

---

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Черкаський національний університет  
імені Богдана Хмельницького

ISSN (Print): 2076-5835  
ISSN (Online): 2518-1211

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2

**ВІСНИК  
ЧЕРКАСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ**  
Серія  
**БІОЛОГІЧНІ НАУКИ**

**BULLETIN  
OF THE CHERKASY BOHDAN KHMELNYTSKY  
NATIONAL UNIVERSITY  
BIOLOGICAL SCIENCES**

Науковий журнал  
Виходить 2 рази на рік

**№2. 2023**

Черкаси – 2023

**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 17.03.2020 №409 включено до Переліку наукових фахових видань України категорії "Б"

**Випуск № 2 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 № 6 від 21.12.2023).**

Журнал індексується в наукометричних базах даних Google Scholar, Ulrichsweb.

#### **Редакційна колегія серії:**

Лизогуб В.С., д.б.н., проф. (відповідальний редактор); Светлова О.Д., к.б.н., доц. (відповідальний секретар); Абуладзе А.В., к.б.н. (Грузія); Анна Радохонська, д.б.н., проф. (Польща); Башенко М.І., академік НААН, д.с.-г.н., проф.; Гаврилук М.Н., к.б.н., доц.; Давидова О. М. к.б.н, доц. (США), Зима І.Г., д.б.н., ст.н.сп., доц., Ілюха Л.М., к.б.н., доц.; Коваленко С.О., д.б.н., проф.; Коробейнікова Л.Г. д.б.н, проф., Лисенко О.М. д.б.н., проф., Макарчук М.Ю., д.б.н., проф.; Освальд Руксенас, д.б.н., проф. (Литва); Спрягайло О.В., к.б.н., доц.; Хоменко С.М., к.б.н., доц.; Юхименко Л.І., д.б.н., доц.

За дотримання права інтелектуальної власності, достовірність матеріалів та обґрунтування висновків відповідають автори.

#### **Адреса редакційної колегії:**

18031, Черкаси, бульвар Шевченка, 81, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації.  
Тел. (0472) 45-44-23  
<http://bio-ejournal.cdu.edu.ua/index>  
[svetlova\\_2004@vu.cdu.edu.ua](mailto:svetlova_2004@vu.cdu.edu.ua)

© Черкаський національний університет, 2023

Founder, editorial, publisher and manufacturer –  
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy  
State registration certificate: KV No. 21393-11193P-dated 25.06.2015  
This journal is meant for teachers, researchers, postgraduates and students.

Journal is entered into the «List of scientific professional editions of Ukraine of category «B» in which results of dissertational researches in competition for scientific degrees of doctor of science and candidate of science (PhD) may be published by a Decree of MES of Ukraine dd 13.07.2015 No 747

Issue №2 of the scientific journal «Bulletin of the Cherkasy Bohdan Khmelnytsky national university. Biological sciences» is recommended for publication and dissemination through the Internet by the Academic Council of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy. (protocol number 6 dated 21.12.2023).

The journal are indexed in an international scientific and metric databases Ulrichsweb (Ulrich's Periodicals Directory) and Google Scholar.

#### **Editorial board:**

**Chief editor:** Doctor of Biological Sciences, Professor Volodymyr Serhiiovych Lyzohub.

**Executive secretary:** PhD (Candidate of Biological Science), Assistant Professor Olena Dmitrivna Svetlova.

A.V. Abuladze, Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor (Georgia); Anna Radokhonska, Doctor of Biological Sciences, Professor (Poland); M.I. Bashchenko, Academician of the National Academy of Agricultural Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, M.N. Gavriyuk, Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor; Davydova E. PhD, Assistant Professor (USA); Iliukha L.M., Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor; Khomenko S.M. Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor; Kovalenko S.O. Doctor of Biological Sciences, Professor; Korobeynikova L.G. Doctor of Biological Sciences, Professor; Lysenko O.N. Doctor of Biological Sciences, Professor; M.Yu. Makarchuk, Doctor of Biological Sciences, Professor; Oswald Ruksenas, Doctor of Biological Sciences, Professor (Lithuania); Spryagaylo O.V. Candidate of Biological Sciences (PhD), Assistant Professor; Yukhymenko L.I. Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor; Zyma I.G. Doctor of Biological Sciences, Senior Research Fellow

The authors are responsible for the observance of the intellectual property right, for the reliability of the materials and for the substantiation of the conclusions.

Editorial office address:  
18031, Cherkasy, Shevchenko Blvd., 81  
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy  
Phone. (0472) 45-44-23  
<http://bio-ejournal.cdu.edu.ua/index>  
[svetlova\\_2004@vu.cdu.edu.ua](mailto:svetlova_2004@vu.cdu.edu.ua)

©Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, 2023  
©Copyright by the contributors

УДК: 929:[378.22:63](477.46-25)(045)

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-13-17

**Григорій Михайлович Голиш**

кандидат історичних наук, доцент  
директор наукової бібліотеки імені Михайла Максимовича  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
biblioteka.cnu@gmail.com,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5203-0859>

**Олександр Олександрович Коробко**

кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач  
кафедри біології, екології і агротехнологій  
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького  
a.korobko1990@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4111-9003>

## БІЛОНОЖКО ВОЛОДИМИР ЯКОВИЧ: ДО 70-РІЧНОГО ЮВІЛЕЮ

*Статтю присвячено професору Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького Володимирі Яковичу Білоножка з нагоди його 70-річного ювілею. Подано основні віхи життя і діяльності цього відомого вченого в галузі аграрних наук, педагога, організатора вищої освіти. Проаналізовано наукові здобутки В. Я. Білоножка, показано його внесок у розвиток сучасної аграрної науки та розкрито роль ювіляра в розбудові кафедри біології, екології та агротехнології ЧНУ ім. б. Хмельницькогої. Підкреслено багатогранність життєдіяльності ювіляра, схарактеризовано його науковий шлях. Висвітлено наукові здобутки та становлення й розвиток його наукової школи за рослинницьким напрямком.*

**Ключові слова:** Білоножка Володимир Якович, агрономія, селекція гречки, насіннезнавство круп'яних культур, агроекологія, рослинництво, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, агрономічний факультет



Володимир Якович Білоножка народився 29 березня 1952 р. в селі Худоліївка, тут пройшло його раннє дитинство. А зростав він у родині колишнього фронтовика-десантника Якова Потаповича Білоножка (далекого родича Грушів, яскравим представником цього роду став знаменитий історик і державотворець М.С. Грушевський), відзначеного за мужність двома орденами Слави. Батько здобув вищу освіту й працював у банківській сфері, обіймав тут відповідальні посади. Мама Оксана Федорівна присвятила своє життя медицині, була медичною сестрою [1].

Своє навчання Володимир розпочав у школі №7 міста Станіслава (нині Івано-Франківськ), а вже в старших класах здобував загальну освіту в одному з найбільших навчальних закладів міста — школі №2. Особливих успіхів хлопець досягнув у опануванні основ біології, хімії та геометрії, був постійним учасником міських олімпіад із цих предметів [1, 2].

Щодо майбутнього фахового вибору В. Білоножка, то на нього вирішальний вплив справили його худоліївські дідусі й бабусі (у них хлопець проводив усі свої шкільні канікули), адже всі вони були хліборобами. До речі, Володин дідусь Федір Васильович був знаним у краї механізатором, довгі роки очолював тракторну бригаду МТС.

У 1970 р. В. Білоножка вступив на денне відділення Уманського сільгоспінституту (агрономічний факультет), був у числі найкращих студентів. Значну роль у його підготовці як

фахівця-агронома відіграли ректор інституту, професор Георгій Іванович Мусатов і доцент кафедри рослинництва Юрій Федорович Терещенко. Саме під їхнім керівництвом і розпочав свою дослідницьку діяльність перспективний студент. Результатами своїх наукових пошуків він ділився на міжвузівських студентських наукових конференціях.

Після закінчення сільгоспінституту його направили на Коломийщину. Там розташувалося дослідне господарство, котре займалося вирощуванням елітного посівного матеріалу для всієї Івано-Франківської області. Тут Володимир у 1974 р. працював на посаді агронома-насінневода. Щоправда, вже через кілька місяців йому довелося перервати свою трудову діяльність на рік через призов на дійсну службу до Збройних Сил. Служив В. Білоножка в ракетно-артилерійських військах Групи радянських військ у Німеччині.

Звільнившись у запас, він повернувся на Коломийщину і з головою пірнув у свою звичну роботу. До обов'язків молодого агронома-насінневода входило керування кількома токами, дбати про вирощування насіння та його очищення, боротьбу зі шкідниками, бур'янами й хворобами Зрештою, Володимир відчув високий поклик науки і вирішив вступити до аспірантури Подільського сільгоспінституту.

Його науковою керівницею стала відома науковиця, професорка Олена Семенівна Алексеева, яка займалася селекцією гречки. Саме це значною мірою й визначило основний напрямок подальших наукових пошуків В. Білоножка. Надзвичайно вимоглива й безкомпромісна, керівниця поставила перед аспірантом категоричну вимогу: він має залишити свою попередню роботу й перейти на посаду старшого наукового співробітника Проблемної науково-дослідної лабораторії гречки при інституті. Отак від 1977 р. В. Білоножка й опинився у Кам'янці-Подільському, як виявилось, на 7 років.

Тут він працював разом зі своїми колегами над створенням вихідних матеріалів для селекції високопродуктивних сортів гречки. Прийшло й перше визнання цієї праці: у 1981 р. Володимира Яковича нагородили Бронзовою медаллю Виставки досягнень народного господарства СРСР [1].

Практична робота в лабораторії дозволила молодому вченому накопичити необхідний матеріал для успішного захисту кандидатської дисертації. Ця пам'ятна в житті В. Білоножка подія відбулася в 1983 р. за темою дисертаційної праці: «Отримання вихідного матеріалу для селекції гречки шляхом обробки насіння, пилку та вегетуючих рослин різними мутагенними факторами».

Наступного року Володимир Якович обійняв посаду доцента кафедри економіки своєї alma mater — Уманського державного аграрного університету. Він відразу завоював великий авторитет серед колег та студентів, тож ні для кого не стало несподіванкою, коли в 1992 р. його призначили деканом рідного йому агрономічного факультету. Упродовж понад п'яти років своєї деканської каденції доцент Білоножка проводив значну організаційну, навчально-методичну й виховну роботу з підготовки висококваліфікованих фахівців для аграрної сфери, а очолюваний ним факультет зайняв провідні позиції в університеті. Поряд із цим він продовжував і свої наукові студії, упродовж понад 8 років був керівником наукової теми (№ державної реєстрації 0100U000461) відповідно до угоди про наукове співробітництво із насіннезнавства гречки з Державним центром сертифікації, ідентифікації та якості сортів рослин.

Закінчивши докторантуру при кафедрі рослинництва й кормовиробництва (завідувач - професор Олександр Іванович Зінченко), Володимир Якович у 2004 р. успішно захистив докторську дисертацію на тему «Агробіологічні та екологічні основи формування врожайних властивостей гречки в правобережному Лісостепу України». Науковою консультанткою дисертанта стала академік Національної академії аграрних наук Олена Семенівна Алексеева, а допомогу в математичній обробці результатів дослідження пошукач отримав від професора Едуарда Рудольфовича Ермантраута (Інститут цукрових буряків НААН України).

Оприлюднені в дисертації результати дослідження відзначалися високим рівнем теоретичної та практичної цінності. Науковець теоретично обґрунтував отримання елітних сортів гречки та оптимальні технології її вирощування, збирання й зберігання на основі встановлення відповідних кореляційних зв'язків. Науково обґрунтовані рекомендації, що містяться в дисертації, стали в пригоді сільськогосподарським виробникам Вінницької, Кіровоградської, Черкаської та інших областей України. Дисертаційні матеріали лягли в основу викладання студентам вищів основ насіннезнавства та технології вирощування гречки.

Від 2005 р. упродовж десятиліття професор Володимир Білоножка очолював кафедру екології та агробіології Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького. Саме за його ініціативи та організації було відкрито науково-дослідну лабораторію екології, зміцнено наукові зв'язки з Уманським, Полтавським, Подільським аграрними університетами, Черкаською сільськогосподарською дослідною станцією, а також розпочато роботу кафедральної філії при держустанові «Інститут охорони ґрунтів України» (с. Холодниське на Смілянщині) [3,5].

Починаючи з 2019 р. на базі ННІ природничих наук було розпочато підготовку агрономів й відтак агроном-професор зміг долучитися до підготовки висококваліфікованих фахівців сільгоспполів. У створенні необхідної навчально-методичної та матеріально-технічної бази аграрної освіти став у пригоді унікальний досвід Володимира Яковича [5].

Нині він обіймає посаду професора кафедри біології, екології та агротехнологій, і викладає майбутнім біологам, екологам і агрономам важливі світоглядні й фахово-прикладні дисципліни, зокрема, «Аграрна економіка», «Агроекологія», «Землеробство» та ін.

У колі наукових зацікавлень вченого перебувають насіннезнавство, селекція, агроекологія. Справді загальнонаціональне визнання дістали його дослідження із сортових технологій, насіннезнавства круп'яних культур. Творчий доробок професора Володимира Білоножка становить понад 100 наукових праць, серед них 3 монографії і 6 підручників та посібників (частина у співавторстві). А ще він є колективним володарем десяти патентів на корисну модель. Результатами своїх досліджень він ділився на щонайменше 60 конференціях та симпозіумах різних рівнів, у багатьох із них виступав як один із модераторів. Він став науковим керівником при підготовці двох кандидатів наук та консультантом здобувача доктора наук. Від квітня 2006 р. Володимир Якович є дійсним членом Міжнародної академії аграрної освіти [1, 6].

Помітний внесок професора В. Я. Білоножка в селекцію круп'яних культур (високоврожайних сортів гречки), його заслуги в аграрній освіті відзначено Почесною грамотою Верховної Ради України, а також багатьма відомчими та регіональними нагородами.

Попри високі літа ювіляр сповнений творчою енергією й багатьма планами й задумами в царині аграрної науки та підготовки висококваліфікованих біологів та агрономів. Тож нехай у нього все збувається, що задумалося!

### Список використаної літератури

1. Голиш Г. Невтомний сіяч ниви аграрної науки. URL: <https://cdu.edu.ua/news/nevtomnyi-siach-nyvy-aharnoi-pauku.html> (дата звернення 25.08.2023).
2. Гаврилюк М. Н. Білоножка Володимир Якович. Енциклопедія Сучасної України. Київ, 2008. URL: <https://esu.com.ua/article-22983> (дата звернення 25.08.2023).
3. Навчально-науковий інститут природничих та аграрних наук: етапи становлення та сучасність / Гаврилюк М. Н., Спрягайло О. В., Мельник Т. О., Шафорост Ю. А. *Освітньо-науковий простір сучасної України. 3 нагоди 100-річчя Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького: зб. матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (11 жовтня 2021 року, м. Черкаси)*. Черкаси, 2021. С. 102–110.
4. Кафедра екології та основ сільського господарства. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. Київ, 2009. С. 87–88.
5. Професори ЧНУ ім. Б. Хмельницького Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького: столітня історія: колективна монографія / кер. автор. кол. і наук. ред. В. В. Масненко. Черкаси: Вид. Ю. Чабаненко. 2021. С. 320.

6. Білоножко Володимир Якович: доктор сільськогосподарських наук, професор: біобібліогр. покажч. / ЧНУ ім. Б. Хмельницького, Наук. б-ка ім. М. Максимовича. Черкаси: Чабаненко Ю. А., 2017. 32 с.

### References

1. Golysh H. Tireless sower of the field of agricultural science. URL: <https://cdu.edu.ua/news/nevtomnyi-siiach-nyvy-aharnoi-nauky.html> (accessed August 25, 2023). (in Ukr.)
2. Havryliuk M. N. Bilonozhko Volodymyr Yakovych. Encyclopedia of Modern Ukraine. URL: <https://esu.com.ua/article-22983> (accessed August 25, 2023).
3. *Educational-Scientific Institute of Natural and Agricultural Sciences: stages of formation and modernity*. Gavrilyuk, M. N., Spriahailo, O. V., Melnyk, T. O., Shaforost, Yu. A. (2021). *Osvitno-naukovy prostir suchasnoi Ukrainy. Z nahody 100-richchia Cherkaskoho natsionalnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho: zb. mater. Vseukr. nauk.-prakt. konf. [Educational and scientific space of modern Ukraine. To the 100th anniversary of the Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy: Mater. of Ukraine-wide scient.-pract. conf. (11 of October 2021, Cherkasy)]*. Cherkasy: *ChNU. 10-110*. (in Ukr.)
4. Department of ecology and basics of agriculture. Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi. Kyiv, 2009. P. 87–88. (in Ukr.)
5. Professors of ChNU named after B. Khmelnytskyi Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi: a century of history: collective monograph / director. author. number and science ed. V. V. Masnenko. Cherkasy: Ed. Yu. Chabanenko. 2021. S. 320. (in Ukr.)
6. Bilonozhko Volodymyr Yakovlevych: Doctor of Agricultural Sciences, Professor [Text] : biobibliographic index / B. Khmelnytsky National University, M. Maksymovych Scientific Library. - Cherkasy: Chabanenko Y. A., 2017. - 32 c. (in Ukr.)

### **Holysh G. M., Korobko O.O. On the 70h Anniversary of Birthday of the Bilonozhko Volodymyr Yakovych**

*The article is dedicated to Volodymyr Yakovych Bilonozhko, Professor of the Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, on the occasion of his 70th birthday. The main milestones in the life and work of this well-known scientist in the field of agricultural sciences, teacher, and organiser of higher education are presented.*

*In 1970, V. Bilonozhko entered the full-time department of the Uman Agricultural Institute (Faculty of Agronomy) and was among the best students.*

*After graduating from the agricultural institute, he was sent to Kolomyia region. There was an experimental farm there that was engaged in growing elite seeds for the entire Ivano-Frankivsk region. Later, he entered the postgraduate programme at the Podil Agricultural Institute. His supervisor was a well-known scientist, Professor Olena Semenivna Alekseeva, who was engaged in buckwheat breeding. Since 1977, he has worked as a senior researcher at the Problematic Buckwheat Research Laboratory at the Institute in Kamianets-Podilskiy. In 1983 he defended his dissertation on the topic: "Obtaining source material for buckwheat breeding by treating seeds, pollen and vegetative plants with various mutagenic factors".*

*The following year, Volodymyr Yakovlevych was appointed Associate Professor of Economics at Uman National University of Horticulture. In 1992, he was appointed Dean of the Faculty of Agronomy. At the same time, he continued his scientific research, and for more than 8 years he was the head of a research topic (state registration number 0100U000461) under the agreement on scientific cooperation in buckwheat seed science with the State Centre for Certification, Identification and Quality of Plant Varieties.*

*After completing his doctoral studies at the Department of Plant and Feed Production (Headed by Professor Oleksandr Ivanovych Zinchenko), Volodymyr Yakovlevych successfully defended his doctoral thesis on "Agrobiological and ecological bases of buckwheat yield properties formation in the right-bank Forest-Steppe of Ukraine" in 2004. His scientific advisor was Olena Alekseeva, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences, and he received assistance in the mathematical processing of the research results from Professor Eduard Ehrmantraut (Institute of Sugar Beet of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine).*

*Since 2005, for a decade, Professor Volodymyr Bilonozhko has been the head of the Department of Ecology and Agrobiology at the Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy.*

*Since 2019, the Institute of Natural Sciences has been training agronomists, and thus the agronomist-professor was able to join the training of highly qualified specialists in agronomy.*

*He is currently a professor at the Department of Biology, Ecology and Agrotechnology, and teaches future biologists, ecologists and agronomists important worldview and professional applied disciplines, including Agricultural Economics, Agroecology, Agriculture, etc.*

*His research interests include seed science, breeding, and agroecology. His research on varietal technologies and seed science of cereal crops has gained nationwide recognition. Professor Bilonozhko's creative output includes more than 100 scientific papers, including 3 monographs and 6 textbooks and manuals (some of them co-authored). He is also the collective owner of ten utility model patents. He has been a supervisor for two PhDs and a consultant for a doctoral candidate. Since April 2006, he has been a full member of the International Academy of Agricultural Education.*

*Professor Bilonozhko's significant contribution to the breeding of cereals (high-yielding buckwheat varieties) and his services to agricultural education was recognised with a Certificate of Honour of the Verkhovna Rada of Ukraine, as well as many departmental and regional awards.*

*Keywords: Bilonozho Volodymyr Yakovych, agronomy, buckwheat selection, seed science of grain crops, agroecology, crop production, Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi, Faculty of Agronomy*

Одержано редакцією: 5.12.2023  
Прийнято до публікації: 14.12.2023



УДК: 544.163.3

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-4-12

**Олександр Олександрович Панченко**кафедра хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний  
університет імені Богдана Хмельницького, Україна  
panchenko9b@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7669-1424>**Юлія Анатоліївна Шафорост**кафедра хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний  
університет імені Богдана Хмельницького, Україна  
zdoryulia@ukr.netORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0002-2803>**Наталія Миколаївна Карауш-Кармазін**кафедра хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний  
університет імені Богдана Хмельницького, Україна  
karaush22@ukr.netORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9360-2593>**Максим Никандрович Гаврилюк**ННІ природничих та аграрних наук, Черкаський національний  
університет імені Богдана Хмельницького, Україна  
gavrilyuk.m@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5729-8184>

## ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ТА 60 РОКІВ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОФЕСОРА БОРИСА ПИЛИПОВИЧА МІНАЄВА

У статті висвітлено основні періоди життя, наукової та педагогічної діяльності доктора хімічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України Бориса Пилиповича Мінаєва. Матеріали статті знайомлять читача з напрямками наукових інтересів ученого, до яких належать ефекти спин-орбітальної взаємодії в молекулах і їх вплив на спектри, фотохімію, люмінесценцію, провідність, магнітні та хімічні властивості молекул. Борис Пилипович є автором концепції спин-каталізу та її застосування у ферментативному, гомогенному і гетерогенному каталізі. Роботи професора Мінаєва Б. П. добре відомі у світі, опубліковані у провідних міжнародних наукових виданнях і широко цитуються у світовій науковій літературі. На сьогоднішній день, за даними всесвітньої агенції «Scopus», Мінаєв Б. П. має рейтинг Гірша  $h = 47$ .

