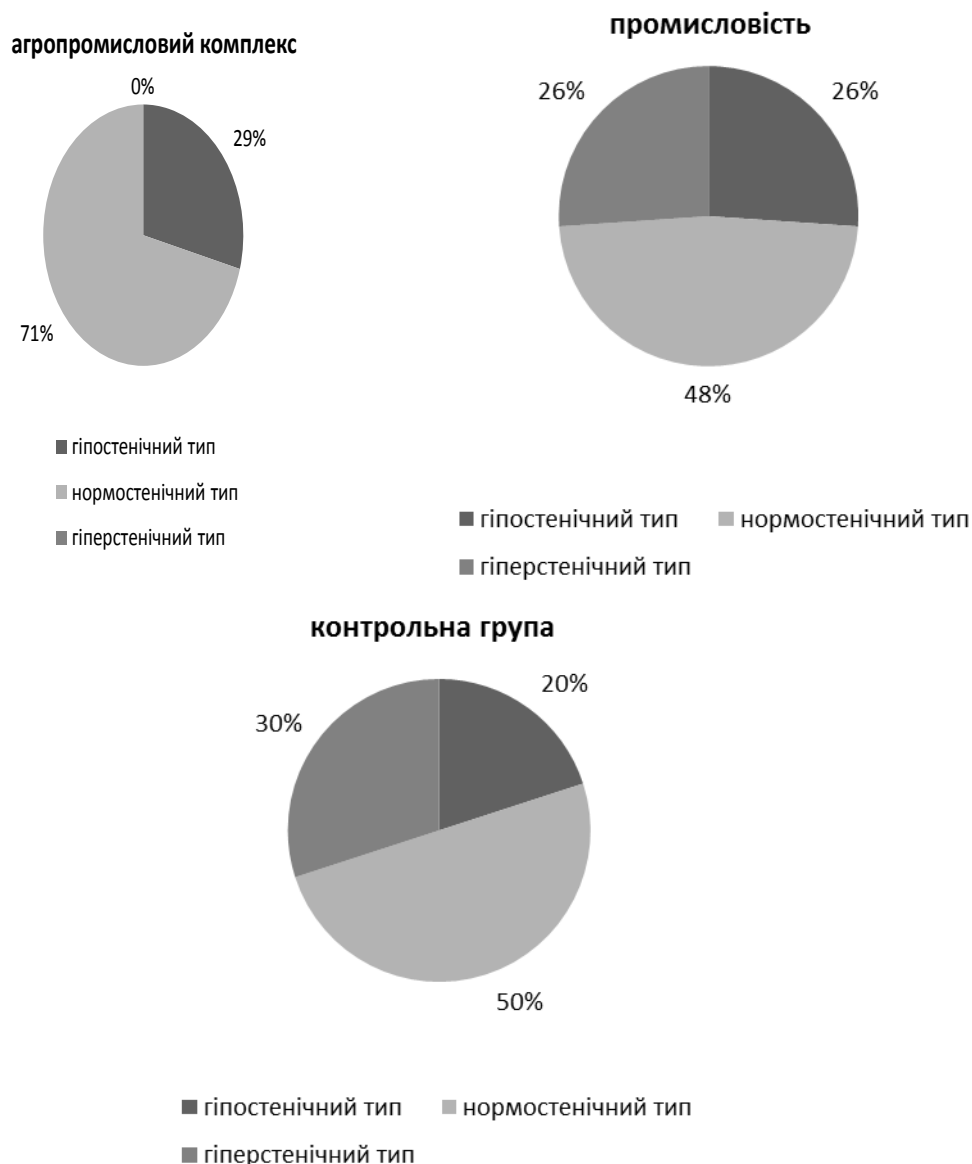


Рис. 1. Співвідношення типів тілобудови за індексом Пінье у досліджуваних, що зазнають хронічного впливу різних екологічних факторів

Отримані в ході дослідження результати свідчать, що за даними тетраполярної реографії за Кубічком ЧСС у досліджуваних трьох груп статистично достовірно не відрізнялася, а її значення коливалися від $62,55 \pm 9,34$ уд./хв у контрольній групі до $70,91 \pm 19,27$ уд./хв у групі осіб, що відносяться до категорії промислових працівників. У працівників аграрного сектора величина ЧСС знаходилася на рівні $67,33 \pm 12,47$ уд./хв. Усі значення знаходяться в межах вікової норми.

Враховуючи особливості розподілу досліджуваних на основі індексу Пінье нами було проаналізовано усі отримані дані з урахуванням типу їх конституції.

У досліджуваних з гіпостенічним типом конституції показники частоти серцевих скорочень статистично достовірно ($p < 0,05$) відрізнялися лише при порівнянні груп, що зазнали дії комплексу шкідливих екологічних чинників промислового виробництва та аграрного сектора (вищі значення відмічені в осіб, що працюють у промисловості).

У групі нормостеніків статистично достовірно ($p < 0,05$) вищі значення ЧСС відмічені в групі, задіяній в сільськогосподарському виробництві, порівняно із жителями відносно чистої екологічної зони.

В осіб із гіперстенічним типом тілобудови значення показника ЧСС не виявляли достовірних відмінностей між групами порівняння.

Ударний об'єм крові, який характеризує силу і ефективність серцевих скорочень у досліджуваних характеризувався статистично достовірним збільшенням значень у обох досліджуваних групах, виділених з урахуванням комплексу шкідливих чинників виробництва, порівняно із контрольною групою (рис. 2).