**Ключові слова:** Мінаєв Борис Пилипович, спин-каталіз, молекулярний кисень, фосфоресценція, спин-орбітальна взаємодія.



**Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Цього року професор кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького професор Борис Пилипович Мінаєв відзначає своє 80-річчя та 60 років роботи на науковій ниві.

Б. П. Мінаєв народився 21 вересня 1943 року в м. Свердловськ (нині – Єкатеринбург) в сім'ї службовців.

У 1962 році Б. П. Мінаєв закінчив середню школу №3 в місті Караганді та вступив до фізичного факультету Томського державного університету імені В. В. Куйбишева (ТДУ). Займався спортом – був чемпіоном Казахстану з водного поло. Часто їздив на різні змагання. Ще з учнівської лави захоплювався фізикою. Свої перші наукові дослідження, присвячені квантово-хімічним розрахункам

нітросполук методом Хюккеля, Мінаєв Б. П. розпочав, навчаючись на третьому курсі університету.

Під час навчання на п'ятому курсі він проходив переддипломну практику в Інституті високомолекулярних сполук АН СРСР, за результатами якої була написана перша наукова робота Мінаєва Б. П.: «Об относительной стабильности различных водород-связанных конфигураций производных пуринов и пиримидинов» у співавторстві з Ю. Г. Баклановою, І. Е. Мілевською, Ю. Е. Ейзнером (Молекулярная биология. – 1968. – № 2. – С. 303–309).

У 1967 році Б. П. Мінаєв закінчив університет і вступив до аспірантури при кафедрі оптики і спектроскопії ТДУ. Уже тоді молодий аспірант захоплювався методами квантової хімії, які він застосовував для розрахунків електронної будови та спектрів молекул. У ті роки під керівництвом професора Н. О. Прилежаєвої на кафедрі оптики і спектроскопії ТДУ були створені перші в Сибіру лазери і почали застосовуватися перші ЕОМ для розрахунку молекул та їх спектрів. Наталія Олександрівна Прилежаєва була ученицею академіка А. Н. Тереніна і багато розповідала про його відкриття триплетної природи фосфоресценції. Крім спектрів газового розряду, професор Прилежаєва Н. О. цікавилася теорією збуджених станів молекул. Цей інтерес до електронної теорії збуджених станів молекул вона прищепила і своєму аспіранту.

З 1970 року Б. П. Мінаєв працював молодшим науковим співробітником Сибірського фізико-технічного інституту імені академіка В. Д. Кузнецова, а через рік перейшов на кафедру органічної хімії ТДУ. На початку 1973 року захистив дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за темою «Ефекти спин-орбітальної взаємодії в оптичних та ЕПР спектрах молекул і радикалів». Уже в ранніх роботах молодого вченого прослідковувався потяг до глибокого осмислення закономірностей в молекулярних спектрах різних класів сполук (від двохатомних молекул до комплексів з перенесенням заряду і біополімерів) на основі фундаментальних теорій. Б. П. Мінаєв також розробив методи розрахунку ефектів спин-орбітальної взаємодії (СОВ) на основі теорії самоузгодженого поля Хартрі–Фока і методів конфігураційної взаємодії для збуджених станів. Врахування СОВ і розрахунок часу життя фосфоресценції ароматичних молекул дозволили Б. П. Мінаєву вперше пояснити роль міцно зв'язаних  $\sigma$ -електронів у спектрах цього широкого класу органічних сполук.

Протягом 1974–1988 рр. Б. П. Мінаєв працював спочатку доцентом кафедри теоретичної фізики, а потім завідувачем кафедри фізичної хімії Карагандинського державного університету (КарДУ). Саме в КарДУ він розробив свою знамениту теорію інтенсивностей синглет-триплетних переходів у видимій та ближній ІЧ області спектру молекулярного кисню. У верхніх шарах атмосфери ці слабкі переходи мають виключно магнітну природу і відбуваються за рахунок дуже специфічної спин-орбітальної взаємодії в молекулі кисню.

У 1978 році Б. П. Мінаєв показав, що добре відома червона лінія Фраунгофера при поглинанні атмосферою сонячного світла запозичує свою інтенсивність з магнітного переходу ЕПР між спіновими підрівнями основного триплетного стану молекули  $O_2$ . Така незвичайна природа оптичного поглинання була вперше відкрита у молекулярній спектроскопії. Через два роки, керуючись тими ж принципами, Мінаєв пояснив специфічне посилення світіння синглетного  $^1\Delta_g$  кисню в розчинах.

У 1984 році Б. П. Мінаєв захистив докторську дисертацію за спеціальністю 02.00.04. – фізична хімія на тему: «Теоретичний аналіз і прогнозування ефектів СОВ в молекулярній спектроскопії і хімічній кінетиці». У листі за підписом академіка В. А. Легасова експертна рада ВАК СРСР дозволила Б. П. Мінаєву отримати ступінь доктора хімічних наук на основі захисту автореферату без написання дисертації.

У 1984 році в КарДУ була створена друга (після МДУ) в Радянському Союзі кафедра квантової хімії, яку очолив професор Б. П. Мінаєв. За цей час він підготував шість кандидатів

і двох докторів наук.

Посилення хаосу внаслідок перебудови та розпаду СРСР змусило Б. П. Мінаєва виїхати з Казахстану. Він був запрошений за конкурсом на посаду завідувача кафедри хімії до філії Київського політехнічного інституту в м. Черкаси і з лютого 1988 року працював в цьому ВНЗ, який пізніше був реформований в Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ). За час роботи в ЧДТУ Б. П. Мінаєва підготував трьох кандидатів наук.

Україна в серці Бориса Пилиповича ще з раннього дитинства. Він пам'ятає, як батько часто розмовляв українською. Але на той час мало що розумів і постійно допитувався його, що це за така дивна мова. А батько лише посміхався. Зрештою пізніше дізнався, що його прадід родом із Слобожанщини. І коли підріс, то теж почав цікавитися Україною. Пам'ятає, що у молодших класах він часто ходив у школу у вишиванці. У мальовниче наддніпрянське місто професор закохався з першого погляду.

Одночасно професор Мінаєв читав лекції з квантової хімії в Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького (ЧНУ). У 2007 р. він перейшов на посаду завідувача кафедри органічної хімії ЧНУ, а пізніше – був обраний завідувачем створеної ним кафедри хімії та наноматеріалознавства ЧНУ.

Таким чином, вже понад чверть століття в Черкасах проводяться дослідження електронної будови, спектрів і хімічної реакційної здатності молекул з урахуванням спин-орбітальної та інших слабких магнітних взаємодій, початок яким покладено працями професора Мінаєва. Крім традиційного підходу до магнетохімії, коли магнітні збурення враховуються для розрахунку надтонкої структури в спектрах електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) радикалів або ядерного магнітного резонансу (ЯМР) діаманітних молекул, в роботах Мінаєва акцентується увага на роль триплетних станів у хімії, молекулярній електроніці, біохімії і каталізі при розрахунку СОВ, спин-спінової взаємодії, анізотропії g-фактора та інших магнітних взаємодій.

Б. П. Мінаєвим спільно з колегами з Королівського технологічного університету (м. Стокгольм) проведено квантово-хімічні розрахунки електронної будови ряду ферментів флавопротеїдів і купрумвмісних амінооксидаз. Ці ферменти утворюють супероксид-іон  $O_2^-$ , те ж саме відбувається і при мимовільному окисненні гемоглобіну, ферредоксинів і адреналіну. Б. П. Мінаєв вперше показав, чому окиснювальна атака молекулою  $O_2$  відбувається повільно і чому після приєднання першого електрона до кисню подальше відновлення протікає легко. Виявилось, що активація кисню, ця вікова загадка біохімії, зводиться до дуже простого та ясного з фізичної точки зору спінового ефекту: великій спин-орбітальній взаємодії між квазівиродженими станами супероксид-іона, утвореного в радикальній парі з ферментом (флавопротеїдів) та швидкій спин-гратковій релаксації в цьому радикалі. Ці ідеї були вперше висвітлені у 2002 році на конгресі в Токіо, але до них Б.П. Мінаєв повертався неодноразово, про що свідчать його статті. Виявилось, що прояв внутрішніх магнітних взаємодій у спектрах  $O_2$  пов'язаний з активацією кисню оксигеназами й іншими ферментами.

У 1993 році на семінарі відділу молекулярної електроніки у місті Лінчепінг (Швеція) Б. П. Мінаєв вперше акцентував увагу на тому, що в органічних світловипромінюючих діодах (ОЛЕДах) важливі ефекти спин-орбітальної взаємодії, тому що синглет-триплетні переходи втричі підвищують ефективність рекомбінації електронів і дірок при електролюмінесценції ОЛЕДів. У 1999 році в США ця ідея була втілена у життя при використанні комплексів важких іонів іридію. Мінаєв першим тоді застосував теорію функціоналу густини для розрахунку спин-орбітальної взаємодії в комплексі  $Ir(III)$  з фенілпіридилними лігандами для пояснення роботи фосфоресцентних ОЛЕДів. У подальшому ці роботи заклали основу для нових напрямків у розвитку молекулярної електроніки у співробітництві з кафедрою електронних приладів Національного університету «Львівська політехніка». Цикл робіт по ОЛЕДах узагальнений в огляді, опублікованому в журналі *Physical Chemistry Chemical Physics* (РССР) у 2014 р., який за даними агенції Scopus процитований понад 170 разів.

Хімічно стабільні речовини, які існують при звичайних умовах, як правило, діаманітні, тобто мають синглетний основний стан: через насичення хімічних валентностей всі спіни спарені, повний спін дорівнює нулю. Перший збуджений стан таких молекул завжди є триплетним ( $T_1$ ) і характеризується наявністю двох неспарених електронних спінів. Триплетні стани багатьох молекул є фотохімічно стабільними і добре вивчені в спектрах фосфоресценції, ЕПР, а також за допомогою Т-Т перенесення енергії в кристалах, склі і рідких розчинах. Оскільки спонтанний перехід з  $T_1$ -стану в основний синглетний стан ( $S_0$ ) заборонений по спіну і дозволяється тільки за рахунок слабкої спін-орбітальної взаємодії, яка злегка змішує синглетні і триплетні стани,  $T_1$ -стан є метастабільним. Не дивно, що багато фотохімічних реакцій проходять через проміжний триплетний  $T_1$ -стан. Б. П. Мінаєвим спільно з колегами проводяться численні розрахунки електронних механізмів фотохімічних реакцій з урахуванням СОВ, зокрема, для Т-S переходів у проміжних бірадикалах. Він показав, що роль триплетних станів набагато ширша і не вичерпується тільки фотохімічними процесами: Борис Пилипович давно висловлює думку про те, що майже вся хімія діаманітних речовин закодована у властивостях неспарених електронів збудженого триплетного стану. При хімічних перетвореннях молекули проходять стадію активованого комплексу, їх електронна структура набагато ближча до властивостей триплету, ніж до властивостей основного  $S_0$  стану. Ця ідея отримана з теоретичних розрахунків методами квантової хімії і здається зараз очевидною, хоча її експериментальна перевірка дуже складна. Адже всі вимірювання в хімії проводяться для стабільних молекул і досліджувати перехідний стан у реакції можна тільки непрямими методами хімічної кінетики. Розв'язуючи ж рівняння Шредінгера, ми можемо розрахувати і нестабільну молекулу, і будь-який її збуджений стан. Такі розрахунки перехідних станів у ряді хімічних реакцій показали, що розпарювання і переверот спінів можуть здійснюватися в ході темнових (а не тільки фотохімічних) перетворень. Спін-орбітальна взаємодія в активованому комплексі може ефективно змішувати S і T стани, перемикаючи канали хімічних реакцій і отримуючи більший вигравш в обмінній енергії, яка в основному керує хімічним зв'язком. Якщо витрати енергії на подолання енергетичного активаційного бар'єру хімічної реакції можна порівняти з тараном, що ламає фортечний мур, то слабку спін-орбітальну взаємодію можна порівняти з маленьким ключем, легкий поворот якого відкриває фортечні ворота. За таким же принципом діють і багато каталізаторів, зокрема, ферменти, хоча роль спіну в каталізі може бути і більш складною; при цьому важливу роль можуть відігравати не тільки магнітні взаємодії, але й спіновий обмін із каталізатором. Наприклад, окиснення органічних речовин – сильно екзотермічна реакція, що і забезпечило швидку еволюцію аеробних форм життя після виникнення фотосинтезу на Землі (перших синьо-зелених водоростей) і появи кисню в атмосфері 1,4 мільярда років тому.

Зауважимо при цьому, що вся жива матерія термодинамічно нестійка в сенсі можливого згоряння в кисні повітря. Втім вся біосфера Землі цілком стійка, що, по суті, суперечить основним принципам термодинаміки. Цей парадокс можна пояснити в силу кінетичних спінових заборон для реакцій триплетного кисню. До робіт Б. П. Мінаєва в біохімії не існувало чіткого уявлення про роль цих заборон і про те, як вони долаються в живій матерії (в дихальному ланцюзі і при клітинному окисненні вуглеводів, жирів, ліпідів). Кисень парамагнітний, а більшість органічних поживних речовин і продукти їх окиснення – діаманітні. В силу заборони по спіну горіння органічних речовин вимагає початкової активації у вигляді високотемпературної стадії запалювання – створення початкових радикалів. Радикально-ланцюговий процес горіння спричиняє неконтрольоване виділення енергії у вигляді тепла і світла. Зрозуміло, що такий механізм окиснення молекулярним киснем неприйнятний для живих клітин. У результаті метаболізму енергетичні потреби клітин тварин задовольняються за рахунок енергії, що вивільняється при окисненні органічних сполук за участю кисню. Ця енергія використовується клітиною для проведення всіх хімічних синтезів ДНК і білків, транспорту іонів, механічної роботи і діяльності мозку. Всі різноманітні

метаболічні процеси і реакції, що дають енергію всьому аеробному життю, підкоряються тонкому ферментативному контролю. До цих пір залишалось відкритим питання про специфіку спінового контролю в процесах біологічного окиснення молекулярним киснем.

Переворот спіна в супероксид-іоні рівнозначний T-S переходу в іон-радикальній парі  $\text{ФАДН}_2^+ \dots \text{O}_2^-$ , після чого йде звичайна «синглетна хімія» діаманітних речовин – перенесення атомів Гідрогену з утворенням пероксиду  $\text{H}_2\text{O}_2$  і окисненого флавінаденіндинуклеотиду (ФАД). Незвичайним аспектом є твердо встановлений Б. П. Мінаєвим факт перевороту спіну на стадії переносу електрона і утворення іон-радикальної пари. Запропонований механізм спінової релаксації в супероксид-іоні знімає всі питання в цій проблемі. Наступні реакції вже в синглетному стані системи флавопротеїдів мають малі енергії активації і протікають швидко. Оскільки вихід радикалів в об'єм клітини є згубним для організму, спіновий перехід пригнічує радикальний канал. Таким чином, що спінові ефекти відіграють важливу роль у відкритті глибоких тасмниць живої матерії. Спін – це виключно квантова властивість електрона; переворот спіну при T-S переході відноситься до числа найбільш тонких квантових ефектів, що не мають ніяких аналогів в класичній фізиці. Ми помічаємо, що специфіка живого (на прикладі дихального ланцюга і ферментів оксидаз, що використовують кисень повітря для окиснення глюкози), визначається квантовими ефектами.

Звідси можна зробити висновок, що найбільш ефективною медициною може бути та, що безпосередньо впливає на квантові переходи в живих клітинах за допомогою електромагнітних полів СВЧ і радіодіапазону терагерц. Зауважимо, що T-S розщеплення в радикальній парі  $\text{ФАДН}_2^+ \dots \text{O}_2^-$  належить до СВЧ діапазону, і на цій частоті можна впливати на швидкість спінової конверсії і на роботу ферменту. СВЧ поля давно використовуються в лікуванні і в діагностиці (ядерна томографія заснована на спектрах ЯМР, тобто на переходах між спіновими підрівнями ядер).

Ще одним прикладом квантової медицини є використання лазерів видимого діапазону для терапії раку. До хворої клітини підводиться барвник, потім за допомогою лазера і світловода його переводять в збуджений стан. Барвник переносить свою енергію електронного збудження на триплетний молекулярний кисень, завжди присутній в клітинних розчинах, і виходить нова активна форма  $^1\text{O}_2$  – синглетний кисень в стані  $^1\Delta_g$ . Для синглетного кисню немає заборони по спіну в реакціях з діаманітними речовинами, і він дуже реакційноздатний. Такий кисень вбиває хворі клітини. Теоретичним дослідженням синглетного кисню присвячено понад сотня статей Мінаєва та його учнів, захищена докторська і вісім кандидатських дисертацій.

Б. П. Мінаєв вперше пояснив механізм світіння синглетного  $^1\Delta_g$  і  $^1\Sigma_g^+$  кисню в газовій фазі без зіткнень (при нульовому тиску) і в розчинах, дав пояснення гасіння  $^1\Delta_g$  кисню, розрахував вплив  $\text{O}_2$  на синглет-триплетні переходи в кристалах і передбачив кооперативні ефекти в комплексах зіткнення кисню з діаманітними і парамагнітними молекулами. Досвід дослідження спінових ефектів в кисні, безумовно, допоміг у розробці теорії ферментативного спін-каталізу. Наприклад, у теорії гасіння синглетного кисню аліфатичними амінами в газовій фазі, запропонованої майже 30 років тому, були враховані ефекти спін-орбітальної взаємодії між станами переносу заряду, які були використані нещодавно при поясненні швидкості спінової релаксації в супероксид-іоні.

Нещодавно Б. П. Мінаєвим проведений новий цикл розрахунків по визначенню інтенсивності синглет-триплетних смуг кисню методами квантової хімії. Вперше розраховані спектри поглинання синглетного кисню  $b^1\Sigma_g^+ \rightarrow B^3\Sigma_u^-$ , встановлено, що перехід  $a^1\Delta_g \rightarrow c^1\Sigma_u^-$  є порівняно інтенсивним, що було підтверджено дослідниками з NASA (США).

Відомо, що близько 90% всіх процесів у хімічній промисловості і майже всі біохімічні реакції є каталітичними. За рахунок високої активності і хімічної специфічності ферменти значно перевершують промислові каталізатори. Як уже зазначалося, спін-ефекти відіграють центральну роль в роботі ряду ферментів, таких як оксидази на основі ФАД. Не дивно, що

загальна теорія каталізу повинна їх враховувати. Отримання амоніаку, сульфатної та нітратної кислот, крекінг нафти і синтез полімерів – все це багатотонні виробництва, що залежать від активності каталізаторів. Б. П. Мінаєвим запропоновані моделі каталізу, в яких основну увагу приділено спін-залежним електронним механізмам активації. Наприклад, активація метану кластерами платини і паладію зводиться до примішування триплет-збудженого стану метану до триплетних станів металів. Такий двохтриплетний стан має повний спін, рівний нулю, як і вихідні реагенти, однак триплетний метан спонтанно дисоціює на радикали  $\text{CH}_3 + \text{H}$ , а в основному синглетному стані його розпад вимагає великої енергії активації. Каталізатор дозволяє «підключити» триплетний стан метану до процесу розриву C–H зв'язку. При цьому виявлена важлива характеристика каталізатора – положення його триплетного рівня. Раніше цей параметр каталізатора не розглядався. Розпарювання спінів на активованому хімічному зв'язку може відбуватися під дією каталізатора без зміни спіна всієї системи (обмінний механізм) або за рахунок спін-орбітальної взаємодії з перевертанням спіна. Ідеї спін-каталізу застосовані до адсорбції ацетилену, етилену і бензену на поверхні ряду металів. Показано, що адсорбовані молекули мають форму, яка практично співпадає зі структурою триплет-збуджених молекул, при цьому кластер, що моделює поверхню металу, також має неспарені спіни.

Координація алканів з металокомплексами є початковою стадією багатьох важливих каталітичних процесів. Органометалічні комплекси родію та іридію активують метан, а аналогічні ізовалентні комплекси кобальту – ні. Пояснення цього парадоксу знайдено в теорії спін-каталізу. Комплекс кобальту має триплетний основний стан і не може здійснювати T-S переходи через слабкі СОВ: його каталітична активність в активації метану блокована по спіну. За час роботи в Черкасах Б. П. Мінаєв показав, що ефекти спін-орбітальної взаємодії відіграють важливу роль у багатьох фізичних, хімічних і біологічних процесах. Вони важливі в каталізі, молекулярній електроніці, хімії атмосфери, фізиці горіння, біології, диханні клітин.

Багато уваги Б. П. Мінаєв приділяє і проблемам екології. Відомо, що синглетний  $^1\Delta_g$  кисень бере участь в утворенні смогу над задимленими містами. У верхній атмосфері йде постійний фоторозклад  $\text{O}_2$  на атоми та їх зворотна рекомбінація з утворенням метастабільних форм кисню. Молекула  $\text{O}_2$  поглинає майже всю сонячну радіацію в ультрафіолетовій області за рахунок поглинання в смугі Шумана-Рунге. Питання про більш довгохвильове поглинання кисню надзвичайно важливе для моделювання фотохімії атмосфери і проблеми озонового шару. Оскільки всі переходи в електронному спектрі молекули кисню в більш довгохвильовій області (200–1200 нм) заборонені по спіну або по парності, питання визначення інтенсивності цих слабких переходів дуже складне, хоча у всьому світі проводяться спроби виміряти інтенсивність смуг кисню за допомогою новітніх експериментальних методів.

Новий напрям у розвитку кафедри хімії та наноматеріалознавства ЧНУ був започаткований у 2011 році і пов'язаний із дослідженнями циркуленів. Ці матеріали привернули увагу Бориса Пилиповича завдяки своїй високій симетрії і тим, що їх стали використовувати для ОЛЕДів. Було проведено великий цикл квантово-хімічних розрахунків електронної будови, ІЧ та УФ спектрів тетраокса циркуленів, їх магнітних і ароматичних властивостей. Це слугувало поштовхом для посилення розрахунків двовимірних нанополімерів на основі циркуленів, а також моделюванню нових нітроген-вмістних високоенергетичних матеріалів із застосуванням молекулярного і твердотілого підходів. Були запропоновані моделі нових алотропних модифікацій графену. Зокрема, стаття «DFT characterization of a new possible graphene allotrope» в журналі «Chemical Physics Letters» видавництва «Elsevier» була винесена на обкладинку журналу за вибором редактора як найбільш значущої статті у даному номері.

Вірною дружиною ювіляра й надійною соратницею Бориса Пилиповича є кандидат хімічних наук, доцент, старша наукова співробітниця ЧНУ Валентина Мінаєва, з якою Борис Пилипович прожив уже понад пів віку. Чимало наукових праць створено професором у

співавторстві з дружиною, разом вони беруть участь у багатьох наукових заходах, закордонних відрядженнях. Мають сина та онуків.

Багато уваги Борис Пилипович приділяє роботі з молоддю. У роботі з аспірантами дуже вимогливий і одночасно дуже щедрий: він постійно ділиться своїми знахідками, дарує ідеї і взагалі допомагає в цій важкій роботі по розрахунку електронних властивостей молекул. Під його керівництвом виконано та захищено 17 дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук та 4 дисертаційних роботи на здобуття наукових ступенів доктора хімічних наук (3) та доктора фізико-математичних наук (1).

Науковий доробок Б. П. Мінаєва складає понад 700 статей у фахових світових журналах у галузі квантової хімії та 9 монографій. Три з них – у видавництві «Наука»: «Теорія електронного строєння молекул» (1988), «Квантовая электрохимия алкалоидов» (1986), «Оптические и магнитные свойства триплетного состояния» (1983). Підручник «Органічна електроніка» (2014) та монографія «Органічні світловипромінювальні структури: колективна монографія» (2020) були видані у Національному університеті «Львівська політехніка», монографія «Електронна будова та спектральні властивості гетероциркуленів» (2017) – у видавництві ЧНУ, монографія «Елементи та пристрої органічної електроніки: колективна монографія» (2020) – у Львівському видавництві «Простір». Три великих розділи опубліковані у монографіях «Organic Light Emitting Diode – Material, Process and Devices» (2011), «Handbook of Computational Chemistry» (2017) та «In Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering». Університет м. Лінчепінгу (Швеція) опублікував об'ємну роботу «Spin Catalysis» за 5 років роботи Б. Мінаєва.

Борис Пилипович є лауреатом світової премії «World Lifetime Achievement Award ABI-USA-1999», нагороджений медаллю «25 років Центрально-Казахстанському відділенню національної академії наук Республіки Казахстан» за заслуги у розвитку хімічної науки республіки (2010), почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України» (2011), двічі нагороджений премією «Scopus Award Ukraine» (2016, 2017), грамотою та медаллю Кабінету Міністрів України (2017), премією «Web of Science Awards 2019». У червні 2016 року Б. П. Мінаєв був обраний академіком Академії наук Вищої школи України. В 2021 році Борису Пилиповичу було призначено довічну стипендію Кабінету Міністрів України, а в 2022 році – нагороджено орденом «За заслуги» III ступеня (Указ Президента України №27/2022).

З травня 2022 р. по серпень 2023 р. Мінаєв Б.П. працював у Швеції в Університеті Упсали та виконав серію квантово-хімічних досліджень присвячених молекулярній електроніці. Загалом опубліковано 11 статей.

Праці професора Б. П. Мінаєва добре відомі у світі. Сотні статей побачили світ у рейтингових (міжнародних) часописах англійською мовою. За даними інформаційно-пошукової системи Scopus індекс Гірша (показник цитованості вченого) дорівнює 47, а Google Academia – 56. Загалом в активі вченого — понад 10700 цитувань.

Колектив кафедри пишається своїм наставником, вчителем, науковцем, взірцем та вважає за честь працювати разом та переймати досвід. Його наукові доробки надихають усіх працівників для майбутніх здобутків та творчих ідей.

Такі постаті, як професор Борис Мінаєв, відіграють важливу роль у становленні України. Пишаємось, що понад 16 років працюємо з ним в Черкаському національному університеті.

Колектив ННІ природничих та аграрних наук ЧНУ, редакційна колегія журналу «Вісник Черкаського університету», учні та колеги вітають професора Мінаєва Бориса Пилиповича з 80-річчям та бажають йому подальшої плідної роботи.

### Список використаної літератури

1. Литвин В. А., Мінаєва В.О., Карауш-Кармазін Н. М., Баришніков Г. В. Учений, учитель, ентузіаст. Борис Пилипович Мінаєв. До 75-го дня народження. Черкаси : Вид. Чабаненко Ю. А., 2018. 80 с.

2. Мінаєв Борис Пилипович: доктор хімічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України. Біобібліографічний покажчик. Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2012. 117с.
3. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. К.: Світ Успіху, 2009. 207 с.
4. Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького. Черкаси: Вертикаль, 2016. 184 с.

### References

1. Litvin V.A., Minaeva V.A., Karaush-Karmazin N.N., Baryshnikov G.V. (2018). Scientist, Teacher, Enthusiast. Boris Filipovych Minaev: On the 75th anniversary. Cherkasy: Chabanenko Yu. A., 80.
2. Minaev Boris Filipovich: Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine. Bibliographic index. (2012). Cherkasy: Pub. Depart. of the B. Khmelnytsky ChNU, 117. (inUkr.).
3. Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy. K.: Svit Uspikhu [The World of Success], 2009. 207. (in Ukr.).
4. Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy. Cherkasy: Vertikal'[Vertical], 2016. 184. (in Ukr.).

**Panchenko O.O., Shaforost Yu.A., Karaush-Karmazin N.M., Gavrilyuk M.N. On the 80th Anniversary of Birthday and 60 years of Scientific Activity of the Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Science and Technology Worker of Ukraine – Boris Filipovych Minaev**

*The article highlights the main periods of life, scientific and pedagogical activity of the Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Nanomaterials Science – Boris Filipovich Minaev. The main directions of Minaev's scientific interests are the spin-orbit coupling effects in molecules and their influence on spectra, biochemistry, luminescence and chemical reactivity. His scientific works are well-known in the world. They are published in the leading international journals and are widely cited in the scientific literature. In these works, the professor explores many extraordinary problems of chemistry. For example, an unusual fact of spin-flip at the stage of electron transfer and the formation of an ion-radical pair in the ion-radical pair  $FADH_2^+ \dots O_2^-$  is firmly established by B. F. Minayev. The proposed mechanism of spin relaxation in the superoxide ion removes all questions in this problem. B. F. Minaev first explained the mechanism of luminescence of singlet  $^1\Delta_g$  and  $^1\Sigma_g^+$  oxygen in the gas phase without collisions (at zero pressure) and in solutions, gave an explanation for the quenching of  $^1\Delta_g$  oxygen, calculated the effect of  $O_2$  on singlet-triplet transitions in crystals and predicted cooperative effects in complexes collision of oxygen with diamagnetic and paramagnetic molecules. Together with his colleagues from the KTH Royal Institute of Technology (Stockholm), quantum-chemical calculations of the electronic structure of a number of flavoprotein enzymes and copper-containing aminooxidases were carried out. In addition to the traditional approach to magnetochemistry, when magnetic perturbations are taken into account to calculate the ultrafine structure in the spectra of electron paramagnetic resonance (EPR) of radicals or nuclear magnetic resonance (NMR) of diamagnetic molecules, Minayev's works emphasize the role of triplet states in chemistry, molecular electronics, biochemistry and catalysis in the calculation of SOC, spin-spin interaction, g-factor anisotropy and other magnetic interactions. B.F. Minaev first focused attention on the fact that spin-orbit interaction effects are important in organic light-emitting diodes (OLEDs), because singlet-triplet transitions triple the efficiency of recombination of electrons and holes during the electroluminescence of OLEDs. He proposed models of catalysis in which the main attention is paid to spin-dependent electronic activation mechanisms. In total, B.F. Minayev's scientific achievements include more than 700 articles in professional world journals in the field of quantum chemistry and 9 monographs. According to the information and search system Scopus, the Hirsch index (a scientist's citation index) is 47, and Google Academia – 56. In total, the scientist has more than 10700 citations.*

*Such figures as Professor Borys Minaev play an important role in the formation of Ukraine. We are proud to have worked with him at Cherkasy National University for more than 16 years. The staff of the Institute of Natural and Agrarian Sciences of the ChNU, the editorial board of the magazine "Cherkasy University Bulletin", students and colleagues congratulate Professor Minaev Borys Pylypovich on his 80th birthday and wish him further fruitful work.*

**Keywords:** *Minaev Boris Filipovych, spin-orbit coupling, spin-catalysis, molecular oxygen, phosphorescence.*

Одержано редакцією: 4.12.2023  
 Прийнято до публікації: 14.12.2023



УДК: 796.835:611.9:159.923.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-18-26

**Ruslan Kropta**Head of Laboratory of Functional, Physical and Technical Reserves of Athletes  
State Scientific Research Institute of Physical Culture and Sport  
kropta.ru@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5237-4600>**Danylo Sedukin**Laboratory of Functional, Physical and Technical Reserves of Athletes, assistant  
State Scientific Research Institute of Physical Culture and Sport  
sedukin.ds@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9769-0068>

## INDIVIDUAL-TYOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BODY COMPOSITION OF ATHLETES IN THE KICKING MARTIAL ARTS

*Objective assessment of athletes' body composition is a crucial tool for enhancing athletes' performance. Collaboratively, the State Research Institute of Physical Culture and Sports, in conjunction with boxing, kickboxing (WAKO), taekwondo, and hand-to-hand combat federations, has conducted extensive research into the morphological characteristics of high-caliber martial artists' body structures. The body's compositional makeup plays a pivotal role in understanding the unique individual and typological traits of athletes competing in various weight divisions. Emphasizing the importance of optimizing body weight by managing the fat component is pivotal for success in competitive martial arts. The study has identified substantial variability in the fat-related metrics (such as fat content, fat mass, and visceral fat content) among martial artists in different weight categories. This variability is attributed to the athletes' distinctive constitutional characteristics, necessitating careful consideration when devising weight adjustment strategies.*

*This article aims to delve into the distinct aspects of body composition among martial artists specializing in striking disciplines and examine how these factors influence the utilization of functional reserves during strenuous physical activity.*

*Primarily focusing on mesomorphic body types among male and female martial artists, we observed the following trends: lightweight martial artists typically exhibit ectomorphic physiques with minimal fatty tissue and an elevated percentage of bone mass; medium-weight categories favor mesomorphic body types; athletes in heavyweight and super heavyweight categories tend to display mesomorphic body types with a tendency toward endomorphism, characterized by an increased fat component.*

*Analyzing body composition data reveals that, in most cases, martial artists' fat content aligns with reference values. However, the study's significant finding is that certain athletes in each weight category exceeded the recommended fat content levels. Consequently, relying solely on average data within specific weight categories to determine a pattern of increasing fat content with higher athlete weight, as suggested in existing literature, is insufficient.*

*Correlation analysis further supports these findings, highlighting a substantial relationship between fat content and overall body size, including body weight ( $r = 0.84$ ;  $p < 0.05$ ) and length ( $r = 0.49$ ;  $p < 0.05$ ). Simultaneously, the analysis of fat content variability within athlete groups categorized by weight challenges this assertion. The coefficient of variation (V,%) for fat content significantly exceeds normative values (12-14%) across all weight groups, underscoring that athletes exhibit significant variability in fat content regardless of body weight or weight category due to individual constitutional traits. Consequently, formulating bodyweight adjustment strategies should prioritize individual typological characteristics and body composition indicators, irrespective of the athlete's weight category.*

**Keywords:** *Body composition; martial arts; fat content; adaptation; body functional reserves.*

Statement of the question and its connection with important scientific or practical tasks. The work was carried out in accordance with the thematic plan of research works of the State Research Institute of Physical Culture and Sports, financed from the state budget by the Ministry of Youth and

Sports of Ukraine for 2020-2024 on the topic "Improvement of the system for assessing the functional capabilities of qualified athletes" (state no. registration number 0120U102907).

Analysis of recent research and publications. In sports morphology, there is a high level of attention to the composition of the athlete's body due to the significant influence of anthropometric and somatometric indicators on the effectiveness of training and competitive activities in sports. Many scientific studies [1, 2, 3, 4] indicate the need to bring the physique in the selection and orientation of athletes, optimize the training system, nutrition, and recovery, etc.

Modern athletes and coaches are well aware of the importance of achieving and maintaining optimal body weight to achieve the highest results in a particular sport. It is known that despite the significant genetic determination of body composition, there is a possibility of influencing its characteristics by exercise, nutrition, thermal procedures, etc. Regulation of body weight is achieved by the following: a) increasing the number of force loads to affect the muscular component of the body composition; b) the use of diets and thermal procedures (sauna, bath) to influence the fat component of the body composition. Simultaneously, the wrong weight adjustment strategy can harm the athlete's health, the effectiveness of adaptation processes, and athletes' physical performance [2, 5, 7, 8].

One of the most common effects on the athlete's body composition is body weight regulation by reducing the fat component, which is constantly present in various sports, especially in martial arts. There are the weight categories regulated by the competition rules and the athlete's desire, with the help of permitted tools of weight adjustment, to gain a competitive advantage by moving to a more favorable weight category [6, 7, 9]. For martial arts athletes, the optimal body fat content is 5-12% for male athletes and 8-16% for female athletes (according to Kenney W.L. et al, 2012 [1]), indicates a significant reserve for optimizing body weight due to the impact on the fat component. At the same time, urgent weight loss carries the most significant risk of losing physical performance.

Hence, the examination of athletes' physiological peculiarities, along with the utilization of instrumental methods to ascertain somatotype, and an exploration into the mechanisms driving the development of an optimal physique as indicative of adaptive changes in an athlete's morphofunctional organization during sports activities, remains an aspect insufficiently addressed within the broader context of adaptive mechanisms in athletes' bodies. This underscores the pressing nature of this topic within the realm of sports biology.

The aim of this article is to explore the distinct aspects of body composition among athletes specializing in striking martial arts, considering how these factors impact the utilization of functional reserves during periods of physical exertion.

Methods. The research was conducted by the basic bioethical norms of the Helsinki Declaration of the World Medical Association on Ethical Principles of Scientific and Medical Research, as amended (2000, as amended in 2008), the Universal Declaration on Bioethics and Human Rights (1997), and the Council of Europe Convention on Human Rights and Biomedicine (1997). Written informed consent was obtained from each study participant.

The research was conducted based on the State Research Institute of Physical Culture and Sports with high-qualified athletes of Ukraine's national teams in boxing, kickboxing and taekwondo, and hand-to-hand fight. One hundred eighty-seven human surveys were conducted, in which 72 men and 26 women aged 17-36 took part.

According to the peculiarities of the modern distribution of athletes in both Olympic and non-Olympic types of martial arts by weight categories, the basis for the selection of these groups is selected Qualification Standards and Requirements of the Unified Sports Classification of Ukraine for Olympic Sports (Order of the Ministry of Youth and Sports of 17.04.2014 № 1258 with changes), Qualification norms and requirements of the Unified sports classification of Ukraine in non-Olympic sports (Order of the Ministry of Youth and Sports of 24.04.2014 № 1305 with changes), according to which athletes were conditionally divided into groups according to the declared weight category.

The following weight categories are allocated for male athletes who specialize in martial arts: lightweight - weight categories up to 60 kg; average weight - weight categories up to 75 kilograms; heavyweight - weight categories up to 91 kilograms; overweight - weight category over 91 kg.

The following weight categories have been identified for female athletes specializing in martial arts: lightweight - weight categories up to 51 kg; average weight - weight categories up to 60 kilograms; heavyweight - weight categories up to 75 kg; overweight - weight category over 75 kg.

Studies of the body composition were performed in the morning, on an empty stomach, by bioelectrical impedance meter on professional scales-analyzer of body composition "Tanita BC-545" based on the determination of current resistance passing through the human body. We were investigated followed indicators: body weight (kg); fat content (%); mineral mass of the skeleton (kg); water content (%); visceral fat content (RU).

Based on the received data, we calculated: the mass of fat (kg) according to the formula

$$\text{Mass of fat (kg)} = \frac{\text{body weight (kg)} \cdot \text{fat content (\%)}}{100};$$

and lean body mass (LBM, kg) according to the formula

$$\text{LBM (kg)} = \text{body weight (kg)} - \text{mass of fat (kg)}.$$

The study of body length (cm) was performed by anthropometry using a medical anthropometer Martin's with the following rules: the subject stands upright, barefoot, on a flat surface, abdomen relaxed, arms lowered along the torso, heels together and touching the wall, head in a horizontal position Frankfurt (the conditional line connecting the lower edge of the orbit and the upper edge of the earlobe). The body length index was used to calculate the body mass index (BMI, kg·m<sup>-2</sup>) according to the formula

$$\text{BMI} = \frac{\text{body weight (kg)}}{\text{body length}^2 \text{ (m)}};$$

and the body surface index according to Mosteller (BSA, m<sup>2</sup>) according to the formula:

$$\text{BSA} = \frac{\sqrt{\text{body weight} \times \text{body length}}}{60}.$$

Statistica 12 software (StatSoft) was used for statistical analysis of primary data. Methods of mathematical statistics carried out the research, and there are followed: the method of averages; correlation analysis according to the even linear Brave-Pearson correlation coefficient, to verify the significance of which Student's criterion was used; assessment of the significance of differences, which was performed by the non-parametric Mann-Whitney test (the choice of the measure is because individual samples by the criterion of martial arts contained a small number of cases (n < 10) and can not be checked for ordinary data distribution law).