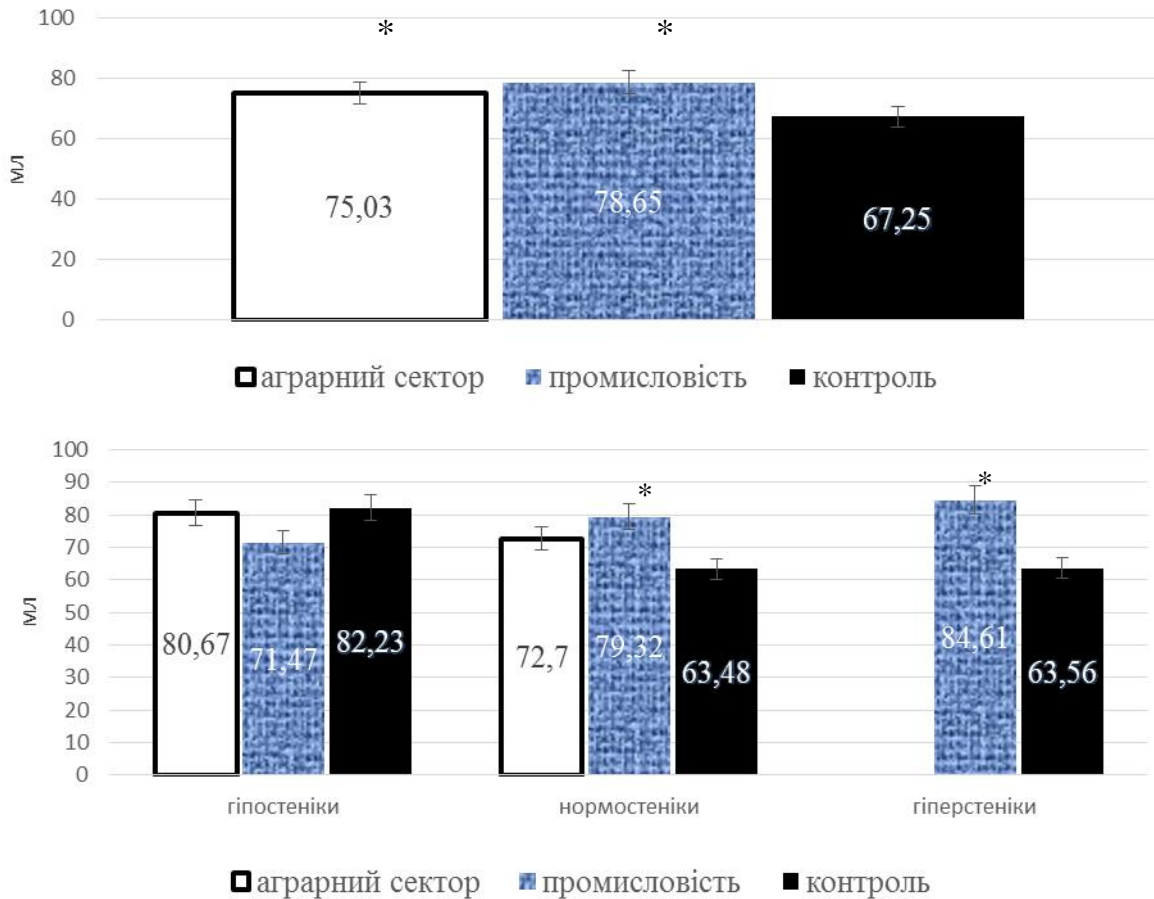


Рис. 2. Показники ударного об'єму крові у досліджуваних, що зазнають хронічного впливу різних екологічних факторів: загальні показники за групами (вгорі) та з урахуванням типу статури (внизу)

Примітка: * – статистично достовірна різниця показників порівняно з контрольною групою.

Враховуючи той факт, що в нормі даний показник коливається в межах 60-70 мл крові, варто вказати, що лише досліджувані із контрольної групи мають відповідні значення УОК. Як працівники аграрного сектора, так і залучені у промислове виробництво характеризуються вищими його значеннями, що може бути розцінене як певна «надмірність» серцевої діяльності, особливо зважаючи на той факт, що дослідження проводилося у стані максимального розслаблення у положенні лежачи.

Ударний об'єм крові у досліджуваних гіпостенічної тілобудови не виявляє достовірних відмінностей між групами досліджуваних. У обох інших підгрупах досліджуваних (з нормо- та гіперстенічним типом статури) відмічається статистично достовірно вищі показники в осіб, що задіяні в промисловості, порівняно із контрольною групою (рис. 2).

Один з найважливіших показників функціонування серця – хвилинний об'єм крові у досліджуваних усіх груп знаходиться в межах норми (рис. 3).

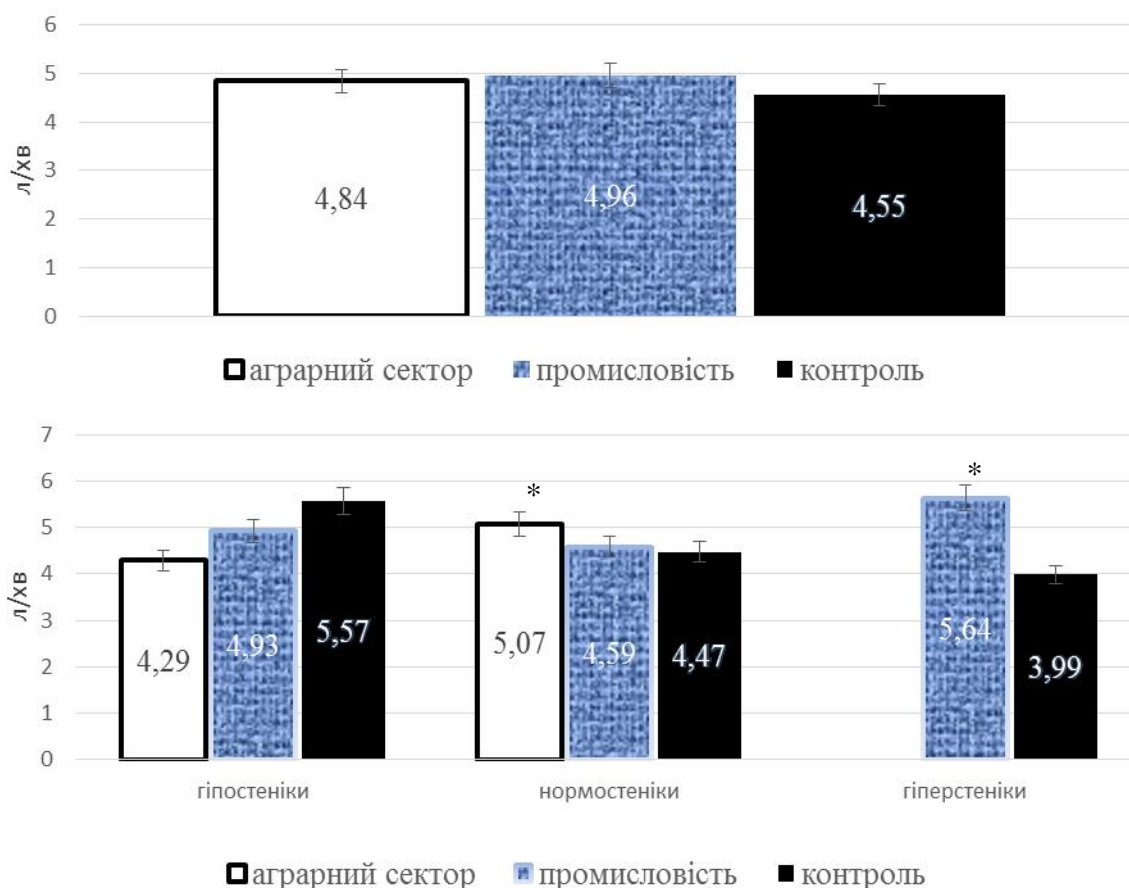


Рис. 3. Показники хвилинного об'єму крові у досліджуваних, що зазнають хронічного впливу різних екологічних факторів: загальні показники за групами (вгорі) та з урахуванням типу статури (внизу)

Примітка: * – статистично достовірна різниця показників порівняно з контрольною групою.