**Results.** Analysis of anthropometric indicators and body composition indicators of athletes specializing in martial arts indicates the absence of significant differences in body size and body composition according to the kind of sport. On average, male athletes specializing in martial arts are characterized by body length, as 178.4±8.5 cm, body weight, as 74.47±15,19 kg, and the ratio of LBM to fat mass was 85,7: 9,8% with significant variability in body weight (V=20,42 %), as well as indicators of body fat component by fat content (9,83±4,03%, V=40,98%), body fat mass (7,75±4,79 kg, V = 61,85%), visceral fat content (1,59±1,27 RU), V = 17,02%),

In the group of female athletes specializing in martial arts, anthropometric and body composition did not differ significantly according to the sport. It averaged body length - 167,6±6,55 cm, body weight - 61,05±8,83 kg, the ratio of LBM and fat mass 78,2:17,5%, As in the group of male athletes, females had significant variability in the indicators of the living component, namely: fat content (17,54±5,24, V = 29,84%), body fat mass (11,02±4,63 kg, V = 42,04%), content visceral fat (1,17±0,45 RU, V = 38,65%).

The considerable range of variability of the specified indicators of the sizes and body composition both at male and female is explained first of all by existence of the weight categories defined by rules of competitions that form requirements to anthropometry of athletes. Therefore, the initial analysis of body composition is rational to conduct following the athlete's affiliation with the appropriate weight category.

Correlation analysis showed no relationship between the composition of the body composition of male athletes with sports specialization ( $0,024 < r < 0,16$ ), age ( $0,04 < r < 0,25$ ) and qualification of the athlete ( $0,001 < r < 0,19$ ). In the group of females specializing in martial arts, a significant correlation was found between the qualifications of athletes with fat content ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,05$ ), water content ( $r = 0,51$ ;  $p < 0,05$ ) and fat mass ( $r = -0,44$ ;  $p < 0,05$ ). Therefore, the body's compositional components' initial analysis was carried out by the stated weight categories in which athletes compete.

Based on the declared weight categories, groups of athletes were formed, in which statistically significant differences in body weight and fat content were revealed (Table 1). "Declared weight category" meant the weight category that the athlete indicated as the one in which he plans to perform, so the actual bodyweight of the athlete at the time of the study did not always correspond to the declared weight category.

The smallest total body size characterized lightweight male athletes specializing in martial arts by followed indicators: body length averaged was  $169,0 \pm 4,69$  cm, body weight was  $57,6 \pm 4,15$  kg with variability in the group at 2,78 and 7,20%, respectively. BMI and BSA indices in lightweight athletes were also the lowest, significantly ( $p < 0,05$ ) differed from similar values in all other weight categories and amounted to  $20,18 \pm 1,34$  RU  $1,64 \pm 0,07$  m<sup>2</sup>, respectively.

Naturally, with the increase in the weight category, there was a linear increase in the total body size, which reached the highest values in athletes of the super heavyweight category, Athletes competing in the medium weight categories had an average body length of  $175,87 \pm 3,97$  cm and a bodyweight of  $68,6 \pm 4,79$  kg. BMI and BSA indices in middleweight athletes significantly ( $p < 0,05$ ) differed from similar indicators of the super heavyweight category and amounted to  $22,18 \pm 1,43$  RU and  $1,83 \pm 0,08$  m<sup>2</sup>, respectively.

Athletes competing in heavyweight categories had a body length -  $184,63 \pm 5,32$  cm, body weight -  $82,95 \pm 4,41$  kg. BMI and BSA indices in males of weight category significantly ( $p < 0,05$ ) differed from similar indicators of the lightweight types and amounted to  $24,38 \pm 1,64$  RU and  $2,06 \pm 0,07$  m<sup>2</sup>, respectively.

A characteristic feature of lightweight athletes is the highest percentage of LBM (as the  $87,48 \pm 2,31\%$ ), relatively lower fat content (as the  $7,87 \pm 2,44\%$  corresponding to a fat mass of  $4,55 \pm 1,47$  kg), the minimum range of visceral fat (about 1,0 RU), and the largest values of the mineral mass of the skeleton ( $4,66 \pm 0,14\%$ ). Lightweight athletes had, on average, the highest level of water content in the body; it was  $67,81 \pm 5,01\%$ . On the contrary, athletes in the super heavyweight category had the lowest percentage of LBM ( $81,07 \pm 3,92\%$ ) compared to other weight categories, as well as the highest indicators of the fat component: fat content was  $14,78 \pm 4,13\%$ , fat weight indicator was  $15,23 \pm 5,43$  kg, the visceral fat indicator was  $4,19 \pm 0,25$  RU.

In female athletes were also observed all these features and tendencies to increase or decrease in body composition. Lightweight female athletes were characterized by the presence of the smallest followed indicators: body length -  $160,83 \pm 4,17$  cm, body weight -  $51,6 \pm 4,11$ , fat content -  $15,02 \pm 3,74\%$  (corresponds to a fat mass of  $7,85 \pm 2,59$  kg), visceral content fat (was about 1,0 RU), compared to other weight categories. Compared to different weight categories, LBM ( $80,56 \pm 3,6\%$ ;  $41,48 \pm 2,18$  kg), skeletal mineral mass ( $4,41 \pm 0,28\%$ ), and water content ( $65,0 \pm 3,84\%$ ) were the largest.

**Table 1**

Indicators of body composition of the athletes who specialize in martial arts, according to the stated weight categories

Weight categories		Bodyweight, kg	Fat, %	Water, %	Skeletal mineral mass, kg	Fat mass, kg	LBM, kg
<b>Males (n=152)</b>							
Lightweight, up to 60 kg (n=29)	$\bar{x}$	57,60	7,87	67,81	2,68	4,55	53,05
	s	4,15	2,44	5,01	0,18	1,47	3,81
	$\pm m$	4,15	2,44	5,01	0,18	1,47	3,81
	V,%	7,20	30,95	7,39	6,57	32,34	7,18
Medium weight, up to 75 kg (n=71)	$\bar{x}$	68,61	8,02	67,00	3,14	5,55	63,05
	s	4,79	2,54	3,29	0,18	1,99	3,96
	$\pm m$	1,00	0,53	0,69	0,04	0,41	0,83
	V,%	6,98	31,73	4,91	5,81	35,77	6,28
Heavyweight, up to 91 kg (n=27)	$\bar{x}$	82,95	11,81	64,20	3,58	9,85	73,10
	s	4,41	3,67	4,06	0,22	3,26	4,03
	$\pm m$	0,61	0,50	0,56	0,03	0,45	0,55
	V,%	5,32	31,05	6,33	6,25	33,10	5,52
Super heavyweight, over 91 kg (n=25)	$\bar{x}$	101,23	14,78	62,74	4,19	15,23	86,00
	s	9,02	4,13	3,68	0,25	5,43	5,27
	$\pm m$	1,92	0,88	0,78	0,05	1,16	1,12
	V,%	8,91	27,91	5,86	5,86	35,69	6,12
<b>Females (n=36)</b>							
Lightweight, up to 51 kg (n=6)	$\bar{x}$	51,60	15,02	65,00	7,85	2,27	43,75
	s	4,11	3,74	3,84	2,59	0,12	2,24
	$\pm m$	1,84	1,67	1,72	1,16	0,05	1,00
	V,%	7,96	24,89	5,90	32,96	5,34	5,12
Medium weight, up to 60 kg (n=11)	$\bar{x}$	55,59	15,14	63,99	8,50	2,39	47,09
	s	2,47	4,64	3,74	2,88	0,07	1,59
	$\pm m$	0,78	1,47	1,18	0,91	0,02	0,50
	V,%	4,44	30,63	5,85	33,93	2,93	3,38
Heavyweight, up to 75 kg (n=15)	$\bar{x}$	64,34	18,61	60,51	12,05	2,61	52,29
	s	3,64	5,02	3,81	3,64	0,14	3,40
	$\pm m$	0,97	1,34	1,02	0,97	0,04	0,91
	V,%	5,66	26,95	6,30	30,18	5,38	6,51
Super heavyweight, over 75 kg (n=4)	$\bar{x}$	78,75	24,20	56,00	19,14	2,98	59,61
	s	4,55	2,87	1,99	3,30	0,10	1,83
	$\pm m$	2,62	1,66	1,15	1,91	0,06	1,06
	V,%	5,77	11,87	3,56	17,25	3,22	3,07

Changes in these indicators with increasing weight category of athletes occurred similarly to the dynamics in the males. As a result, female athletes in the super heavyweight category had the lowest percentage of LBM ( $72,02 \pm 2,73\%$ ), compared to other weight categories, as well as the highest indicators of the fat component by followed indicators: fat content -  $24,2 \pm 2,87\%$ , fat weight -  $19,14 \pm 3,3$  kg, visceral fat -  $1,75 \pm 0,96$  RU.

Analysis of the peculiarities of the composition of male athletes' body allowed to identify five homogeneous groups in terms of fat content (%), which differed significantly according to this criterion (Table 2).

**Table 2**

Indicators of the physique of male athletes who specialize in martial arts, according to fat content (%)

Group (fat content, %)		Bodyweight, kg	Muscle mass,%	Fat content,%	Skeletal mineral mass,%	Water content,%	LBM, kg
A (5,0-6,9%) n=43	$\bar{x}$	63,89	89,74	5,54*	4,72	71,41	60,35
	s	6,80	0,62	0,65	0,08	3,72	6,41
	$\pm m$	1,05	0,10	0,10	0,01	0,57	0,99
	V,%	10,64	0,69	11,82	1,67	5,20	10,62
B (7,0-9,9%) n=48	$\bar{x}$	70,25	86,82	8,62*	4,55	66,50	64,21
	s	10,00	0,88	0,92	0,07	1,70	9,24
	$\pm m$	1,44	0,13	0,13	0,01	0,25	1,33
	V,%	14,23	1,02	10,62	1,55	2,55	14,39
C (10,0-12,9%) n=30	$\bar{x}$	78,63	84,20	11,42*	4,38	64,42	69,59
	s	15,54	0,90	0,97	0,11	0,91	13,41
	$\pm m$	2,89	0,17	0,18	0,02	0,17	2,49
	V,%	19,76	1,07	8,49	2,49	1,42	19,27
D (13,0-16,9%) n=22	$\bar{x}$	85,65	81,40	14,38*	4,22	61,80	73,33
	s	9,25	0,92	0,97	0,06	1,23	7,93
	$\pm m$	2,47	0,25	0,26	0,02	0,33	2,12
	V,%	10,80	1,13	6,73	1,44	1,99	10,81
E (>16,9%) n=9	$\bar{x}$	107,21	76,11	20,06*	3,84	58,09	85,61
	s	12,01	1,68	1,65	0,13	1,57	8,92
	$\pm m$	4,24	0,59	0,58	0,04	0,56	3,15
	V,%	11,20	2,21	8,24	3,26	2,71	10,42

Remark. \* significantly at  $p < 0,05$ .

In statistically different athletes selected by fat content (%), there was homogeneity of most body composition indicators. It has also been established that among athletes who specialize in martial arts, signs of ectomorphic (low-fat percentage, relatively increased bone mass, low visceral fat, high water content) are characteristic not only of lightweight categories. Compliance of fat content with the reference value was observed in 73,6% of male athletes in all selected groups.

Thus, the selected group A, for athletes characterized by fluctuations in fat content at the lower limit of the reference values (about 5%), characteristic of martial arts was 28% of the total sample. Group A included 14 representatives of lightweight categories, 27 of the medium, and two representatives of heavyweight categories. Thus, it is established that shallow fat content is not a sign of only lightweight categories.

Group B with a fat content at the 7-9,9% of reference values included 32.0% of athletes (the largest group by number), including ten athletes of lightweight categories, 29 of the medium categories, eight athletes of heavy, and two representatives of super heavyweight category.

In the athletes with a fat content of 10-12,9% (group C; 20%), which corresponds to the upper limit of the reference values, the variability of body weight, fat mass, and LBM was the largest. This

is because half of this group included athletes who belonged to the light and medium weight categories (5 and 11 athletes, respectively). The other half were heavy and super heavyweight (9 and 5 athletes, respectively).

The largest number of representatives of group D (15 persons) were athletes competing in heavyweight categories. Also, the group included four representatives of medium and two representatives of the super heavyweight category. With their inherent excess fat presence, the total representation of group D was 14% of the full sample.

Athletes with a fat content of more than 16,9% had the lowest representation in martial arts (6% of the total sample), which confirms a particular limiting role of high-fat content for successful sports activities in martial arts. This level of fat content had two representatives of heavyweight categories and seven athletes competing in overweight.

The obtained results prompted to study the composition of the body in athletes who specialize in the striking kinds of the martial arts, by the fat content (%) in the body, which according to experts [2, 4, 6, 11], is the central reserve for weight adjustment without loss of superior performance for athletes. It was found that the fat content of athletes specializing in martial arts, regardless of the stated weight category in most cases, corresponds to the reference values or fluctuates at the upper limit of the reference values due to the peculiarities of adaptive morphofunctional adjustments of athletes under the influence of factor periodic adjustment of body weight, which intensifies lipid metabolism and often leads to the accumulation of excess fat [10]. Also, the maintenance of the body's optimal composition is essential for the manifestation of physical performance. The literature [7, 8] is known about the nonlinear relationship between the percentage of body fat on the one hand and the specific power and maximum oxygen consumption on the other. Thus, it was found that the highest values of the maximum specified load capacity and maximum oxygen consumption are achieved by male athletes with fatty tissue in the range from 11,0 to 14,0%, a further increase in the percentage of fat is accompanied by a decrease in these values [13].

#### **Conclusions and prospects for further exploration in this direction.**

1. Noting mainly mesomorphic body type athletes (both men and women) who specialize in martial arts, and there are followed: for lightweight athletes who specialize in martial arts, the composition of the body indicates signs of ectomorphic of the physique with a low content of fatty tissue, an increased percentage of bone mass; for medium weight categories are preferred the features of the mesomorphic body type; for athletes of heavy categories and super heavyweight categories, mesomorphic body type is accompanied by a "drift" towards endomorphism of the body, with a characteristic increase in the fat component's content.
2. Analysis of body composition suggests that the fat content of martial arts athletes has a wide range of fluctuations and, in most cases, corresponds to the reference values. At the same time, an actual result of the study is that athletes who had fat content exceeded each weight category's reference values. Therefore, based solely on the average data by weight category can be considered a confirmed pattern of increasing fat content with rising weight category of athletes in martial arts, which prevails in the literature, which is confirmed by correlation analysis, which also indicates a significant relationship between fat content and total body size - body weight ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,05$ ) and its length ( $r = 0,49$ ;  $p < 0,05$ ).
3. Simultaneously, the analysis of the variability of the fat content indicator in the groups of athletes selected by weight category refutes this statement. The coefficient of variation ( $V$ , %) of the fat content in all groups by weight varies considerably, exceeds the normative values (12-14%), and indicates that a significant fat content, or, conversely, low content is inherent in athletes regardless of body weight and weight category by the individual typological features of the body constitution. Therefore, choosing a strategy for adjusting bodyweight should rely more on individual typological features of the body and individual indicators of the body's composition, regardless of weight category.

### Список використаних джерел

1. Kenney W.L., Wilmore J.H., Costill D.L. *Physiology of sport and exercise*. 5th ed. Human Kinetics, 2012. 622 p.
2. Вдовенко Н., Осипенко Г., Пугач А., Шарафутдінова С. Напрями корекції композиційного складу тіла дзюдоїстів. Український журнал медицини, біології та спорту. – 2020. – Том 5. – № 2 (24). – С. 218-223. DOI: 10.26693/jmbs05.02.218
3. Sterkowicz-Przybycień, K.L., Sterkowicz, S., Żarów, R.T. Somatotype, Body Composition and Proportionality in Polish Top Greco-Roman Wrestlers. *Journal of Human Kinetics*. – 2011. – № 28 (1). – P. 141-154.
4. Franchini E, Del Vecchio F, Matsushigue KA, Artioli GG. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sport medicine*. – 2011. – № 41(2). – P. 147–66. DOI: 10.2165/11538580-000000000-00000
5. Aleksandar Raković, Vladimir Savanović, Daniel Stanković, RatkoPavlović, Aleksandar Simeonov and EmilijaPetković. Analysis of the elite athletes' somstotypes. *Acta Kinesiologica*. – 2015. – № 9, Suppl. 1 – P. 47 - 53.
6. Giampietro, M., Pujia, A., Bertini I. Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. *Acta diabetologica*. – 2003. – № 40. – P. 145-148.
7. Chan K. Kinanthropometric profiles of recreational taekwondo athletes / K. Chan, W. Pieter, K. Moloney // *Biology of Sport*. – 2003. – V. 20. – N. 3. – P. 175-179.
8. Вовканич Л., Куцериб Т., Гриньків М., Музика Ф. Аналіз соматотипу спортсменів-однборців. Молода спортивна наука України. – 2015. – Т.3. – С.99-103.
9. Ірина Грузевич, Руслан Кропта, Максим Карватко. Зміст фізичної підготовки особового складу військовослужбовців в польових умовах несення служби. – Тези доповідей «III міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні тенденції та перспективи розвитку фізичної підготовки і спорту у ЗСУ, правоохоронних органах, рятувальних та інших спеціальних служб на шляху до Євроатлантичної інтеграції України», 2019. – С. 81.83.
10. Куцериб Т.М., Музика Ф.В., Вовканич Л.С., Гриньків М. Я., Маєвська С.М. Особливості пропорцій тіла та соматотипу представників карате версії WKF. – Вісник Чернігівського нац. пед. унів. Серія: Пед. науки. Фіз. вих. і спорт. – 2014. – Вип. 118. – С. 175-179.
11. Ruslan Tron, Iryna Hruzevych, Svitlana Salnykova, Volodymyr Kormiltsev, Petro Sarafyniuk, Yuriy Kyrychenko, Yulia Yakusheva, Ruslan Kropta. Psychophysiological conditions and competition in highly qualified combat sambo wrestlers. *Journal of Physical Education and Sport*. 2018; 18(2): 600-605.
12. Lewandowska J., Buško K., Pastuszek A., Boguszewska K. Somatotype Variables Related to Muscle Torque and Power in Judoists. *Journal of Human Kinetics*. – 2011. – № 30(1). – P. 21-28.
13. Анна Иванова, Елена Майданюк, Наталия Вдовенко, Наталия Панюшкина. Взаимосвязь композиционного состава тела и специальной работоспособности спортсменов, специализирующихся в академической гребле. Актуальные проблемы физической культуры и спорта. – 2014. – № 30 (2). – С. 43-47.

### References

1. Kenney, W.L., Wilmore, J.H., & Costill, D.L. (2012). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.
2. Vdovenko, N., Osypenko, H., Puhach, A., & Sharafutdinova, S. (2020). Directions of correction of the compositional composition of the body of judokas. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*, 5, 2(24), 218-223. doi: 10.26693/jmbs05.02.218
3. Sterkowicz-Przybycień, K.L., Sterkowicz, S., & Żarów, R.T. (2011). Somatotype, Body Composition and Proportionality in Polish Top Greco-Roman Wrestlers. *Journal of Human Kinetics*, 28(1), 141-154.
4. Franchini, E, Del Vecchio, F, Matsushigue, KA, & Artioli, GG. (2011). Physiological profiles of elite judo athletes. *Sport medicine*, 41(2), 147–66. doi: 10.2165/11538580-000000000-00000
5. Raković, A., Savanović, V., Stanković, D., Pavlović, R., Simeonov, A., & Petković E. (2015). Analysis of the elite athletes' somstotypes. *Acta Kinesiologica*, 9(1), 47 - 53.
6. Giampietro, M., Pujia, A., & Bertini I. (2003). Anthropometric features and body composition of young athletes practicing karate at a high and medium competitive level. *Acta diabetologica*, 40, 145-148.
7. Chan, K., Pieter, W., & Moloney, K. (2003). Kinanthropometric profiles of recreational taekwondo athletes. *Biology of Sport*, 20(3), 175-179.
8. Vovkanych, L., Kutseryb, T., Hryniv, M., Muzyka, F. (2015) Somatotype analysis of wrestlers. *Young sports science of Ukraine*, 3, 99-103.
9. Hruzevych, I., Kropta, R., & Karvatko, M. (2019, November, 11-12) *The content of physical training of military personnel in the field of service*. Paper presented at the conference on III International Scientific and Practical Conference "Current Trends and Prospects for the Development of Physical Training and Sports in the Armed Forces, Law Enforcement, Rescue and Other Special Services on the Road to Euro-Atlantic Integration of Ukraine, 81-83.



10. Kutseryb, T.M., Muzyka, F.V., Vovkanych, L.S., Hryniv, M. Ya., & Maievska, S.M. (2014). Features of body proportions and somatotype of representatives of the karate version of WKF. *Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University. Series: pedagogical sciences, physical culture and sports*, 118, 175-179.
11. Tron, R., Hruzevyn, I., Salnykova, S., Kormiltsev, V., Sarafynyuk, P., Kyrychenko, Y., Yakusheva, Y., & Kropta, R. (2018) Psychophysiological conditions and competition in highly qualified combat sambo wrestlers. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(2), 600-605.
12. Lewandowska J., Buśko K., Pastuszek A., & Boguszevska K. (2011). Somatotype Variables Related to Muscle Torque and Power in Judoists. *Journal of Human Kinetics*, 30(1), 21-28.
13. Yvanova, A., Maidaniuk, E., Vdovenko, N., Paniushkyna N. (2014). The relationship between the compositional composition of the body and the special performance of athletes specializing in rowing. *Current issues of physical culture and sports*, 30(2), 43-47.

Одержано редакцією: 5.12.2023  
Прийнято до публікації: 14.12.2023

UDC: 612. 8/24

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-36

**Volodymyr Serhiyovych Lyzogub**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University  
v\_lizogub@ukr.net  
ORCID 0000-0002-3001-138x

**Vitalii Oleksandrovykh Pustovalov**

Candidate of Sciences in Physical Education and Sports, Associate Professor  
Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University  
v\_pustovalov@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8625-6175

**Tetiana Volodymyrivna Kozhemiako**

Candidate of Biological Sciences, Lecturer  
Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University  
kozhemako@ukr.net  
ORCID 0000-0003-4752-4197

**Svitlana Viktorivna Bezcopylna**

PhD, Lecturer  
Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University  
Bezcopylnya86@ukr.net  
ORCID 0000-0003-2603-2820

**Serhii Mykolayovych Khomenko**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor  
Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University  
skhomenko@ukr.net  
ORCID 0000-0003-0918-8735

**Vitalii Vasyliovych Shpanyuk**

postgraduate student of the Department of Anatomy, Physiology and Physical Rehabilitation  
Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University  
shpany@ukr.net  
ORCID 0000-0002-1147-8603

## **INDIVIDUAL FEATURES OF THE PHYSICAL PERFORMANCE OF SPORTSMEN WITH DIFFERENT TYPICAL PROPERTIES OF THE NERVOUS SYSTEM**

*The article presents the research findings of individual characteristics of the physical performance of football players with different typological properties of the nervous system. It is found that sportsmen with a high level of individual typological properties of the nervous system achieve a high level of physical performance in the test with a gradual increase in running speed by involving anaerobic capabilities, and with a low gradation of typological properties, aerobic ones of the cardiorespiratory system. The opportunities of using individual-typological properties of the nervous system of physical performance for a comprehensive assessment of the success of football players' game activities are substantiated.*

**Key words:** physical performance, typological properties of the nervous system, cardiorespiratory system, sportsmen.

**Formulation of the problem. Analysis of recent research and publications.** The World Football Championship in Qatar witnessed the growth of complex tactical and technical methods and the personal responsibility of sportsmen for the decisions made, the price of a mistake increased [1]. The requirements for the system of preparation, control and correction of the training process, selection and competition among players have increased. Under such conditions, it becomes necessary to search for such characteristics or properties of the sportsman's body, which will be

decisive in the selection and will characterize the effectiveness of game activity [2]. According to our research findings and data from the literature, such stable characteristics can be attributed to innate highly genetically determined individual typological properties of the central nervous system (CNS): strength (SNP), functional mobility (FMNP) and balance (BNP) of nervous processes [3, 4, 5]. At the same time, several convincing data were obtained regarding some regularities of physical performance and related features of the functional state of the cardiorespiratory system (CRS) of sportsmen [6, 7]. The problem of physiological mechanisms of interaction between genetically determined typological properties of the central nervous system, physical performance, and features of the central nervous system of sportsmen under conditions of extreme physical exertion remains the most interesting and less researched for experimental physiology.

A differentiated approach to improving the training process is widely used at the stage of higher skill in modern sports [8, 9]. The problem of organizing the training process considering the differentiated approach in sports is sufficiently covered [10, 11]. The main direction of implementing a differentiated approach to improving sports skills is the use of many rational options for individual training [3, 8, 12]. At the world level and in Ukraine, there is a methodology for building and managing the training process, which is based on considering the individual characteristics of the state of health, physical capabilities, motor qualities, performance of technical and tactical tasks, game efficiency, mental and constitutional features, dominance of vision, legs, brain asymmetry, competitive style, etc. [13, 14]. It is important to note that the criteria for differentiating the training process can be age characteristics, the level of physical, technical, and functional preparation, game role, somatotype of the sportsman and others [15, 16, 17]. The listed criteria for differentiating the training process are characterized by pedagogical, morphological, and psychological factors. Specialists in the theory and physiology of sports understand that the focus of the training process is the improvement of morpho-functional characteristics [12, 13, 16], cardiovascular and respiratory systems [6, 7], nervous systems [3, 4, 5] and mechanisms providing muscle activity [9, 14]. However, insufficient attention has been paid to the stable biological properties of load differentiation.

The issues related to the dynamics of the development of bioenergetic and motor qualities of football players at various stages of improving skills have been considered in the works of several authors [15, 16]. The studies have shown that the leading component reflecting the level of physical fitness of football players is the aerobic component of endurance. The factor of anaerobic glycolytic stability is the second most important factor, the third one is the reliability of the technique. According to experts, the sports skills of football players largely depend on physical capacity, speed strength, and speed abilities [18, 19]. Many authors indicate the dependence of game activity on the level of physical, technical, and tactical preparedness of players [20, 21].

It should be noted that the individual typological properties of the nervous system are characterized by a stable biological nature [3, 4, 5]. The uniqueness of each approach will be determined by the individual typological properties of the nervous system, which are the most informative regarding the organization of differentiation, management, and prediction of game activity. We assume that the individual typological properties of the nervous system in sportsmen can influence physical performance. The differences in these indicators can be the basis for solving the problems of a differentiated approach to the management of the training process and increasing the physical performance of sportsmen. Most scientific works have no significant information about the characteristics and features of physical performance in highly qualified sportsmen with different individual-typological properties of the nervous system. The theoretical and practical possibility of using the typological properties of the nervous system to monitor the physical performance of sportsmen has not been clarified [10, 18]. This indicates the existence of a contradiction between the need to implement a differentiated approach to improving physical performance considering the individual and typological features of the nervous system [22, 23, 24, 25].

These problems determined the relevance of this work. There is a need to confirm or refute the physiological role of genetically determined individual typological properties of the nervous system in the formation of physical performance of sportsmen.

**The purpose of the study** is to establish the individual characteristics of the physical performance of football players with different typological properties of the nervous system during the test with gradually increasing running speed.

**Research materials and methods.** Individual highly genetically determined typological properties of the central nervous system were studied, physical capacity was determined, and functional capabilities of the central nervous system were assessed in 31 players of the professional team of the Premier League of the Ukrainian Football Championship. The research was conducted using the instrumental base of the Mykhailo Borys Physiology Research Institute of Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University in the track and field arena of Cherkasy.

The neurodynamic functions of the players were studied using the Diagnost-1M computer device. Genetically determined individual typological properties, the functional mobility of nervous processes were determined [3]. The experimental task for determining the individual typological properties of FMNP consisted of information processing in the feedback mode. It was necessary to differentiate positive and brake signals (geometric shapes). When the “square” shape appeared on the screen, the subject pressed the right button, “circle” - the left button, “triangle” – ignored the signal. In the case of a correct answer, the exposure of the next signal was shortened by 20 ms. The result was the time needed to process 120 signals. The faster the subject performed the task involving the differentiation of 120 signals, the higher the FMNP was.

The physical performance and reactivity of cardio-respiratory system were studied under the conditions of a field test using shuttle running and walking. Under such conditions, the highest level of special physical performance is achieved, the necessary, specific muscle groups are involved, and the reactive capabilities of CRS reach stabilization (steady state) [19]. To determine physical performance, we gave preference to the field test, since, according to the research protocol, the load on the sportsman increases due to an increase in running speed, and not a change in the angle of elevation of the track surface, while working on a treadmill [17].

The reactive capabilities of the CRS of football players were determined by the functional indicators of breathing, hemodynamics, and blood lactate under conditions of physical exertion. Sportsmen performed a shuttle test with a stepwise increase in running speed. During testing, football players walked and ran between two chips that were 20 meters apart. The speed of walking and running was determined by a sound signal with a gradually increasing rhythm. The test was stopped when the sportsman did not have time to run to the chip twice. The duration of the test was 15-20 minutes and depended on the individual capabilities of the subject. Preparation for the test lasted up to 5-7 minutes.

The research program consisted of the following stages: indicators were recorded for - 1 min. at rest, sitting, 2 min. - standing, 3-4 min. – shuttle walking at a speed of  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , 5-20 min. – continuous shuttle run with a gradually increasing speed (the speed increased by  $-0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  every minute), the initial speed was  $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  and further until “failure”. Recovery occurred at a walking speed of  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  to a heart rate of  $120 \text{ bpm}^{-1}$ . The individual level of physical capacity and functional reactivity was determined by the indicators of ergometers, gas analysis, heart rate and lactate measurements. The cardiorespiratory capabilities of the sportsmen were studied using a portable gas analyzer “Oxycon Mobile” by Jaeger (Germany), which provided telemetric data registration.

An array of data on the activity of the respiratory system and blood circulation was formed for each sportsman with 10-second averaging during the time of the research. During the test and after its completion, functional indicators were recorded: test time (min.), minute respiratory volume ( $V_E \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) and respiratory rate (RR,  $\text{breath}\cdot\text{min}^{-1}$ ), oxygen consumption ( $\text{VO}_2$ ,  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), volume of released carbon dioxide ( $\text{VCO}_2$ ,  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), respiratory quotient

(RQ), heart rate (HR,  $\text{beats}\cdot\text{min}^{-1}$ ), stroke volume (SV,  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ), cardiac output (CO,  $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ), lactate (HLa) on the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> min. of recovery.

The obtained statistical material was processed using the Microsoft Excel 2019 computer program [16].

**Research results and their discussion.** The physical performance of football players during the shuttle test with a stepwise increase in running speed was assessed according to the indicators: the duration of the load - T, (min), the power of work - W, in watts (W,  $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and the average running speed – V ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). The results of the physical capacity of football players performing shuttle test with a gradual increase in running speed, are presented in Table 1.

**Table 1**

Physical performance of football players (n=31) according to the results of the shuttle test with a gradual increase in running speed

Statistical indicators	Indicators of physical performance			
	Load duration	Power		Speed
	T, min.	W, watts	W, $\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$	V, $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
Min	7.49	184	2.0	12
Max	9.54	266	3.0	15
M	9.06	218	2.8	13.9
m	0.24	3.81	0.02	0.13
CV	3.5	8.5	4.7	4.9

It was found that the average running time of sportsmen in the test with gradually increasing speed was  $9.06\pm 0.24$  min., and the power of work was  $218.0\pm 3.81$  W. The average running speed that sportsmen developed during the test was  $13.9\pm 0.13$  km/h. The given results indicate a high level of physical performance of the examined sportsmen.

At rest and during the shuttle test with a stepwise increase in running speed, the functional reactivity of the CRS of football players was studied according to the indicators: HR, Q, SV,  $V_E$ ,  $\text{VO}_{2,\text{max}}$  and HLa, the results of which are presented in Table 2.

**Table 2**

Indicators of the cardiorespiratory system of football players (n=31) in a state of relative rest before performing the shuttle test with gradually increasing running speed

Statistical indicators	Functional indicators						
	HR $\text{beats}\cdot\text{min}^{-1}$	Q $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$	SV ml	$V_E$ $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$	$\text{VO}_{2,\text{max}}$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	$\text{VCO}_2$ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	HLa, $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$
Min	176.6	20	98	127.6	47	48	6.8
Max	209.3	32	171	184.6	69	68	14.5
M	188.4	28	152	153.9	59.0	60.0	10.7
m	1.69	0.52	3.32	3.3	1.13	1.18	0.64
CV	4.3	8.9	10.7	10.5	9.4	9.3	13.3

The maximum absorption of oxygen is known to be an important indicator that determines the aerobic capabilities of a sportsman and is most closely related to the physical performance of football players. The value of  $\text{VO}_2$  characterizes the largest amount of oxygen that a sportsman can utilize during breathing. We showed that during an official match, football players maintained most of the game activity in the mode of aerobic metabolism [24]. Therefore, the value of  $\text{VO}_2$  characterizes not only the power of aerobic metabolism and the functional reactivity of CRS, but is also the most

important indicator that determines the ability of a football player to perform game tasks [26]. The value of  $\text{VO}_2$ , can be an indicator that distinguishes teams by the level of preparedness and characterizes the physical capacity and functional reactivity of the team and an individual football player. It is believed that teams and athletes who achieve better results have higher  $\text{VO}_2$  values [27]. Moreover, the  $\text{VO}_2$  value is a sensitive criterion of physical performance under conditions of training loads that are aimed at increasing endurance, and is also related to the total amount of work that the player performs on the field during the game. In our research, it was found that under the condition of performing the shuttle test with a stepwise increase in running speed, football players absorbed  $\text{VO}_2$  in the range of 47-69  $\text{ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}$  with an average value of  $59.0 \pm 1.13 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}$ , which corresponded to the work power of  $218.0 \pm 3.81 \text{ W}$ , and the shuttle running speed of  $13.9 \pm 0.14 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

The analysis of the results of Table 2 showed that the high values of  $\text{VO}_2$  in football players were consistent with other high indicators of the cardiorespiratory system - HR ( $188.0 \pm 1.69$ ,  $\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}$ ), Q - ( $28.0 \pm 0.52$ ,  $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ), SV - ( $153.9 \pm 3.32 \text{ mL}$ ) and  $V_E$  - ( $154 \pm 3.32 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ), which were registered during shuttle running. According to experts, qualified football players must have a high level of aerobic capacity [26, 27]. The level of monitoring of special capacity (MSC) in football players of the Premier League is  $61.27 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}$  on average, in football players of leading foreign teams -  $67.05 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}$  that corresponds to the level of MSC in sportsmen specializing in cycling, academic rowing, cross-country skiing, and middle- and long-distance running [13, 14, 16].

In previous works [24, 25], we found that football players performed up to 30% of work in the anaerobic mode of energy supply per game, therefore it was extremely important to investigate the state of physical performance and functional reactivity of the sportsmen's central CRS according to the  $\text{VCO}_2$  and HLa indicators. It is necessary to consider the fact that the value of  $\text{VO}_2$  indicates the functional capabilities of aerobic systems, while  $\text{VCO}_2$  and HLa characterize the performance and functional capabilities of anaerobic metabolism. Therefore, we analyzed the results of the study of  $\text{VCO}_2$  and HLa during the shuttle test. We found that the examined football players were characterized by high values of  $\text{VCO}_2$ , - 48-68  $\text{ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}$ . The average value of this indicator was  $60.0 \pm 1.18 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}$ . The lactate index at the 3<sup>rd</sup> minute of recovery after performing the test with a gradual increase in running speed in the subjects varied between - 6.8-14.5  $\text{mmol}^{-1} \cdot \text{l}$ , and the average value was  $10.7 \pm 0.67 \text{ mmol}^{-1} \cdot \text{l}$ .

To establish the connection between the physical performance of football players and the characteristics of individual and typological properties of the central nervous system, we investigated and found the average level of FMNP. The FRNP for the examined football players was  $62.6 \pm 0.56 \text{ s}$ . The highest indicator of FMNP was 55 s, and the lowest was 68 s. Using the method of sigma deviations, the examined sportsmen were divided into three groups according to the FMNP indicator: below average ( $<M - 0.5\sigma$ ), average ( $M - 0.5\sigma - M + 0.5\sigma$ ) and above average ( $>M + 0.5\sigma$ ) level of FMNP. It was found that among highly qualified football players, 30.2% of the examinees were assigned to the group with a higher-than-average indicator of FMNP and performed the task of processing 120 signals in 55-58 seconds. 42.0% of all examined sportsmen were included in the group with a medium level of FMNP. The FMNP indicator for this group ranged from -59 to 63 s, and the average indicator was -  $60.4 \pm 0.3 \text{ s}$ . While 27.8% of people performed the test task of differentiating 120 signals in - 64-68 s and were assigned to the group with a lower-than-average gradation of FMNP. We should note that typological properties are genetically determined properties of the central nervous system. They do not change in the process of training and competitive activities of professional football players [18]. However, at the same time, neurodynamic properties together with bioenergetic properties and indicators of physical, technical, and tactical preparedness have an impact on the success of football players of a high level of qualification [3, 4, 5]. To establish the connection between the physical performance of football players and the characteristics of individual and typological properties of the central nervous system, we performed calculations and compared individual quantitative and qualitative indicators of the reactivity of CRS under the condition of

performing a shuttle run with a gradual increase in its speed in groups of sportsmen with different gradations of FMNP. The results of the study of physical performance at the level of maximum oxygen consumption in groups with different levels of functional mobility of nervous processes are presented in Table 3.

In the groups of football players with different gradations of FMNP, physical performance was determined and analyzed according to the indicators of the duration of the test - T, (min), work power - W in watts (W, W.kg<sup>-1</sup>) and the average running speed - V, (km·h<sup>-1</sup>).

**Table 3**

Physical performance of sportsmen (n=31) at the level of maximum oxygen consumption during the test with gradually increasing running speed in groups with different functional mobility of nervous processes

Investigated indicators	Levels of functional mobility of the nervous processes, s		
	High (57.1 ± 0.4)	Medium (60.4 ± 0.3)	Low (65.6 ± 0.7)
T, min.	9.26 ± 0.18*	8.96 ± 0.23	7.96 ± 0.27
W, watts	224.3 ± 3.8*#	213.5 ± 3.5	214.3 ± 3.6
W, W·kg <sup>-1</sup> .	2.8 ± 0.04*	2.7 ± 0.05	2.5 ± 0.07
V, km·h <sup>-1</sup> .	15.7 ± 0.1*#	14.4 ± 0.3	13.5 ± 0.1

Note. Statistical significance of differences at the level of P<0.05 between groups B and H - \*, between B and C - #.

The presented results characterize the relationship between the physical performance of football players and the properties of the main nervous processes. A higher level of FMNP corresponded to higher values of physical capacity. And, on the contrary, sportsmen with a low level of FMNP were characterized by low physical performance. For example, football players with a higher-than-average level of FMNP during reaching the maximum oxygen consumption on average performed physical work with a power of 224.3 ± 3.8 W, which is statistically significantly more than that of people with a low level of the studied typological property - 214.3 ± 3.6 W (p=0.047).

Football players with an average level of FMNP occupied an intermediate position. On average, they developed a power of 213.5 ± 3.5 W during the test that was statistically significantly less than that of persons with a high degree of the studied typological property (p=0.043). Football players with a high level of FMNP were also characterized by a statistically higher relative physical capacity, calculated considering the sportsman's body weight - 2.8 ± 0.04 W.kg<sup>-1</sup> that is statistically more than in the group of football players with a low gradation of the studied typological property - 2, 5 ± 0.07 W·kg<sup>-1</sup> (p=0.037). The duration of the load for persons with a high level of FMNP was on average - 9.26 ± 0.18 min., while in subjects with a low level of the investigated typological property, this indicator was statistically lower - 7.96 ± 0.27 min. (p=0.027). The indicators of running speed in the groups of sportsmen with a high level of FMNP were equal to 15.7 ± 0.1 km·h<sup>-1</sup>, which was statistically significantly higher than that of the subjects with a medium of 14.4 ± 0.3 km·h<sup>-1</sup> (p=0.031) and a low level of the studied typological property - 13.5 ± 0.1 km·h<sup>-1</sup> (p=0.029).