Хвилиний об'єм кровотоку, як і попередній показник у гіпостеніків не характеризується достовірною різницею значень у групах досліджуваних, виділених за особливостями впливу екологічних чинників (рис. 3). Натомість гіперстеніки з групи осіб, задіяних у промисловому виробництві, виявили статистично достовірно ($p < 0,05$) вищі значення у порівнянні з групою контролю (рис. 3). У групі нормостеніків відмічені достовірні ($p < 0,05$) відмінності між групами агропромисловців ($5,07 \pm 1,84$ л/хв) та контролем ($4,47 \pm 0,50$ л/хв).

В ході дослідження не виявлено статистично достовірно значимих відмінностей у значеннях показника ХОК, що свідчить, на нашу думку, про компенсаторність відхилень, описаних раніше для УОК, за рахунок збільшення ЧСС у обох досліджуваних групах. Можливість такої компенсації описана у багатьох наукових джерелах, адже хвилиний об'єм крові залежить від величини венозного повернення, скоротливої здатності міокарда, періоду пульсового коливання та балансу симпатичної та парасимпатичної ланок нервової вегетативної регуляції [20]. Значення об'ємної швидкості викиду, що конкретизує уявлення про силу серцевих скорочень, в усіх досліджуваних групах знаходиться в межах вікової норми, коливається в досить незначних межах – від 0,22 до 0,26 мл/с і не виявляють достовірних відмінностей при порівнянні їх між собою. Середній динамічний тиск виражає енергію безперервного руху крові і в ході експерименту не характеризується достовірними відмінностями

значень між усіма досліджуваними групами. Найвищими показники СДТ є в групі осіб, що працюють у промисловому виробництві ($94,78 \pm 5,58$ дин/см), а найменшою – в контрольній групі ($92,77 \pm 6,38$ дин/см). Показник середнього динамічного тиску у досліджуваних з нормостенічним типом статури виявився достовірно ($p < 0,05$) вищими у групі осіб, задіяних у агропромисловому комплексі, порівняно із контрольною групою ($93,94 \pm 3,40$ і $90,78 \pm 5,66$ відповідно). У решти обстежених осіб різниця показника не характеризувалася статистично достовірною різницею значень між групами, виділеними за особливостями екологічного навантаження з урахуванням індексу Пінье.

Потужність роботи міокарда, яка часто використовується для оцінки резервних можливостей серця в обох групах осіб, що зазнають тривалої дії шкідливих чинників (як на підприємстві, так і в сільському господарстві), виявилася достовірно вищою у цих групах порівняно з контрольною групою осіб, що проживають у відносно екологічно чистих умовах (рис. 4).

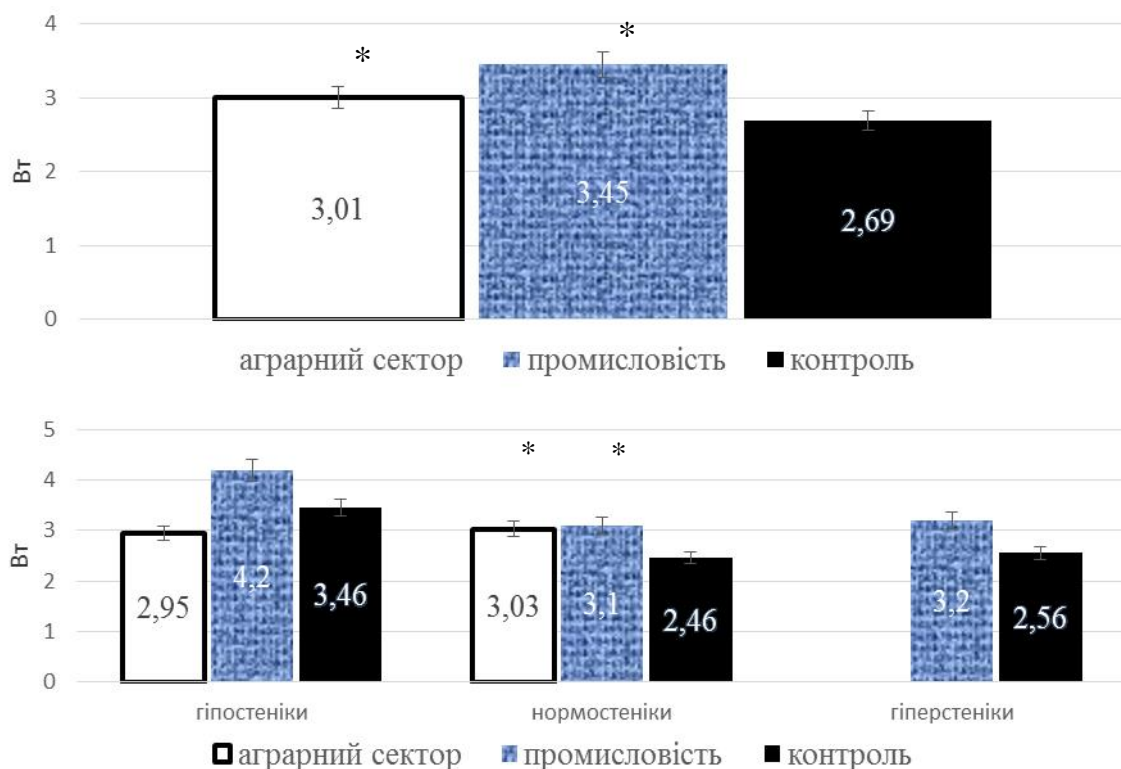


Рис. 4. Показники потужності міокарда у досліджуваних, що зазнають хронічного впливу різних екологічних факторів залежно від типу статури

Примітка: * – статистично достовірна різниця показників порівняно з контрольною групою.

У досліджуваних із гіпо- та гіперстенічним типом конституції достовірні відмінності між групами не виявлені.

Аналіз значень ударного індексу у досліджуваних показав, що у групі гіпостеніків достовірної міжгрупової різниці не виявлено (рис. 4).