Therefore, the physical performance of football players if they perform shuttle running at the level of maximum oxygen consumption, depends on the FMNP. Football players with high and medium levels of FMNP were characterized by higher physical performance than individuals with low levels of the studied typological property.

Since we have found that football players spend the main time of the game in the mode of aerobic metabolism, it is interesting to find out the peculiarities of physical performance at the level of AT in groups with different levels of FMNP [21]. Football players with different gradations of PMNP during the test with a gradual increase in running speed at the level of AT were determined and analyzed for

physical performance. The results of the physical performance of the sportsmen in groups with different levels of FMNP under the condition of AT are presented in Table 4.

The results indicate no connection between physical capacity – duration of running  $T$ , (min.), work power  $W$ , in watts ( $W$ ,  $W \cdot \text{kg}^{-1}$ ) and average running speed  $V$ , ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) of football players and properties basic nervous processes. The values of physical capacity were the same regardless of the level of FMNP. No statistically significant differences were found between the indicators of duration of work, power of work and average running speed in the groups of examinees with different gradations of FMNP ( $P > 0.05$ ).

**Table 4**

Physical performance at the anaerobic threshold level in sportsmen ( $n=31$ ) with different levels of functional mobility of nervous processes

Investigated indicators	Levels of functional mobility of nervous processes, s		
	High (57.1±0.4)	Medium (60.4±0.3)	Low (65.6±0.7)
$T$ , min.	7.37±0.33	7.45±0.21	7.36±0.36
$W$ , watts	190.6±4.7	187.5±5.4	185.9±6.2
$W$ , $W \cdot \text{kg}^{-1}$	2.50±0.02	2.50±0.04	2.47±0.08
$V$ , $\text{km} \cdot \text{h}$	12.20±0.02	12.40±0.04	12.19±0.06

Therefore, the physical performance of football players if they perform shuttle running at the level of the anaerobic threshold of oxygen consumption, is not related to the level of FMNP. Football players with high, medium, and low levels of FMNP were characterized by the same physical capacity.

Thus, the obtained results make it possible to generalize that the physical performance of football players under the condition of gradually increasing load at the level of  $\text{VO}_{2\text{max}}$  is dependent on the individual typological properties of the nervous system [24, 25, 28]. Football players with a high and medium level of FMNP were characterized by higher values of physical performance. In case of performing physical load at the level of AT, a clear dependence of physical capacity on individual and typological properties of the nervous system was not found in highly qualified sportsmen.

The presented results characterize the peculiarities of the relationship between the physical performance of highly qualified football players and the individual-typological properties of the main nervous processes.

### Conclusions

1. Genetically determined typological properties of the nervous system, under the condition of gradually increasing physical load, determine the level of physical performance and functional capabilities of CRS of football players.
2. During the shuttle run at the  $\text{VO}_{2\text{max}}$  level, the dependence of physical performance on the FMNP was found. Statistically significant higher values of  $T$ , min.;  $W$ , watts, and  $W \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $V$ ,  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  of physical capacity corresponded to a high level of FMNP than in groups of persons with a low investigated typological property ( $p=0.033-0.045$ ).
3. During the performance of the test with a gradual increase in running speed at the AT level, we obtained results that indicate the absence of a connection between the physical performance indicators ( $T$ , min.;  $W$ , watts, and  $W \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $V$ ,  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) of football players with typological properties of the main nervous processes ( $P > 0.05$ ).
4. The possibilities of using individual-typological properties of the central nervous system and physical capacity for a comprehensive evaluation of the success of football players' game activities are substantiated.



## Список використаної літератури

1. FIFA world cup 2022™ the player workload journey. Men's Football Report. 2022. – P. 9-16. [https://fifpro.org/media/mo3jtev3/fifpro-pwm\\_world-cup-report-2022](https://fifpro.org/media/mo3jtev3/fifpro-pwm_world-cup-report-2022).
2. Шамардин В.Н. Виноградов В.Е., Дяченко А.Ю. Физическая подготовка футболистов высокой квалификации. К.: ТОВ «НВФ», 2017. 170 с.
3. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М. В. Макаренко В. С. Лизогуб. – Черкаси: Вертикаль, 2011. – 255 с.
4. Лизогуб В. С. Сучасні підходи до реалізації відбору футболістів високої кваліфікації за показниками нейродинамічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи. Слобожанський науково-спортивний вісник. 2017. № 2. С. 81–85.
5. Коробейников Г.В. Оцінювання психофізіологічних станів у спортсменів / Г. Коробейников, Є. Приступа, Л. Коробейнікова, Ю. Бріскін. – Львів: ЛДУФК, 2013. – 312 с.
6. Мищенко В.С., Лисенко Е.Н., Виноградов В.Е. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте. К.: Науковий світ, 2007. - 351 с.
7. Богдановська Н. В., Маліков М. В. Бойченко К. Ю. Зміни у структурно-функціональній організації серця гандболістів під впливом систематичних фізичних навантажень. Фізіологічний журнал. 2020. Т. 66, № 5. С. 23–29.
8. Козина Ж.Л. Система индивидуализации подготовки спортсменов в игровых видах спорта / Козина Ж.Л. Lambert Academic Publishing Russia. – 2011. – 532 с.
9. Лысенко Е.Н. Ключевые направления оценки реализации функциональных возможностей спортсменов в процессе спортивной подготовки. Наука в олимпийском спорте. 2015. № 2. С. 45-53.
10. Міщенко В. С. Психофізіологічний стан висококваліфікованих спортсменів з різним рівнем нейродинамічних функцій. Вісник Черкаського університету. 2017. № 2. С. 45–53.
11. Тронь Р. А., Ільїн В. М., Бицюра Р. В. Контроль фізичної підготовленості кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються у бойовому самбо. Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. 2013. № 10. С. 80–83.
12. Ахметов Р.Ф. Особливості прогнозування результативності спортсменів як фактора підвищення ефективності навчально-тренувального процесу / Р.Ф.Ахметов // Молода спортивна наука України. – 2007. Вип. 11, т.3. – С.35- 45.
13. Уилмор Дж., Костилл Д. Физиология спорта и двигательной активности. К.: Олимпийская литература, 2001. 503 с.
14. Платонов В. М. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. Киев: Олимпийская литература, 2017. 656 с.
15. Di Mascio M., Bradley PS. Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league football matches. J Strength Cond Res. 2013. Vol. 27(4). P. 909–915.
16. Ровний А. С., Ільїн В. М., Лизогуб В. С., Ровна О. О. Фізіологія спортивної діяльності : підручник. Харків : ХНАДУ, 2015. 556 с.
17. Пшибыльский В., Мищенко В. Функциональная подготовленность высококвалифицированных футболистов. К.: Науковий світ, 2005. - 162 с.
18. Лизогуб В. С., Нечипоренко Л. А., Пустовалов В. О., Шпанюк В. В., Халавко Р. Нейродинамічні властивості у футболістів різних ігрових амплуа. Спортивний вісник Придніпров'я. 2019. № 4. С. 58–63.
19. Owen A. L., Djaoui L., Newton M., Malone S. Mendes B. A contemporary multi-modal mechanical approach to training monitoring in elite professional soccer. Science and medicine In football. 2017. Vol. 1(3). P.216–221.
20. Николаенко В.В. Рациональная система многолетней подготовки футболистов к достижению высшего спортивного мастерства / В.В.Николаенко. – К.: Саммит-книга, – 2014. – 336 с.
21. Лизогуб В.С., Шпанюк В.В., Пустовалов В.О., Кожемяко Т.В. Зв'язок фізичної працездатності та біоенергетичних механізмів забезпечення ігрової діяльності футболістів. Вісник Черкаського університету. Серія Біологічні науки. 2020. Вип. 2. С. 66-76.
22. Лисенчук Г.А. Управление подготовкой футболистов / Г.А. Лисенчук. – К. : Олимп. лит., – 2003. – 217 с.
23. Owen A. Football periodization to maximise performance. Soccertutor.com Ltd, 2022. 244 p.
24. Lyzohub V., Kozhemiako T., Khomenko S., Pustovalov V., Shpaniuk V. Physical activity of elite football players using different regimes of energy metabolism. Health Problems of Civilization. 2021. Vol. 15(3). P. 202–210.
25. Лизогуб В. С., Шпанюк В. В., Пустовалов В. О., Кожемяко Т. В., Безкопильний О. П. Резервні можливості кардиореспіраторної системи у футболістів з різними індивідуально-типологічними властивостями нервової системи. Вісник Черкаського університету. Біологічні науки. 2022. № 2. С. 88–96.
26. Aziz A. R. Chia M. Y. H., The K. C. Measured maximal oxygen uptake in a multi-stage shuttle test and treadmill-run test in trained athletes. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. 2005. Vol. 45. P. 306–314.
27. Stolen T., Chamari K., Castagna C., Wisloff U. Physiology of football: An update. Sports Med. 2005. Vol. 35. P. 501–536.

28. Лизогуб В. С., Шпанюк В. В. Інноваційний підхід визначення та оцінки спеціальної підготовленості футболістів високої кваліфікації. *Science and Education*. 2017. № 8. P. 15–22.

### References

1. FIFA world cup 2022™ the player workload journey. *Men's Football Report*. 2022. – P. 9-16. [https://fifpro.org/media/mo3jtev3/fifpro-pwm\\_world-cup-report-2022](https://fifpro.org/media/mo3jtev3/fifpro-pwm_world-cup-report-2022).
2. Shamardyn V.N. Vynogradov V.Ye., Diachenko A. Yu. Physical training of highly qualified football players. K.: TOV “NVF”, 2017. 170 p.
3. Makarenko M. V. Ontogenesis of psychophysiological functions of a person / M. V. Makarenko V. S. Lyzohub. - Cherkasy: Vertykal, 2011. - 255 p.
4. Lyzohub V. S. Modern approaches to implementing the selection of highly qualified football players based on indicators of neurodynamic properties of the higher departments of the central nervous system. *Slobozhan scientific and sports bulletin*. 2017. No. 2. P. 81–85.
5. Korobeynikov G.V. Assessment of psychophysiological states in sportsmen / H. Korobeynikova, E. Prystupa, L. Korobeynikova, Yu. Briskin. - Lviv: LSUFC, 2013. - 312 p.
6. Mishchenko V.S., Lysenko Ye.N., Vynogradov V.Ye. Reactive properties of the cardiorespiratory system as a reflection of adaptation to intense physical training in sports. K.: *Naukovy Svit*, 2007. - 351 p.
7. Bohdanovska N. V., Malikov M. V. Boychenko K. Yu. Changes in the structural and functional organization of the heart of handball players under the influence of systematic physical exertion. *Physiological journal*. 2020. Vol. 66, No. 5. C. 23–29.
8. Kozyna Zh.L. Individualization system of training sportsmen in game sports / Zh.L. Kozina. Lambert Academic Publishing Russia. - 2011. - 532 p.
9. Lysenko E.N. Key areas of assessment of the realization of the functional capabilities of sportsmen in the process of sports training. *Science in Olympic sports*. 2015. No. 2. P. 45-53.
10. Mishchenko V. S. Psychophysiological state of highly qualified sportsmen with different levels of neurodynamic functions. *Bulletin of Cherkasy University*. 2017. No. 2. P. 45–53.
11. Tron R. A., Ilyin V. M., Bytsiura R. V. Control of physical fitness of qualified sportsmen specializing in combat sambo. *Pedagogy, psychology and medical and biological problems of physical education and sports*. 2013. No. 10. P. 80–83.
12. Akhmetov R.F. Peculiarities of forecasting the performance of sportsmen as a factor of increasing the effectiveness of the educational and training process / R.F. Akhmetov // *Young sport science of Ukraine*. – 2007. Issue 11, volume 3. – P.35-45.
13. Wilmore J., Kostill D. *Physiology of sports and motor activity*. K.: Olympic literature, 2001. 503 p.
14. Platonov V. M. *Motor qualities and physical training of sportsmen*. Kyiv: Olympic literature, 2017. 656 p.
15. Di Mascio M., Bradley PS. Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league football matches. *J Strength Cond Res*. 2013. Vol. 27(4). P. 909–915.
16. Ровний А. С., Ільїн В. М., Лизогуб В. С., Ровна О. О. Фізіологія спортивної діяльності : підручник. Харків : ХНАДУ, 2015. 556 с. Rovny A. S., Ilyin V. M., Lyzohub V. S., Rovna O. O. *Physiology of sports activity: textbook*. Kharkiv: KNAHU, 2015. 556 p.
17. Pshybyl'sky V., Mishchenko V. Functional preparedness of highly qualified football players. K.: *Naukovy Svit*, 2005. - 162 p.
18. Lyzohub V. S., Nechyporenko L. A., Pustovalov V. O., Shpaniuk V. V., Khalavko R. Neurodynamic properties of football players of different playing roles. *Sports Bulletin of the Dnieper Region*. 2019. No. 4. P. 58–63.
19. Owen A. L., Djaoui L., Newton M., Malone S. Mendes B. A contemporary multi-modal mechanical approach to training monitoring in elite professional soccer. *Science and medicine In football*. 2017. Vol. 1(3). P.216–221.
20. Nikolayenko V.V. A rational system of long-term training of football players to achieve higher sports mastery / V.V.Nykolayenko. - K.: Summit-book, - 2014. - 336 p.
21. Lyzohub V.S., Shpaniuk V.V., Pustovalov V.O., Kozhemiako T.V. The connection between physical performance and bioenergetic mechanisms of football players' game activity. *Bulletin of Cherkasy University. Biological Sciences Series*. 2020. Issue 2. P. 66-76.
22. Lysenchuk G.A. Management of football training / G.A. Lysenchuk. - K.: Olympic. literature, - 2003. - 217 p.
23. Owen A. Football periodization to maximise performance. *Soccertutor.com Ltd*, 2022. 244 p.
24. Lyzohub V., Kozhemiako T., Khomenko S., Pustovalov V., Shpaniuk V. Physical activity of elite football players using different regimes of energy metabolism. *Health Problems of Civilization*. 2021. Vol. 15(3). P. 202–210.
25. Lyzohub V.S., Shpaniuk V.V., Pustovalov V.O., Kozhemiako T.V., Bezcopylny O.P. Reserve capabilities of the cardiorespiratory system in football players with different individual typological properties of the nervous system. *Bulletin of Cherkasy University. Biological Sciences*. 2022. No. 2. P. 88–96.
26. Aziz A. R. Chia M. Y. H., The K. C. Measured maximal oxygen uptake in a multi-stage shuttle test and treadmill-run test in trained athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2005. Vol. 45. P. 306–314.

27. Stolen T., Chamari K., Castagna C., Wisloff U. Physiology of football: An update. Sports Med. 2005. Vol. 35. P. 501–536.
28. Lyzohub V. S., Shpaniuk V. V. An innovative approach to determining and evaluating the special training of highly qualified football players. Science and Education. 2017. No. 8. R. 15–22.

***Lyzohub V.S., Pustovalov V.O., Kozhemiako T.V., Bezakopylna S.V., Khomenko S.M., Shpaniuk V.V. Individual Features of Physical Performance of Sportsmen with Different Typological Properties of the Nervous System***

**Abstract and problem.** The individual-typological properties of the nervous system are known to be characterized by a stable biological nature and are the most informative regarding the organization of differentiation, management and forecasting of game activities. It was hypothesized that the individual typological properties of the nervous system in sportsmen can influence physical performance. The differences in these indicators can be the basis for solving the tasks of a differentiated approach to the management of the training process and increasing the physical performance of sportsmen.

**Purpose.** To determine individual features of the physical performance of football players with different typological properties of the nervous system during the test with gradually increasing running speed.

**Research methods.** An individual typological property of the central nervous system, the functional mobility of nervous processes, was determined in highly qualified football players using the “Diagnost-1M” neurodynamic complex. Physical performance was studied under the condition of performing the test with stepwise increasing running speed, and the functional indicators of the cardiorespiratory system were studied with the gas analyzer “Oxycon Mobile” of the Jaeger company.

**Main research results.** The dependence of physical performance on the FMNP was determined under the condition of running a shuttle run at the  $VO_{2\max}$  level. Statistically significant higher values of  $T$ , min.;  $W$ , watts and  $W \cdot kg^{-1}$ ;  $V$ ,  $km \cdot h^{-1}$  of physical capacity corresponded to a high level of FMNP than in groups of the persons with a low studied typological property ( $p=0.033-0.045$ ). During the performance of the test with a gradual increase in running speed at the AT level, we obtained results that indicate the lack of a connection between the indicators of physical performance ( $T$ , min.;  $W$ , watts and  $W \cdot kg^{-1}$ ;  $V$ ,  $km \cdot h^{-1}$ ) of football players with typological properties of the main nervous processes. Between indicators  $W$ ,  $W \cdot kg^{-1}$ ;  $V$ ,  $km \cdot h^{-1}$ , no statistically significant differences were found in the groups of subjects with different gradations of FMNP ( $P>0.05$ ).

**Scientific novelty of research results.** It was determined that sportsmen with a high level of FMNP achieved a high level of physical performance in the test with a gradual increase in running speed by involving anaerobic, and with a low gradation of the typological property - aerobic capabilities of CRS. The possibilities of using individual-typological properties of the central nervous system and physical capacity for a comprehensive evaluation of the success of football players' game activities were substantiated.

**Conclusions.** The limit physical load at the level of maximum oxygen consumption in elite sportsmen recognizes the level of physical performance and the participation of CRS in accordance with the individual typological properties of the sportsmen's CNS. Genetically determined typological properties of the nervous system, under the condition of gradually increasing physical load, determine the level of physical performance and functional capabilities of the central nervous system of football players.

**Key words:** physical performance, typological properties of the nervous system, cardiorespiratory system, sportsmen.

Одержано редакцією: 8.11.2023  
Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 612.8

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-37-47

**Анна Сергіївна Колесник**

аспірантка кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
kas100188@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8505-0813>

**Лілія Іванівна Юхименко**

доктор біологічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
liyukhimenko@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4455-6233>

## **ЗВ'ЯЗОК МІЖ ВЕГЕТАТИВНИМИ ТА НЕЙРОДИНАМІЧНИМИ ФУНКЦІЯМИ У ДІТЕЙ 5-7 РОКІВ**

*В даній публікації представлено аналіз вікової динаміки статистичних і спектральних характеристик серцевого ритму у фоновому режимі та після виконання розумового навантаження. За допомогою інструментальної методики «Фазаграф» вивчали показники серцево-судинної системи (ССС). Методикою М.В. Макаренка досліджували функціональну рухливість (ФРНП) та силу нервових процесів (СНП) у режимі «нав'язаний ритм». У дітей 5-6 років порівняно із 7-ми річними у відповідь на розумове навантаження встановлено розузгодженість регуляції ССС. Обґрунтовано взаємозалежність між рівнем напруження автономної нервової системи (АНС) та ступенем розумового навантаження. Виявлено кореляцію між показниками ФРНП, СНП та АНС.*

**Ключові слова:** *варіабельність серцевого ритму; розумове навантаження; автономна нервова система; функціональна рухливість та сила нервових процесів.*

**Постановка питання.** Початкова освіта є першим рівнем повної загальної середньої освіти, метою якої є всебічний розвиток дитини, її талантів, здібностей, компетентностей та умінь відповідно до вікових, індивідуальних психофізіологічних особливостей і потреб, формування цінностей, розвиток самостійності, творчості та допитливості. У наш час для реалізації програми Нової української школи на вчителів покладено відповідальність не тільки за якість освітнього процесу, але і за впровадження індивідуального підходу, що потребує орієнтації на особистісний всебічний розвиток дитини.

Важливо пам'ятати, що діти 6-ти річного віку за морфо-функціональним розвитком та дозріванням структур головного мозку більш схожі на дітей 5-річного віку, ніж на дітей 7-ми років. У роботах авторів в області сучасної вікової фізіології та ВООЗ виділяється період першого дитинства, який триває з 4 до 7 років. Один рік, який відділяє 7-річних від 6-ти річних дітей є особливо суттєвим, оскільки саме у цей період відбувається значний психофізіологічний розвиток. Одні дослідники погоджуються, що програми дошкільної освіти достатньо для того, щоб стимулювати розвиток дитини з 6 до 7 років. Водночас, інші вчені наголошують на тому, що програма шкільної освіти є занадто сильним стимулом, який може навпаки — пригальмувати психофізіологічний розвиток 6-річної дитини внаслідок перенапруження її інтелектуальних і фізичних сил, що може призвести до появи відхилень у роботі адаптаційних психо вегетативних механізмів регуляції діяльності її організму. Отже, недостатнє вивчення вікових особливостей нервової системи та механізмів пристосування дитини до нових умов освітнього процесу може спровокувати негативні зміни в усіх фізіологічних системах та сприяти розгортанню процесів дезадаптації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Автономна нервова система (АНС) рефлекторно регулює діяльність внутрішніх органів та впливає на емоції та самопочуття дитини. Адаптація залежить від нервово-гуморального контролю, типу автономної регуляції

та від соматичної зрілості дитини [1]. Провідна роль у становленні нормального адаптивного реагування організму належить серцево-судинній системі (ССС) [2].