Натомість в обох групах нормостеніків та гіперстеніків відмічається статистично достовірне зростання показника ($p < 0,05$) у групах досліджуваних, що зазнають тривалого впливу негативних екологічних факторів на виробництвах (аграрного сектору і промисловості), порівняно із контрольною групою.

Якщо врахувати особливості реєстрації РВГ за методикою тетраполярної реографії за Кубічком, то таке зростання показника може бути свідченням напруженості регуляції кровотоку або необгрунтованої надмірності в осіб, що задіяні у виробництвах зі шкідливими екологічними факторами.

У досліджуваних, що задіяні у агропромисловому комплексі значення ударного індексу ($40,08 \pm 13,09$ л/хв·м²) статистично достовірно ($p < 0,05$) вищі, ніж у контрольній групі ($35,62 \pm 8,07$ л/хв·м²), хоча інші групи порівняння не виявляють достовірних відмінностей.

Ефективність роботи серця, як і будь-якої системи, визначається її коефіцієнтом корисної діяльності. У фізіології таким показником є витрати енергії міокардом. У ході дослідження були відмічені вищі значення показника у досліджуваних з сільської місцевості та працівників підприємств, порівняно з контрольною групою, проте рівня статистично достовірних відмінностей вони не досягли. На нашу думку, це свідчить про менш економне використання енергетичного забезпечення серцевого м'яза, або про певну функціональну напруженість його роботи. Витрати енергії міокардом є універсальним індикатором напруженості регуляції серцево-судинної системи виявив статистично достовірну ($p < 0,05$) міжгрупову різницю значень лише в нормостеніків при порівнянні досліджуваних, залучених до агропромислового виробництва та групи контролю.

Кореляційний аналіз показників центрального кровотоку та антропометричних показників показав, що у контрольній групі відмічається високий рівень прямої залежності практично усіх досліджуваних показників центрального кровотоку від індексу Пінье. Так, зокрема, величина хвилинного об'єму кровотоку ($r = 0.49$), об'ємної швидкості викиду ($r = 0.31$), потужності міокарда ($r = 0.34$), ударного індексу ($r = 0.32$) та серцевого індексу ($r = 0.47$) прямопропорційно залежить від даного індексу, а показник загального периферичного опору ($r = -0.41$) виявляє обернену залежність.

Вивчення особливостей будови і функціонування організму людини передбачає обов'язкове врахування її конституційних особливостей. Формування організму суттєво зумовлене показниками фізичного розвитку та фізичної підготовленості. Розвиток антропометричних показників характеризує фізичний стан та фізичні здібності, що відображають фізичну підготовленість особистості і є найбільш важливим компонентом при протидії комплексу негативних чинників, які викликають розбалансування систем регуляції організму та зниження його адаптивних можливостей.

Аналіз особливостей центрального кровотоку у досліджуваних, що зазнають хронічного впливу негативних факторів середовища на виробництві (як агропромисловому, так і в промисловості), виявив достовірні відмінності між даними групами та групою осіб із відносно екологічно чистих регіонів за показниками ударного об'єму кровотоку та потужністю міокарда. З огляду на те, що всі досліджувані висловили добровільну згоду на участь в експерименті, а також були попередньо ознайомлені з процедурою обстеження, емоційний компонент в ході дослідження зводився до мінімуму, а тому такі зміни центральної гемодинаміки, на нашу думку, можуть бути викликані хронічною дією шкідливих екологічних чинників, що існують на виробництві. Цю думку підтверджує також ряд науковців [21], які вказують на чутливість регуляторних механізмів серцевої діяльності (як нервових, так і гуморальних) до дії екзогенних факторів.

Однак, відсутність достовірних відмінностей у показниках хвилинного об'єму крові та витрат енергії міокардом може свідчити про певну компенсаторність змін за рахунок посилення регуляторних механізмів, що забезпечують необхідний рівень кровонаповнення тканин організму, та про відсутність органічних уражень як самих структур серцево-судинної системи, так і регуляторних контурів нервової та ендокринної систем, які забезпечують ланку регуляції.

Обґрунтованість поділу досліджуваних на групи з урахуванням індексу їх статури (конституції) (індексу Пінье) проявлялася в тому, що більшість досліджуваних параметрів характеризувалася значною кількістю статистично значимих кореляційних зв'язків саме із цим показником. Така особливість отриманих результатів дала можливість проаналізувати параметри кардіо-респіраторної системи осіб, що тривалий час зазнають впливу шкідливих факторів на виробництві, з урахуванням груп, виділених за градаціями, що базуються на значенні індексу Пінье [22].

Аналіз показників центрального кровотоку з урахуванням поділу на підгрупи показав, що в групі гіпостеніків за методикою реографії за Кубічком виявлено лише єдину статистично достовірну відмінність: збільшення періоду пульсового кровонаповнення в працівників промислового підприємства, порівняно з особами, задіяними у сільськогосподарському виробництві. Така особливість може відображати негативну тенденцію до переважання парасимпатичної ланки регуляції в умовах, коли відсутній стресовий чинник екзогенного чи ендогенного походження, який активує симпато-адреналову систему організму.

В групі гіперстеніків показники центрального кровотоку характеризувалися значно більшою кількістю достовірних відмінностей, ніж у попередній групі. Однак, з огляду на те, що в групі працівників агропромислового сектору не виявлено осіб з таким типом статури за індексом Пінье, порівняння тут здійснювалося лише між групою працівників промислових підприємств та контрольною групою досліджуваних. Зокрема в групі промислових працівників спостерігається достовірне збільшення показників ударного та хвилинного об'ємів крові, ударного та серцевого індексу, а також зменшення питомого периферичного опору.

У групі нормостеніків не спостерігається достовірних відмінностей показників центральної гемодинаміки між обома групами, що зазнали шкідливого впливу виробничих умов. Натомість відмічені достовірні відмінності в показниках потужності міокарда та питомого периферичного опору між даними групами та контрольною групою досліджуваних. Крім того, в групі працівників агропромислового комплексу відмічено достовірну різницю показників хвилинного об'єму крові, а в працівників промислового виробництва – ударного об'єму крові.

Таким чином, діяльність вегетативних систем організму людини може змінюватися під впливом екологічно-антропогенних факторів навколишнього середовища, санітарно-гігієнічних умов життя, особливостей харчування, професійної діяльності і т. д. В результаті встановлюється динамічна рівновага організм – середовище. Прогнозування стану організму людини і популяції в цілому, а також управління процесом адаптації вимагає знання динаміки пристосування, її різноманітних варіантів, розкриття механізмів адаптації. Особливо це актуально для людей репродуктивного віку, коли інтенсивні впливи різних еко-антропогенних факторів обумовлюють високу чутливість людини і впливають на діяльність серцево-судинної, дихальної систем та фізичний розвиток людини. Реакція організму людини на вплив факторів різної природи в різні вікові періоди визначається морфофункціональною зрілістю фізіологічних систем і адекватністю функціональних можливостей організму, що лежить в основі поділу онтогенезу на вікові періоди [23].

Істотним чинником, який впливає на функціональний стан вегетативних систем організму є вплив екологічних факторів, під дією яких людина перебуває тривалий період. До теперішнього часу немає повної картини річної динаміки функціональних перебудов в організмі і її впливу на функціональний стан систем організму людини в умовах впливу еко-антропогенних факторів, хоча це має велике наукове і практичне значення [23]. Для розуміння механізмів формування пристосувальних реакцій в організмі важливий аналіз залежності показників систем кровообігу та дихання у людини, які піддаються впливу вищезазначених факторів [24].

Висновки

1. В осіб, що зазнають постійного впливу негативних екологічних чинників на виробництві абсолютні антропометричні показники (вік, ріст, маса, окружність грудної клітки) та інтегральні показники (індекс Пінье) не відрізнялися від показників контрольної групи.

2. Індекс Пінье дав можливість виявити переважання нормостенічного типу статури тіла у всіх обстежених (значення коливалися від 48 % в групі осіб, задіяних на промисловому виробництві, до 71 % – у працівників сільськогосподарських підприємств).

3. Найбільша кількість статистично значущих кореляційних зв'язків виявлена у контрольній групі досліджуваних між функціональними показниками серцево-судинної системи та індексом Пінье, тоді як у досліджуваних, що задіяні у шкідливому виробництві такі взаємозв'язки практично повністю відсутні.

4. У досліджуваних, що зазнають хронічного впливу негативних факторів середовища на виробництві (як агропромислового, так і в промисловості), виявлено достовірні відмінності при порівнянні з групою осіб із відносно екологічно чистих регіонів за показниками ударного об'єму кровотоку та потужності міокарда, однак такі зміни носять компенсаторний характер.

5. Врахування типу тілобудови досліджуваних показало, що найбільша кількість відмінностей між досліджуваними групами та контролем виявлена у нормостеніків: достовірні відмінності відмічені в показниках потужності міокарда та питомого периферичного опору.

Література

1. Агарков В. И. Закономерности и особенности морфофункциональных показателей здоровья подростков, постоянно проживающих в социально-экологических условиях Донбасса / Агарков В. И., Бугашева Н. В., Коктышев И. В. и др. // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. 11. – № 1. – С. 3-7.
2. Журавльов О. А. Особливості амплітудно-часових характеристик мозкової гемодинаміки при виконанні когнітивних завдань у студентів, які тривалий час проживали в умовах радіаційного забруднення / О. А. Журавльов // Перша Міжнародна конференція студентів та аспірантів : тези доповідей. – Львів. – 2005. – С. 216-217
3. Михалев В. П. Гигиеническая оценка радиоактивной загрязненности окружающей среды / В. П. Михалев, В. Л. Адамович // Гигиена и санитария. – 1997. – № 3. – С. 36-41.
4. Каверин А. В. Влияние факторов среды на физическое развитие и здоровье населения / А. В. Каверин, А. А. Щанкин, Г. И. Щанкина // Вестник Мордовского университета. – 2015. – № 2. – С. 87-97.
5. Юдин Г. В. Формирование соматотипов у детей и подростков школьного возраста под влиянием антропо-техногенных химических факторов / Г. В. Юдин // Морфология. – 2003. – Т. 123. – № 3. – С. 86-88.
6. Hoppin J. A. Animal production and wheeze in the Agricultural Health Study: interactions with atopy, asthma, and smoking. / J. A. Hoppin, D. M. Umbach, S. J. London [et al.] // Occup. Environ. Med. – 2003. Vol. 60. – P. 3.
7. Грищенко С. В. Гигиеническая оценка состояния окружающей среды Донецкой области и степени ее опасности для здоровья населения / С. В. Грищенко, И. И. Грищенко, А. В. Абакумова [и др.] // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. 11. – № 1. – С. 8-12.
8. Maroni M. Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture / M. Maroni, A. C. Fanetti, F. Metruccio // Med. Lav. – 2006. – Vol. 97. – 430-437.
9. Антонюк О. П. Прогнозування залежності рівня захворюваності населення міста Кривий Ріг від впливу техногенного забруднення / О. П. Антонюк // Економічний часопис – XXI. – 2012. – № 1/2. – С. 59-67.
10. Ермоленко Г. В. Особенности функционирования ведущих адаптационных систем и психофизиологический статус подростков, проживающих в условиях химического загрязнения окружающей среды : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 "Физиология"; 19.00.02 "Психофизиология" / Г. В. Ермоленко. – Москва, 2007. – 19 с.

11. Beseler C. L. Pesticide poisoning and respiratory disorders in Colorado farm residents. / C. L. Beseler, L. Stallones // J. Agric. Saf. Health. – 2009. – Vol. 15. – P. 327–334.
12. Payán-Rentería R. Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico community / R. Payán-Rentería, G. Garibay-Chávez, R. Rangel-Ascencio [et al.] // Arch. Environ. Occup. Health. – 2012. – Vol. 67. – P. 22-30.
13. Лібанова Е. М. Прогноз тенденції смертності населення України // Демографія та соціальна економіка. – 2006. – № 1. – С. 23-37.
14. Грузева Т. С. Вплив екологічних чинників на формування глобального тягаря хвороб / Т. С. Грузева // Науковий вісник Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця. – 2010. – № 27. – С. 167-168.
15. Бунак В. В. Методика антропометрических исследований / В. В. Бунак. – М.-Л., 1931. – 222 с.
16. Котышева Е. Н. Анализ антропометрических показателей физического развития детей 5-7 лет в условиях промышленного города / Е. Н. Котышева, Н. А. Дзюндзя, М. Ю. Болотская // Педиатрия. – 2008. – № 2. – С. 140-143.
17. Ронкин М. А. Реография в клинической практике / М. А. Ронкин, Л. Б. Иванов. М., 1997. – 40 с.
18. Clasey J. L. Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women / J. L. Clasey, J. A. Kanaley, L. Widemanetal. // J. Appl. Physiol. – 1999. – V. 86. – № 5. – P. 1728-1738.
19. Безпалова Н. М. Морфофункціональні закономірності фізичного розвитку студентів в залежності від переваження типу автономної нервової системи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 14.03.01 “Нормальна анатомія” / Н. М. Безпалова. – Тернопіль, – 2010. – 18 с.
20. Бахтояров П. Д. Початкові порушення кровопостачання головного мозку у робітників великого промислового підприємства Донбасу, їх корекція методами магнітотерапії і рефлексотерапії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук. / П. Д. Бахтояров. – Київ, 2003. – 25 с.
21. Чистилина Е. С. Особенности изменений состояний сердца и сосудов при функциональных исследованиях у участников ликвидации аварии на ЧАЭС в отдаленный период / Е. С. Чистилина, С. Г. Гайдук // Междунар. журнал радиац. медицины. – 2000. – № 1-2. – С. 313 -315.-315.
22. Barnett H. L. Body type preferences in Asian and Caucasian college studentas / Heather L. Barnett, Pamrla K. Keel; Lauren M. Conoscenti // Sex Roles. – 2001. – Vol. 45. – № 11-12. – P. 867-878.
23. Коцан І. Психофізіологічні особливості студентів, які проживають на радіоактивно забрудненій території / І. Коцан, Н. Козачук, О. Журавльов // Вісник Прикарпатського університету. Серія Біологія. – Івано-Франківськ. – 2006. – Вип. 6. – С. 190-196.
24. Чумакова О. Л. Воздействие антропогенных факторов мегаполиса на адаптацию детей и подростков / О. Л. Чумакова, В. В. Глебов // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 8. – С. 60-61.