Гемодинамічні та вегетативні пристосування до стресових умов реального життя людини аналізували D. Lucini, G. Norbiato, M. Clerice [3]. Психоемоційне та фізичне перенапруження, пов'язане з початком навчання у школі, призводить до розладів компенсаторно-пристосувальних вегетативних механізмів, порушення яких, у свою чергу, веде до зниження працездатності. У дітей старшого дошкільного та молодшого шкільного віку це проявляється запамороченнями, психоемоційною лабільністю тощо [4].

Доведено, що навчальне навантаження значно впливає на зміни діяльності серця та викликає появу доцільної та необхідної адаптивної відповіді. Дитина стомлюється на кінець уроків, знижується активність її ССС, оскільки зменшується участь симпатичної вегетативної нервової системи і зростає ваготонічний вплив на організм, виснажуються центральні механізми регуляції діяльності. Парасимпатичний відділ вегетативної нервової системи викликає гальмування у корі головного мозку, тому виникає розумове стомлення [5].

М.М. Вербенко аналізувала стан ССС учнів перших класів у процесі письма і виявила, що у під час спокою вегетативна регуляція серцевого ритму дітей є нестійкою, в ній переважає парасимпатичний вплив; у 6-річних школярів під час письма ССС навантажена більше, ніж у 7-річних [6]. Спектральний аналіз варіабельності серцевого ритму досліджували G.S. Mela, A. Malliani [7]. Д.С. Воропаєв з'ясовував взаємозв'язки між показниками варіабельності серцевого ритму підлітків та іншими компонентами психофізіологічного стану. [8]. За даними В.В. Бережного, В.Г. Козачука, І.Б. Орлюка, G. Mela своєчасне виявлення порушень вегетативної нервової регуляції зменшує ймовірність появи розладів адаптаційних механізмів у ході навантажень та зберігає працездатність [4, 7]. Одним із методів профілактики захворювань і підвищення адаптаційних можливостей організму є зниження психоемоційного напруження, зменшення стресу і регулювання діяльності АНС.

**Виявлення раніше неврегульованих частин загального питання.** Проведений аналіз літератури показав, що регуляторні властивості АНС в умовах розумової діяльності у дітей 5-7 років є не до кінця з'ясованими. Тому дослідження та оцінка особливостей регуляторних функцій серцевого ритму на основі врахування особливостей основних нервових процесів є нагальною проблемою вікової фізіології та медицини.

**Мета.** Встановити зв'язок регуляторних механізмів автономної нервової системи з функціональною рухливістю та силою нервових процесів дітей 5-7 років за умов виконання розумового навантаження.

**Огляд основного матеріалу досліджень.** Дослідження проводили з участю дітей 5-7 років підготовчих груп та перших класів дошкільних навчальних закладів міста Суми (n=108) у відповідності до вимог Гельсенської декларації та дозволу батьків. Приміщення, в якому відбувались обстеження відповідало нормативам за параметрами мікроклімату та освітлення.

Визначення функціональної рухливості (ФРНП) та сили нервових процесів (СНП) дітей проводили на нейродинамічному комплексі «Діагност-1М» за методикою Макаренко М.В. (2019). Оскільки визначення ФРНП та СНП дітей 5-7 років виявилось неможливим у режимі «зворотного зв'язку» (Макаренко, 2011) внаслідок великої складності виконання такого завдання для даного вікового періоду, ми визначали нейродинамічні показники у режимі «нав'язаного ритму» (поступово зростаюче навантаження) [9]. В якості подразників використовували геометричні фігури. Перед початком тесту проводилась інструкція: «Як тільки на екрані з'явиться "квадрат" – необхідно якомога швидко натиснути та відпустити кнопку пальцем правої руки, "коло" – кнопку пальцем лівої руки, а на "трикутник" – жодної із кнопок не натискати». У разі допущення помилок слід було продовжувати виконання завдання, працюючи «навздогін», тобто після пред'явлених подразників, до зупинки приладу. Перед проходженням залікового тесту, кожен обстежуваний після проведення інструктажу мав змогу потренуватися. Тренування проводили при швидкості 30, потім 40 подразників за 1

хв для ознайомлення дитини з комплексом запрограмованих подразників, часом їх пред'явлення та зосередження на виконанні завдання. Коли обстежуваний був налаштований працювати і не мав запитань, приступали до проведення тесту.

Після проходження тесту на екрані приладу фіксували результати з інформацією про швидкість пред'явлення навантаження та відсотки допущених помилок. Кількісним показником ФРНП була максимальна швидкість пред'явлення подразників, на якій досліджуваний робив не більше 5-5,5% помилок в даній серії. Показник СНП відповідав загальній кількості помилок, допущених обстежуваним під час виконання експериментального завдання, виражених у відсотках від суми пред'явлених сигналів. Вважали: чим менший відсоток допущених помилок (під час виконання тестів на швидкості від 30 до 60 подразників за хвилину), тим вищий рівень СНП (працездатність головного мозку).

Для аналізу регуляторного впливу АНС на серцевий ритм був використаний метод фазаграфії, який проводили за допомогою приладу «Фазаграф», який використовується для реєстрації та аналізу електрокардіосигналу у фазовому просторі, та базується на аналізі електричних сигналів, які генеруються серцем під час його роботи. Визначення амплітудно-швидкісних параметрів усіх елементів електрокардіосигналу давало можливість з точністю оцінити особливості електрокардіограми [10]. Для характеристики регуляторних функцій АНС та функціонального стану організму проводили аналіз спектральних (LF, HF, LF/HF) та статистичних (SDNN, RMSSD, ЧСС, АМо, Мо, ІН) показників серцевого ритму. Запис електрокардіограми здійснювали у стані спокою сидячи (1 хв.), перед виконанням завдання та на відновлювальному етапі. Виявлення артефактів проводили за критерієм Діксона. На нормальність розподілу дані перевіряли критерієм Шапіро-Уїлка. Оскільки переважна більшість отриманих нами даних в силу різкої асиметричності малого ступеня дискретизації не попадала під закон нормального розподілу, то для парних порівнянь ми використовували критерій Вілкоксона, а для непарних – критерій Манна-Уїтні з корекцією неперервності [12, 12, 13, 14, 15]. Статична вірогідність різниць вважалася значимою при  $p < 0,05$  і менше. Для встановлення наявності зв'язку між змінними використовували ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена.

**Результати дослідження.** Відомо, що за показниками регуляції серцевого ритму можна аналізувати стан нейрогуморальних механізмів. Перш за все це відноситься до оцінки тону і реактивності АНС та участі над сегментарних структур у регуляції вегетативних функцій [16].

Результати дослідження регуляції серцевого ритму у дітей 5-7 років у фоновому режимі та після розумового навантаження наведено у таблиці 1. З таблиці видно, що реакції серцевого ритму у дітей 5-річного віку мають деякі особливості за спектральними та статистичними показниками, які були зафіксовані перед початком розумового навантаження та після його завершення.

Привертають увагу статистично значущі відмінності активації симпатичного відділу АНС, які були зафіксовані перед виконанням завдання (рис. 1), особливо, за статистичними показниками АМо, ІН, та ЧСС, що характеризують збільшення індексу напруження та серцевих скорочень. Натомість, після розумового навантаження ці показники значущо зменшились, що може вказувати на послаблення симпатичного впливу.

Імовірно, збільшення показника Мо після виконання завдання свідчило про зниження активності центрального контуру управління.

За показниками RMSSD та SDNN не було виявлено значущих відмінностей, проте спостерігалась тенденція до посилення парасимпатичного впливу АНС у дітей після розумового навантаження. Ймовірно, саме незначний парасимпатичний прояв міг позначитись на зменшенні ЧСС, АМо та ІН на відновлювальному етапі.

Таблиця 1

Динаміка показників варіабельності серцевого ритму у дітей 5-7-річного віку у фоні та після виконання розумового навантаження (медіана, верхній та нижній квартилі)

Показники	5 років		6 років		7 років	
	фон	робота	фон	робота	фон	робота
ЧСС	92,0** [96,7; 82,4]	83,2 [87,0; 77,4]	84,6 [92,0; 80,2]	85,7 [90,8; 81,1]	81,8 [93,3; 77,4]	81,4 [89,5; 77,6]
SDNN	68,0 [105,8; 52,5]	84,5 [103,5; 73,8]	76,5** [115,8; 59,0]	81,0 [192,5; 59,3]	67,5** [94,3; 38,5]	80,5 [137,8; 49,0]
RMSSD	68,3 [147,9; 53,6]	107,6 [120,8; 78,1]	82,2* [138,1; 62,2]	91,8 [263,6; 64,4]	71,6* [130,4; 41,7]	88,3 [141,4; 47,3]
IH	74,5* (125,7; 52,1)	41,6 [58,6; 28,6]	65,5* [105,9; 33,0]	47,8 [80,4; 12,2]	59,3 [160,6; 33,6]	63,1 [130,1; 18,5]
AMo	35,8* [44,2; 26,7]	33,1 [44,2; 22,2]	29,6 [36,1; 26,8]	31,6 [37,9; 26,1]	29,6 [45,2; 25,0]	31,9 [40,8; 26,3]
Mo	650,0** [725,0; 575,0]	748,0 [825,0; 625,0]	675,0 [712,5; 625,0]	675,0 [725,0; 625,0]	725,0 [812,5; 625,0]	675,0 [775,0; 625,0]
HF	64,4 [77,0; 49,7]	62,0 [68,0; 54,2]	60,0* [74,3; 47,2]	52,4 [62,7; 45,6]	62,0 [70,1; 47,6]	49,7** [59,9; 36,9]
LF	179,8 [324,4; 69,4]	130,5 [221,8; 105,7]	127,4* [298,5; 54,4]	78,7 [146,1; 42,3]	148,6 [253,2; 51,3]	73,1** [113,0; 31,6]
LF/HF	0,40* [0,76; 0,24]	0,47 [0,59; 0,31]	0,49* [0,79; 0,29]	0,69 [1,08; 0,39]	0,41 [0,88; 0,25]	0,69** [1,19; 0,51]

Примітка: статистично значущі відмінності \* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$  між показниками відповідного віку у фоні та після виконання розумового навантаження

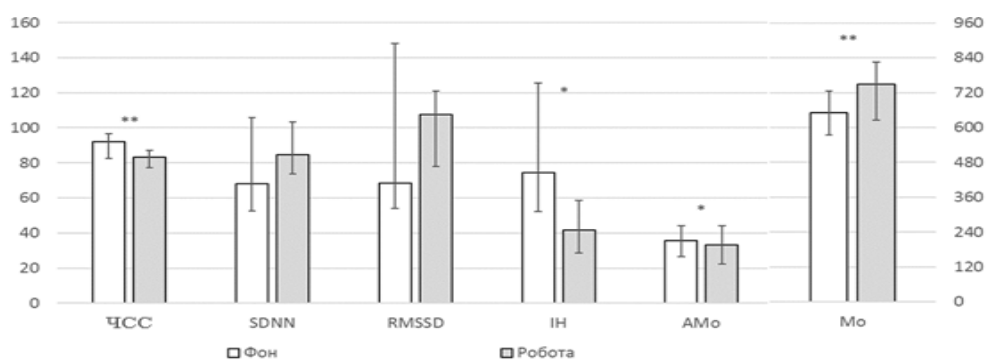


Рис. 1. Динаміка статистичних показників ВСР у фоновому режимі та після виконання розумового навантаження у дітей 5-річного віку; статистично значущі відмінності (\* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ ) між характеристиками варіабельності серцевого ритму у дітей 5-річного віку у фоні та після виконання розумового навантаження (показані медіана, верхній та нижній квартилі). Числові значення показника Мо показано на шкалі Y праворуч.

Аналіз спектральних показників, які є більш чутливими у порівнянні зі статистичними, встановив значуще підвищення LF/HF після виконання дітьми завдання, що характеризує активацію симпатичного судинного центру. В той же час, проявилась тенденція до зниження низькочастотного та високочастотного спектру після виконання розумового завдання, що може вказувати на послаблення барорефлекторних та парасимпатичних впливів на ССС (рис. 2). Це може відображатись підвищенням ЧСС та інших проявів активації симпатичної нервової системи.

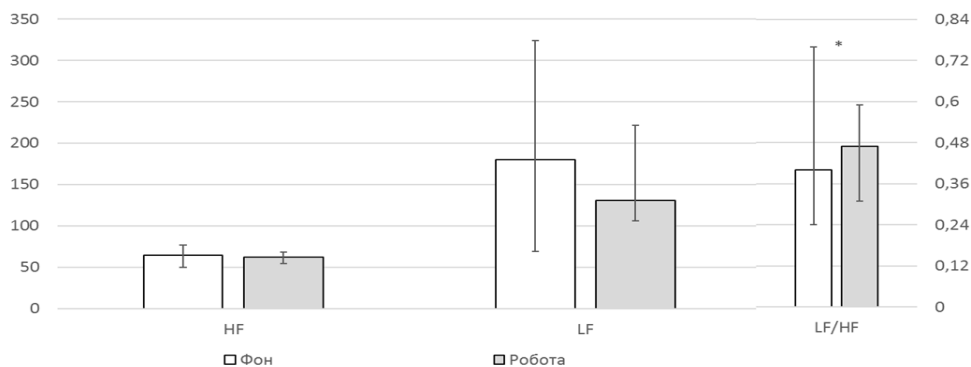


Рис. 2. Динаміка спектральних показників у фоновому режимі та після виконання розумового навантаження у дітей 5-річного віку; статистично значущі відмінності (\* -  $p < 0,05$ ) між спектральними характеристиками варіабельності серцевого ритму у дітей 5-річного віку у фоні після виконання розумового навантаження (показані медіана, верхній та нижній квартилі). Числові значення показника LF/HF показано на шкалі Y праворуч.

У дітей 6-річного віку також відбувався вплив симпатикотонії після розумового навантаження, що підтверджувалось значущим збільшенням показника LF/HF. До того ж, встановлено значуще зниження LF та HF компонентів варіабельності серцевого ритму після виконання завдання (рис. 3).

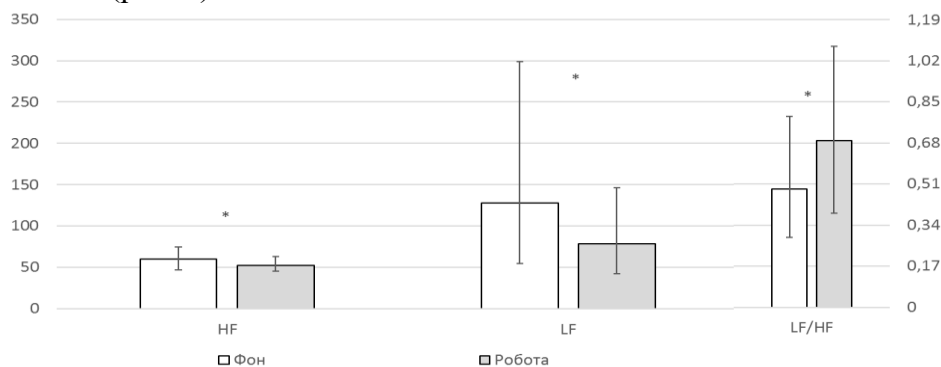


Рис. 3. Динаміка спектральних показників у фоновому режимі та після виконання розумового навантаження у дітей 6-річного віку; статистично значущі відмінності (\* -  $p < 0,05$ ) між спектральними характеристиками варіабельності серцевого ритму у дітей 6-річного віку у фоні та під час виконання розумового навантаження (показані медіана, верхній та нижній квартилі). Числові значення показника LF/HF показано на шкалі Y праворуч.

За статистичними та варіаційними показниками у дітей 6-ти років також спостерігався парасимпатичний вплив, що, ймовірно, вказувало на активацію механізмів саморегуляції, яка підтверджується збільшенням показника RMSSD після виконання завдання та мобілізацію функціональних резервів організму за значущим збільшенням значення SDNN, у порівнянні з фоновим режимом (рис. 4).



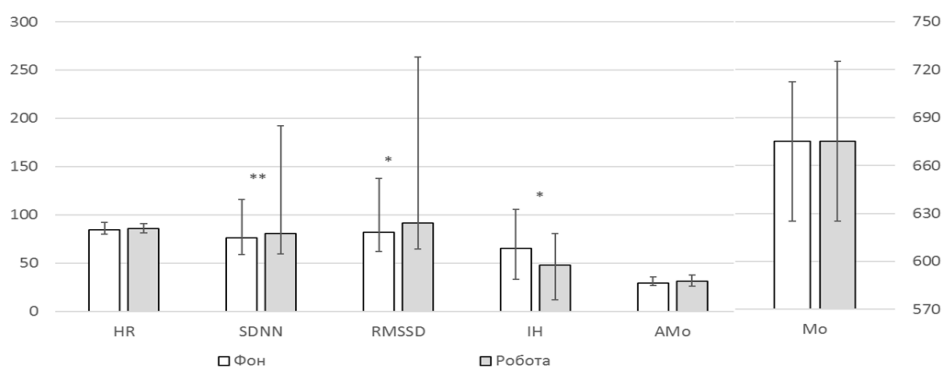


Рис. 4. Динаміка статистичних та варіаційних показників у фоновому режимі та після виконання розумового навантаження у дітей 6-річного віку; статистично значущі відмінності (\* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ ) між статистичними характеристиками варіабельності серцевого ритму у дітей 6-річного віку у фоні та під час виконання когнітивного завдання (показані медіана, верхній та нижній кватилі). Числові значення показника Мо показано на шкалі Y праворуч.

Незначне збільшення показника AMo після розумового навантаження також підтверджує активацію симпатичного відділу нервової системи та тенденцією до підвищення ЧСС. Проте значущо нижче значення RMSSD перед розумовим навантаженням може також опосередковано вказувати на прояв симпатикотонії та позначитись на зниженні варіабельності серцевого ритму у цілому і спровокувати статистично значуще підвищення IH.

У дітей 7-річного віку IH є значущо вищим після виконаного завдання (рис. 5), що вказує на більшу ступінь напруги регуляторних систем у відповідь на розумове навантаження на відміну від дітей 5-ти та 6-ти років (що було показано на рис. 1-4), у яких IH проявлявся значущо вищим значенням перед його виконанням.

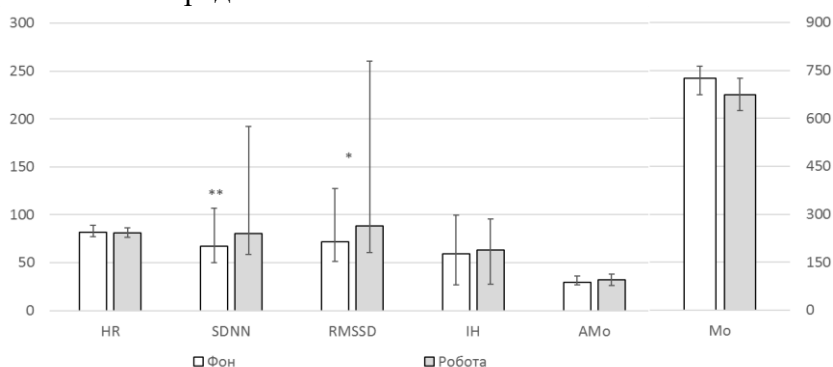


Рис. 5. Динаміка статистичних показників у фоновому режимі та після виконання розумового завдання у дітей 7-річного віку; статистично значущі відмінності (\* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ ) між статистичними характеристиками варіабельності серцевого ритму у дітей 7-річного віку у фоні та після виконання розумового навантаження (показані медіана, верхній та нижній кватилі). Числові значення показника Мо показано на шкалі Y праворуч.