References

1. Agarkov, V. I. Bugasheva, N. V., Koktyshhev, I. V. et al. (2007). Regularities and features of morphofunctional health indicators of adolescents permanently living in social and ecological conditions of Donbass. *Vestnik gigieny i epidemiologii (Bulletin of Hygiene and Epidemiology)*, 1, 3-7. (in Rus.)
2. Zhuravlov, O. A. (2005) Features of the amplitude-time characteristics of cerebral hemodynamics during performing cognitive tasks in students who lived for a long time in conditions of radiation pollution. *L'viv*, 216-217. (in Ukr.)
3. Mihalev, V. P., Adamovich, B. L. (1997) Hygienic assessment of radioactive contamination of the environment. *Gigiena i sanitarija (Hygiene and Sanitation)*, 3, 36-41. (in Rus.)
4. Kaverin, A. V. Shankin, A. A., Shankina, G. I. (2015) Impact of environmental factors on physical development and population health. *Vestnik Mordovskogo universiteta (Bulletin of the Mordovian University)*, 2, 87-97. (in Rus.)
5. Judin, G. V. (2003) Formation of somatotypes in children and adolescents of school age under the influence of anthropo-technogenic chemical factors. *Morfologija (Morphology)*, 123, 3, 86-88. (in Rus.)
6. Hoppin, J. A., Umbach, D. M., London, S. J. et al. (2003). Animal production and wheeze in the Agricultural Health Study: interactions with atopy, asthma, and smoking. *Occup. Environ. Med.*, 60, 3.
7. Grishchenko, S. V. Grishchenko, I. I., Abakumova, A. V. et al. (2007) Hygienic assessment of the environmental condition of the Donetsk region and its degree of danger to public health. *Vestnik gigieny i epidemiologii (Bulletin of Hygiene and Epidemiology)*, 11, 1, 8-12. (in Rus.)
8. Maroni, M., Fanetti, A. C., Metruccio, F. (2006). Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. *Med. Lav.*, 97,430-437.
9. Antoniuk, O. P. (2012) Prediction of dependency between the morbidity level in Kryvyi Rig city and the influence of technogenic pollution. *Ekonomichnij Casopis-XXI (Economic Annals-XXI)*, 1/2, 59-67. (in Ukr.)
10. Ermolenko, G. V. (2007) *Features of the functioning of the leading adaptation systems and the psychophysiological status of adolescents living in conditions of chemical pollution. Moscow.* (in Rus.)

11. Beseler, C. L. Stallones, L. (2009) Pesticide poisoning and respiratory disorders in Colorado farm residents. *J. Agric. Saf. Health*, 15, 327-334.
12. Payán-Rentería, R., Garibay-Chávez, G., Rangel-Ascencio, R. et al. (2012) Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico community. *Arch. Environ. Occup. Health*. 67, 22-30.
13. Libanova, E.M. (2006) The forecast of population mortality trends in Ukraine. *Demografija ta social'na ekonomika (Demography and Social Economy)*, 1, 23-37. (in Ukr.)
14. Gruzeva, T. S. (2010) The influence of ecological factors on the global disease formation. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho medychnoho universytetu im. O. O. Bohomoletsia (Scientific Bulletin of the National Medical University named after O. O. Bohomolets)*, 27, 167-168. (in Ukr.)
15. Bunak, V.V. (1931). *Anthropometric research methodology. Moscow-Leningrad.* (in Rus.)
16. Kotysheva, E. N. Dzyundzy, N. A., Bolotskaya, M. Yu. (2008). Analysis of anthropometric indicators of the physical development of children aged 5-7 years in an industrial city. *Pediatrics (Pediatrics)*, 2, 140-143. (in Rus.)
17. Ronkin, M. A., Ivanov, L. B. (1997). *Rheography in clinical practice. Moscow.* (in Rus.)
18. Clasey, J. L., Kanaley, J. A., Widemanetal, L. Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *J. Appl. Physiol.*, 86, № 5, 1728-1738.
19. Bezpalova, N. M. (2010). *Morpho-functional patterns of physical development of students, depending on the prevailing type of autonomous nervous system. Ternopil.* (in Ukr.)
20. Bahtoyarov, P. D. (2003). *Initial violations of a blood supply of a brain for working major industrial firm of Donets Basin, their correction by methods magnetotherapy and reflexotherapy.* Kyiv. (in Ukr.)
21. Chistilina, E.S., Gaiduk, S.G. (2000). Peculiarities of changes in heart and vascular conditions in functional studies among participants in the liquidation of the Chernobyl accident in the remote period. *Mezhdunarodnyj zhurnal radiacionnoj medicyny (Intern. Journal of Radiations. Medicine)*, 1-2, 313-315. (in Rus.)
22. Barnett, H. L., Keel, P. K., Conoscenti, L. M. (2001). Body type preferences in Asian and Caucasian college students. *Sex Roles*, 45, 11-12, 867-878.
23. Kotsan, I., Zhuravlov, O., Kozachuk, N. (2006). Psychophysiological features of students, which live in zone of the radiological control. *Visnyk Prykarpatskoho universytetu. Seriya Biologiya (Bulletin of the Precarpathian University. Series Biology)*, 6, 190-196. (in Ukr.)
24. Chumakova, O.L., Glebov, V.V. (2013). The impact of anthropogenic factors of a metropolis on the adaptation of children and adolescents. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya (Successes of modern natural science)*, 8, 60-61. (in Rus.)

Summary. *Pshybel'skiy V.V., Zhuravlov O.A., Shevchuk T.Ya., Zhuravlova O.V. Analysis of the central blood flow characteristics among the participants of the research, who have chronic effects of negative environmental factors in the workplace*

Introduction. *The problem of the public health of Ukraine in our country is acute and requires a moderate rise. There are steady tendencies in the increased incidence and the disease dissemination in Ukraine. Currently, the particular scientific researches proved that the bad state of the environment, air, ground and water pollution and the influence of the other negative factors of environment on the human body can be the reasons of the increased incidence, cardiovascular disease in particular.*

Purpose. *The main purpose of the research was to study the dependence of the parameters of the central blood flow and the type of body structure of the workers of the agro-industrial sector and industrial enterprises that undergo chronic effects of a complex of harmful environmental factors.*

Methods. *In the lens of the experiment, 90 people were participants, male aged from 21 to 35 years old. For the purpose of the study all the participants were divided into 3 groups: 1) the population live at least in an ecologically pure zone; 2) the residents of the agrarian districts of the Volyn Region, which are seized in the agricultural area and positively correlated with fertilizers and pesticides; 3) people who work at the enterprises in Lutsk. Proportionality of development and structure of the body of the subjects were studied by calculating the Pignet (IP) index. The study of the central hemodynamic was carried out with the help of the "Askold" ("Kyiv", 1998), with the use of the method of tetrapolarity reographism by Kubicek. The reograms recording was carried out at the time of the spontaneous respiration and the duration of the inhomogeneous exhalation.*

Results. *Correlation analysis of the indicators of central blood flow and anthropometric indicators showed that in the control group there is a high level of direct dependence of practically all of the studied parameters of the central blood flow from the Pignet index. Thus, in particular, the value of the minute volume of blood flow ($r = 0.49$), volume of ejection rate ($r = 0.31$), myocardial capacity*

($r = 0.34$), shock index ($r = 0.32$) and cardiac index ($r = 0.47$) is directly proportional to the given index, and the index of the total peripheral resistance ($r = -0.41$) reveals an inverse relationship.

The grounding of the division of the subjects studied into groups, taking into account the index of their constitution (Pignet index), was manifested in the fact that most of the studied parameters were characterized by a significant number of statistically significant correlation relations with this indicator. Such a feature of the obtained results made it possible to analyze the parameters of the cardio-respiratory system of people who have been exposed to harmful factors in the workplace for a long time, taking into account the groups allocated on graduations, which are based on the value of the Pignet index.

Analysis of the central blood flow characteristics among the participants of the research, who have chronic effects of negative environmental factors in the workplace (both agro-industrial and industrial) revealed significant differences between the given groups and the group of people from relatively environmentally pure zones in terms of the impact volume of the bloodstream and the capacity of the myocardium. However, the lack of significant differences in the values of the minute volume of blood and energy consumption by the myocardium may indicate a certain compensatory change due to the strengthening of regulatory mechanisms that provide the necessary level of blood supply to the tissues of the body and the absence of organic lesions as the structures of the cardiovascular system, and regulatory circuits of the nervous and endocrine systems that provide a regulation link.

Conclusion. People who exposed to negative environmental factors in the workplace, absolute anthropometric indices (age, height, weight, chest) and integral indices (Pignet index) did not differ from those in the control group. The largest number of statistically significant correlation relationships was found in the control group of the participants between functional parameters of the cardiovascular system and the Pignet index, while among people, who have adverse working conditions, such relationships are practically absent. People undergo chronic effects of negative environmental factors in the workplace (both agro-industrial and industrial), there were significant differences in comparison with the group of people from relatively environmentally pure regions in terms of the impact volume of blood flow and the capacity of the myocardium, but these changes have compensatory character. Taking into account the type of body structure of the participants showed that the greatest number of differences between the experimental groups and control was found among mesomorphic people: significant differences are noted in the indicators of myocardial capacity and specific peripheral resistance.

Keywords: central hemodynamics, ecological factors, factors of manufacturing, type of body structure.

¹ Волинський обласний еколого-натуралістичний центр

² Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Одержано редакцією 02.10.2017

Прийнято до публікації 11.06.2018

Відомості про авторів

Абдурахман Алвані – кандидат наук з фізичного виховання та спорту, викладач факультету фізичного виховання і спорту університету Ал-ваас, м. Хама, Сирія

Андрощук Олег Іванович – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Безкопильна Світлана Володимирівна – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Берінчік Денис Юрійович – аспірант Національного університету фізичного виховання і спорту України.

Блінкова Олена Ігорівна – кандидат біологічних наук, докторант, старший науковий співробітник Національного університету біоресурсів і природокористування

Боєчко Федір Федорович – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, завідувач кафедри біології та біохімії Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Гулька Ольга Василівна – асистент кафедри теоретичних основ і методики фізичного виховання Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка

Журавльов Олександр Анатолійович – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки

Журавльова Олена Вікторівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри загальної і соціальної психології та соціології Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки

Завгородня Вікторія Анатоліївна – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Загайкан Юлія Володимирівна – аспірант кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету

Запорожець Тетяна Василівна – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри алгебри і математичного аналізу Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Ілюха Лідія Михайлівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Ільїн Володимир Миколайович – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України

Імас Євгеній Вікторович – ректор Національного університету фізичного виховання і спорту України, доктор економічних наук, професор, почесний академік академії педагогічних наук України

Коваль Сергій Борисович – доктор біологічних наук, професор Української військово-медичної академії

Кудій Людмила Іванівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Куценко Тетяна Василівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Лизогуб Володимир Сергійович – доктор біологічних наук, професор, директор НДІ фізіології імені Михайла Босого, професор кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Лисенко Олена Миколаївна – доктор біологічних наук, професор Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України, завідувач лабораторії теорії і методики спортивної підготовки та резервних можливостей спортсменів

Лукашов Сергій Миколайович – кандидат медичних наук, доцент, заступник генерального директора лікувально-діагностичного науково-консультативного центру «Головний біль»

Ляшенко Валентина Петрівна – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри фізіології людини і тварин Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Макаренко Микола Васильович – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри фізичної реабілітації інституту Луцького інституту розвитку людини університету «Україна»

Мізін Валерія Вікторівна – аспірант кафедри фізіології людини і тварин Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Мінаєв Борис Пилипович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, заслужений діяч науки і техніки України

Наседкін Дмитро Борисович – провідний інженер Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка, Київ

Палабійк Ахмет Альперен – викладач Ардаганського університету, м. Ардаган, Турція

Панченко Віктор Михайлович – кандидат біологічних наук, НДЦ гуманітарних проблем ЗС України

Панченко Олександр Олександрович – магістрант Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Пастухова Вікторія Анатоліївна – доктор медичних наук, завідувач кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України

Пшибельський Володимир Володимирович – викладач кафедри «Здоров'я людини та фізичної реабілітації» приватного вищого навчального закладу «Академія рекреаційних технологій і права»

Ровний Анатолій Степанович – доктор наук з фізичного виховання, професор Харківської державної академії фізичної культури

Рибалко Алевтина Володимирівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Савицький Валерій Леонідович – доктор медичних наук, професор, полковник медичної служби, начальник Української військово-медичної академії

Сосновський Володимир Володимирович – аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України

Спринь Олександр Борисович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету

Філіпов Михайло Михайлович – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України

Черненко Наталія Павлівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Шевчук Тетяна Яківна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки

Харченко Дмитро Миколайович – доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри психології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

ЗМІСТ

Androshchuk O. I., Zavorodnia V. A. Correlation of vegetative tone indicator with Kerdo index and heart rate variability.....	3
Блінкова О. І. Особливості адаптації чужорідного виду <i>Lamium purpureum</i> L. у вторинному ареалі.....	7
Гулька О. В. Психофізіологічні зміни в організмі студентів під впливом навчального навантаження.....	17
Загайкан Ю. В., Спринь О. Б. Вплив сенсорної депривації на сенсомоторне реагування у дітей	25
Ильин В. Н., Филиппов М. М., Ровний А. С., Алвани А., Коваль С. Б. Психофизиологическое состояние спортсменов с хроническим утомлением.....	32
Люха Л. М., Боєчко Ф. Ф. Електрична активність нюхових цибулин сірійських хом'яків (<i>Mesocricetus auratus</i>).....	39
Имас Е. В., Ильин В. Н., Пастухова В. А., Сосновский В. В. Характеристика физической работоспособности спортсменов, специализирующихся в беге на средние дистанции, после учебно- тренировочных сборов в условиях среднегорья	46
Кудій Л. І., Рибалко А. В., Запорожець Т. В. Хвильова структура показників гемодинаміки при різному вихідному рівні частоти дихання у чоловіків.....	54
Куценко Т. В., Наседкін Д. Б. Виконання комбінованого тесту із завданнями струпа, поффенберга, сперрі у нав'язаному та довільному режимах	62
Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабійк А. А., Безкопильна С. В. Спосіб визначення розумової працездатності за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників	70
Лысенко Е. Н., Беринчик Д. Ю. Функциональное обеспечение специальной работоспособности у квалифицированных боксеров при выполнении специализированных тестов анаэробного характера	80
Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Савицький В. Л., Панченко В. М., Харченко Д. М. Переробка зорово-слухової інформації різного ступеня складності у людей з різними властивостями основних нервових процесів.....	92

Мізін В. В., Ляшенко В. П., Лукашов С. М. Зміни потужностей електричної активності моторної зони кори головного мозку самок щурів різного віку	105
Панченко О. О., Мінасєв Б. П. Ферментативний спін-каталіз у флавін-вмісних оксидазах та магнітна орієнтація птахів.....	114
Пшибельський В. В., Журавльов О. А., Шевчук Т. Я., Журавльова О. В., Аналіз особливостей центрального кровотоку у досліджуваних, що зазнають хронічного впливу негативних факторів середовища на виробництві.....	121
Відомості про авторів	134

CONTENT

Androshchuk O. I., Zavhorodnia V. A. Correlation of vegetative tone indicator with Kerdo index and heart rate variability.....	3
Blinkova O. I. Features of the adaptation of alien species <i>Lamium purpureum</i> L. of secondary area	7
Hulka O. V. Psycho-physiological changes in the organism of students organisms under the influence of educational load	17
Zagaykan J. V., Spryn A. B. The effect of sensory deprivation on sensory response in children	25
Ilyin V. N., Filippov M. M., Rovniy A. S., Alwani A., Koval S. B. Psychophysiological state of athletes with chronic fatigue.....	32
Ilyuha L. M., Boechko F. F. Electrical activity of the olfactory bulbs of Syrian hamster (<i>Mesocricetus auratus</i>)	39
Imas E. V., Ilyin V. N., Pastukhova V. A., Sosnovsky V. V. Characteristics of the physical performance of athletes specializing in middle distance running, after training camps in conditions of mid-range altitudes	46
Kudii L. I., Rybalko A. V., Zaporozhets T.V. Wave structure of hemodynamic indicators by the different level of the respiratory rate in men	54
Kutsenko T., Nasiedkin D. Performance of the combined test with the tasks of Stroop, Poffenberger, Sperry in the forced and voluntary regimes	62
Lizohub V. S., Chernenko N. P., Palabiyik A. A., Bezkopulna S. V. Method of definitions mental performance during processing of information with different speed of presentation of stimuli	70
Lysenko O. M., Berinchyk D. Yu. Functional support special working capacity have qualified boxers in carrying out specialized tests anaerobic character.....	80
Makarenko M. V., Lizohub V. S., Savitsky V. L., Panchenko V. M., Kharchenko D. M. Processing of visual-auditory information of varying degrees of complexity in people with different properties of the main nervous processes	92
Mizin V. V., Lyashenko V. P., Lukashov S. M. Power changes in electrical activity of motor zone of the main brain of female rats of different age	105

Panchenko O. O., Minaev B. F.

Enzymatic spin-catalysis in flavin-containing oxidases and magnetic orientation of birds 114

Pshybelskyj V. V., Zhuravlov O. ., Shevchuk T. Ya., Zhuravlova O. V.

Analysis of the central blood flow characteristics among the participants of the research, who have chronic effects of negative environmental factors in the workplace 121

Information about authors 134

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія біологічні науки
№ 1. 2018

Відповідальний за випуск
Лизогуб В. С.

Відповідальний секретар:
Черненко Н. П.

Комп'ютерне верстання
Любченко Л. Г.

Підписано до друку 26.06.2018.
Формат 84x108/16. Папір офсет. Друк офсет. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 14. Обл. вид. арк. 14,1.
Замовлення № 88. Тираж 300 прим.

**Бізнес-інноваційний центр
Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького**
18000, Україна, м. Черкаси, бульвар Шевченка, 205.
тел.: (0472) 32-93-05

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №3427 від 17.03.2009 р.