Механізмом функціонального напруження організму є мотиваційне спонукання до виконання роботи. Приймається, що мотивація призводить до активації мозкових структур, а серцева діяльність чітко відображає зміни функціонального стану кори головного мозку, що характеризує підвищення IH перед виконанням завдання [17]. Це може опосередковано свідчити про те, що у дітей 5-ти та 6-ти років регуляторна система ще не є цілком сформованою. Ймовірно, що виконання когнітивного завдання є надскладним завданням для дітей цього віку, що суттєво позначалось на результатах і викликало їх суперечливість. Не виключено, що таке становище може вказувати на зниження адаптаційних механізмів та розвиток дезадаптації. Встановлено тенденцію до підвищення значенням AMo після

розумового навантаження, що може опосередковано вказувати на активність прояву центрального контуру управління та збільшення сили серцевих скорочень, що супроводжується збільшенням активності серця та пристосування організму до ритму виконуваного завдання. Натомість діти 7-ми річного віку за результатами дослідження виглядали як більш адаптовані до розумового навантаження.

Разом з тим, з рис. 6 видно, що у дітей 7-річного віку також відмічається тенденція до збільшення ІН після розумового навантаження, що може свідчити про посилення симпатичного впливу. На активацію ССС також вказує статистично значущі відмінності LF/HF до та після виконаної роботи.

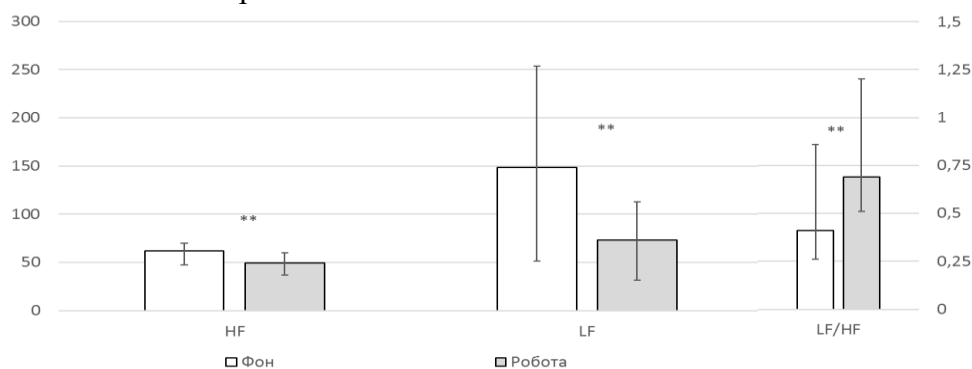


Рис. 6. Динаміка спектральних показників у фоновому режимі та після виконання розумового навантаження у дітей 7-річного віку; статистично значущі відмінності (\*\* -  $p < 0,01$ ) між спектральними характеристиками варіабельності серцевого ритму у дітей 6-річного віку у фоні та після виконання розумового навантаження (показані медіана, верхній та нижній кватилі). Числові значення показника LF/HF показано на шкалі Y праворуч.

Нас зацікавило: чим забезпечувались регуляторні механізми АНС у осіб 5-7 років під час виконання розумової діяльності? Для відповіді на це запитання ми провели кореляційний аналіз між перемінними рядами показників ЧСС, МО та АМО з нейродинамічними характеристиками ФРНП та СНП у вікових групах 5, 6 та 7 років (табл. 2).

**Таблиця 2**

Кореляція нейродинамічних показників та статистичних характеристик серцевого ритму у дітей 5-7 років (n=108)

Показники	Фон		Навантаження	
	Коефіцієнт кореляції	Р	Коефіцієнт кореляції	Р
Вік (роки) 5 років (n=36)				
ФРНП vs. АМО			0,39	<0,05
СНП vs. АМО			0,52	<0,01
Вік (роки) 6 років (n=34)				
СНП vs. ЧСС	0,41	<0,05		
СНП vs. Мо	-0,46	<0,01		
ФРНП vs. ЧСС			-0,35	<0,05
Вік (роки) 7 років (n=38)				
СНП vs. ЧСС	-0,33	<0,05	-0,35	<0,05
СНП vs. Мо	0,33	<0,05	0,32	<0,05

Примітка: показані лише достовірні коефіцієнти кореляції

У дітей 5-річного віку встановлено зв'язок між нейродинамічними показниками ФРНП, СНП та АМо на відновлювальному етапі. Ймовірно, це вказує на те, що виконання роботи у дітей, які мали вищий рівень ФРНП, може досягатися за рахунок посилення симпатичної ланки АНС ( $p < 0,05$ ). В той же час, слід врахувати, що і підвищення кількості помилок, яка відповідає низькому рівню працездатності головного мозку також суттєво впливає на посилення прояву симпатичного контуру регуляції ССС та збільшення сили серцевих скорочень ( $p < 0,01$ ).

Для дітей 6-ти років на початку виконанням розумового навантаження було встановлено статистично значущий зв'язок СНП з ЧСС та з Мо. Слід думати, що у дітей з нижчим рівнем працездатності головного мозку відбувалось посилення функціонування ССС, що викликало одночасно підвищення ЧСС ( $p < 0,05$ ) та пригнічувало прояв парасимпатичної активності. Це демонстрував від'ємний показник Мо ( $p < 0,01$ ), який відповідальний за підвищення рівня стресу та зменшення концентрації уваги. Можливо саме тому діти з низьким рівнем СНП виконували роботу з найбільшою кількістю помилок.

Звертає на себе увагу той факт, що на відновлювальному етапі взаємозв'язок між показниками ФРНП та ЧСС змінювався на протилежний після виконання розумового навантаження. На нашу думку, це може бути пов'язане з тим, що у дітей 6-ти років, які мали більш високий рівень ФРНП, робота регуляторних механізмів під час розумового навантаження була більш узгодженою, що було видно за показниками ЧСС. Адже відомо, що ЧСС може виступати індикатором стресу та вказувати на успішний опір організму до навантаження, що ми спостерігали у цьому випадку на відміну від дітей з нижчою ФРНП. Такі діти демонстрували напруженість нервової системи на відновлювальному етапі, що провокувало підвищення судинного тону та звуження судин (вазоконстрикцію).

У дітей 7-річного віку як у фоновому режимі, так і після розумового навантаження було встановлено кореляцію між показниками СНП з ЧСС та Мо. Тобто, як до початку виконання тесту, так і після його завершення взаємозв'язок між показниками СНП та ЧСС був негативним, що вказує на збільшену ЧСС у дітей з низьким рівнем СНП. Натомість високий рівень працездатності головного мозку супроводжується зменшенням ЧСС, що опосередковано може вказувати на активацію АНС, яка регулює серцевий ритм, а також ефективність роботи головного мозку, яка супроводжується меншим напруженням організму у цілому. Кореляційний зв'язок СНП та Мо також підтверджує те, що ССС дітей цього віку є більш пристосованою до зовнішніх подразників, тому спостерігалась вища працездатність головного мозку за рахунок узгодженої участі симпатичної та парасимпатичної нервової системи.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** За результатами нашого дослідження встановлено, що у дітей 5-ти та 6-ти років фізіологічний розвиток анатомічних структур головного мозку, які відповідають за ФРНП дозрівають раніше, ніж ті, що відповідають за становлення працездатності головного мозку і знаходяться на етапі активного розвитку. Таке фізіологічне обґрунтування співпадає з дослідженням О.В. Багінської, яка вивчала фізичний розвиток дітей дошкільного віку з різним рівнем індивідуально-типологічних властивостей [16]. Отже, діти цього віку з високим рівнем ФРНП не обов'язково можуть володіти високим рівнем СНП, оскільки, першочергово усі зусилля центральної нервової системи спрямовані на швидкість диференціації збудливих та гальмівних подразників, а на якість виконання роботи не вистачає потужностей дитячого організму. Ймовірно, саме надмірне розумове навантаження для дітей цього віку викликає розузгодженість у регуляції АНС, що у подальшому, в разі застосування перенасиченої шкільної освітньої програми може стати причиною для дезадаптації.

Основні нервові процеси дітей 7-ми річного віку є краще пристосованими до вирішення поставлених розумових завдань у певному швидкісному ритмі, оскільки їх фізіологічні механізми отримали більший розвиток та здатні у більшій мірі протистояти зовнішнім подразникам. Важливим і необхідним в організації навчального процесу є врахування вікових закономірностей функціонування фізіологічних систем, фундаментом яких є рівень розвитку

індивідуальних та типологічних властивостей вищих відділів ЦНС дітей, а також впровадження особистісно-орієнтовного підходу у навчальний процес з метою попередження небажаних коливань фізіологічних параметрів дитячого організму.

### Список використаної літератури

1. Коровіна Л., Запорожець Т.М., Козакевич В.К. Вплив екзогенних чинників на соматичне здоров'я та автономну нервову регуляцію у дітей та молоді: монографія. Полтава : «Освітінфоком», 2019. С. 1.
2. Коваленко С.О., Кудій Л.І. Варіабельність серцевого ритму. Методичні аспекти. Черкаси : Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. 298 с.
3. Lucini D., Norbiato G., Clerice M. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans. *Hypertension*. 2002. Vol. 39, №62. P. 184-188.
4. Бережной В.В., Козачук В.Г., Орлюк І.Б. Нові можливості в лікуванні дітей з вегетативною дисфункцією // *Современная педиатрия: Науч.- практ. журн.* 2006. №1. С.165-170.
5. Baevsky R.M., Petrov V.M., Chernikova A.G. Regulation of autonomic nervous system in space and magnetic storms. *Advances in Space Research*. 1998;22(2):227-34.
6. Вербенко М.М. Вплив графомоторного навантаження на функціональний стан серцево-судинної системи у дітей 6-7 років. *Вісник проблем біології і медицини*. 2010. Вип. 1. С. 264—269.
7. Lucini D., Mela G.S., Malliani A. et al. Impairment in cardiac autonomic regulation preceding arterial hypertension in humans. Insights from spectral analysis of beat-by-beat cardiovascular variability. *Circulation*. 2002. Vol. 106, № 19. P. 2673-2679.
8. Воропаєв Д.С. Єжова О.О. Провідні показники варіабельності ритму серця підлітків як складові вегетативного компоненту психофізіологічного стану. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2012. № 2 (20). С. 3–10.
9. Лизогуб В.С., Хоменко С.М., Безкопильний О.П. Нейродинамічні властивості людини та методика їх дослідження : монографія. Черкаси : ФОП Гордієнко Є. І., 2019. 136 с.
10. Файнзильберг Л.С. Основы фазаграфии [Текст]: [монографія] / Междунар. науч.-учеб. центр информ. технологий и систем НАН Украины и МОН Украины. Киев: Освіта України, 2017. 263 с.
11. Хоменко С.М. Аналіз розподілу даних за допомогою Excel. Навчально-методичний посібник. Черкаси: ПП Гордієнко Є.І., 2007. 99 с
12. Коваленко С.О., Стеценко А.І., Хоменко С.М. Статистичний аналіз експериментальних даних за допомогою Excel. Навчальний посібник. Черкаси: Видавничий відділ Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького, 2002. 114 с.
13. Хоменко С.М. Статистичні методи в природничих. Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2020. 109 с.
14. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич. П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Киев: МОРИОН, 2000. 320 с.
15. Stanton A.G. *Primer of Biostatistics*. New York: McGRAW-HILL Health Professions Division, 2000. 459.
16. Мінцер О.П., Потяженко М.М., Невойт Г.В. Короткий запис варіабельності ритму серця в клінічному обстеженні пацієнтів: навчальний посібник; серія «Системна медицина». Київ-Полтава, Інтерсервіс, 2022. 151 с.
17. Кокун О.М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності: Монографія. – К.: Міленіум, 2004. 265 с.
18. Багінська О.В. Особистісно орієнтоване навчання руховим діям дітей 5-6 років в умовах дошкільного навчального закладу : автореф. дис... канд. пед. наук. К., 2008. С 12.

### References

1. Korovina L., Zaporozhets T.M., & Kozakevych V.K. (2019). The influence of exogenous factors on somatic health and autonomic nervous regulation in children and youth: monograph. Poltava: "Education Infocomm", 1. (in Ukr.).
2. Kovalenko S.O., & Kudii L.I. (2016). Heart rate variability. Methodical aspects. Cherkasy: Cherkasy National University named after B. Khmelnytskyi, 298. (in Ukr.).
3. Lucini D., Norbiato G., & Clerice M. (2002). Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in humans. *Hypertension*. Vol. 39, №62. 184-188.
4. Berezhnoi V.V., Kozachuk V.H., & Orliuk I.B. (2006). New opportunities in the treatment of children with autonomic dysfunction // *Modern pediatrics: Scientific and practical. journal*. No1. 165-170. (in Ukr.).
5. Baevsky R.M., Petrov V.M., & Chernikova A.G. (1998). Regulation of autonomic nervous system in space and magnetic storms. *Advances in Space Research*. 22(2):227-34.
6. Verbenko M.M. (2010). The influence of graphomotor load on the functional state of the cardiovascular system in children 6-7 years old. *Herald of problems of biology and medicine*. Issue 1. 264-269. (in Ukr.).
7. Lucini D., Mela G.S., & Malliani A. et al. (2002). Impairment in cardiac autonomic regulation preceding arterial hypertension in humans. Insights from spectral analysis of beat-by-beat cardiovascular variability. *Circulation*. Vol. 106, No 19. 2673-2679.
8. Voropaiev D.S. & Yezhova O.O. (2012). Leading indicators of heart rate variability in adolescents as components of the vegetative component of the psychophysiological state. *Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies*. No. 2 (20). 3–10. (in Ukr.).

9. Lyzohub V.S., Khomenko S.M., & Bezcopylnyi O.P. (2019). Human neurodynamic properties and their research methods: monograph. Cherkasy: FOP Hordiienko Ye.I., 136. (in Ukr.).
10. Fajnzil'berg, L.S. (2017). Fundamentals of Phaseography [Text]: [Monograph] / Int. scientific-study. information center technologies and systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of Ukraine. Kiev: Osvita of Ukraine, 263 (in Rus).
11. Khomenko S.M. (2007). Analysis of data distribution using Excel. Educational and methodological manual. Cherkasy: PP Hordiienko Ye.I., 99. (in Ukr.).
12. Kovalenko S.O., Stetsenko A.I., & Khomenko S.M. (2002). Statistical analysis of experimental data using Excel. Tutorial. Cherkasy: Publishing Department of the Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi, 114. (in Ukr.).
13. Khomenko S.M. (2020). Statistical methods in natural sciences. Cherkasy: CHNU named after B. Khmelnytskyi, 109. (in Ukr.).
14. Lapach S.N., Chubenko A.V., & Babych. P.N. (2000). Statistical methods in medical and biological research using Excel. Kyiv: MORION, 320. (in Rus.)
15. Stanton A.G. (2000). Primer of Biostatistics. New York: McGRAW-HILL Health Professions Division, 459.
16. Mintser O.P., Potiazhenko M.M. & Nevoit H.V. (2022). A brief record of heart rate variability in the clinical examination of patients: a study guide; series "Systemic Medicine". Kyiv-Poltava, Interservice, 151. (in Ukr.).
17. Kokun O.M. (2004). Optimizing a person's adaptive capabilities: the psychophysiological aspect of ensuring activity: Monograph. - K.: Millennium, 265. (in Ukr.).
18. Bahinska O.V. (2008). Personally oriented training of motor actions of children 5-6 years old in the conditions of a preschool educational institution: autoref. Dis... Cand. ped. of science K., 12. (in Ukr.).

**A.S. Kolesnyk, L.I. Yukhymenko** *Relationship between vegetative and neurodynamic functions in children of 5-7 years*

**Introduction.** Primary education is the first level of complete general secondary education, the purpose of which is the comprehensive development of the child. It is important to remember that children of 6 years of age by morpho-functional development and maturation of brain structures are more similar to children of 5 years of age than to children of 7 years.

The year that separates 7-year-olds from 6-year-olds is significant, since significant psychophysiological development occurs during this period. Insufficient study of the individual-typological features of the nervous system of children and their psychophysiological development after the educational load and adaptation of the child to the new conditions of the child's educational process can provoke negative changes in all physiological systems of the body and lead to maladaptation.

**Purpose.** Establish the relationship of the regulatory mechanisms of the autonomous nervous system with the individual typological properties of the nervous system of children 5-7 years old, provided that the mental load is performed.

**Research methods.** The determination of the typological properties of the nervous system in children was carried out on the neurodynamic complex "Diagnost-1M" according to the method of Makarenko M.V. (2019). To analyze the state of the regulatory functions of the ANS on the heart rhythm, the phasagraphy method was used, which was carried out using the Fazagraf device.

**Main research results.** Revealed differences in the degree of activity of the autonomic nervous system depending on the mental load. For children 5-6 years old mental stress was excessive and provoked inconsistency in the regulation of the cardiovascular system. In children of 7 years of age, a concerted interaction of ANS and mental load was justified. The correlation of individual typological properties of the nervous system (FMNP and SNP) with ANS in children of preschool and primary school age has been established.

**Scientific novelty of the study results.** For the first time investigated and evaluated the features of the regulatory functions of the heart rate, depending on the typological properties of the nervous system examined in children 5-7 years old.

**Conclusions and specific projections.** For children 5 and 6 years old, excessive cognitive load causes inconsistency in the regulation of ANS. Physiological mechanisms of children 7 years of age can resist external stimuli and adapt to the rhythm of the task. Important and necessary in the organization of the educational process is the introduction of a personality-oriented approach in order to prevent fluctuations in physiological parameters.

**Key words:** heart rate variability; cognitive load; adaptation; autonomous nervous system; individual typological properties of the nervous system.

Одержано редакцією: 2.11.2023

Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 612.74.,612.886.,612.776.1.,612.1:796  
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-48-56

**Дамілола Олувасеївна Комолафе**

аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
ll.komolafe@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0279-0512>

**Михайло Михайлович Філіппов**

доктор біологічних наук, професор кафедри медико-біологічних дисциплін  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
filmish@ukr.net

<https://orcid.org/000-0001-5096-7445>

## **ПОРІВНЯННЯ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ, ЗА ЯКИМИ ВИЗНАЧАЮТЬ ФІЗИЧНУ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПІДЛІТКІВ І ДОРΟΣЛИХ В ЛАБОРАТОРНИХ ТА "ПОЛЬОВИХ" УМОВАХ**

*В статті розглядаються різноманітні прийоми та тести для оцінки працездатності нетренованих підлітків та юних спортсменів в порівнянні з нетренованими чоловіками. Дослідження фізичної працездатності в останні роки набуває все більш важливе значення. Хоча фізична працездатність являється спеціальним поняттям фізіологія праці, спорту, спортивної медицини, вона вивчається і в інших областях прикладної фізіології та медицини (підводна та космічна фізіологія, клінічна медицина та інше.). Метою даної роботи було провести порівняльну характеристику інформативності фізіологічних показників оцінки фізичної працездатності, отриманих в лабораторних умовах та за допомогою найбільш поширених непрямих методичних підходів. Було показано, що прямі вимірювання фізичної працездатності та максимального споживання кисню у підлітків відрізняються від непрямих відмінностями різної величини в залежності від стану тренуваності. Проведені синхронні побудови петель гістерезису ЧСС та показників газообміну (споживання кисню і виділення вуглекислого газу) показали, що переважна більшість параметрів петлі гістерезису серцевої діяльності з високим ступенем корелюють з параметрами газообміну ( $r=0,80-0,97$ ). Зазначено, що застосований на основі аналізу киснево-транспортної функції крові та режимів масопереносу кисню комплексний підхід до оцінки функціонального стану організму дозволяє не тільки отримати свідчення про ступінь фізичної тренуваності та працездатності, але також і виявити слабкі ланки в системі постачання організму киснем, визначити його резервні можливості.*

**Ключові слова:** *режими масоперенесення кисню та його споживання, м'язова діяльність, киснево-транспортна функція крові.*

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Результати даних досліджень отримані авторами при виконанні науково-дослідної роботи НУФВСУ (кафедра медико-біологічних дисциплін) на тему: "Особливості соматичних, вісцеральних і сенсорних систем у кваліфікованих спортсменів на різних етапах підготовки" (номер державної реєстрації 0116U001614).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо [1], що в 14-16 років у підлітків відбувається процес статевого дозрівання та пов'язана з цим перебудова нейро-гуморальної регуляції основних життєвих функцій організму. Однак, саме в цей період більшість підлітків починає регулярно займатися спортом. У зв'язку з цим відбір бажаючих в дитячі спортивні школи, а також побудова тренувального процесу потребують спеціальних знань фізіологічних особливостей цього вікового періоду, зокрема визначення функціональної можливості системи забезпечення організму киснем, яка зумовлює аеробну продуктивність.

Існують різноманітні прийоми та тести для оцінки працездатності [2]. У зв'язку з тим, що одним з найбільш легко визначаємих в процесі роботи функціональних показників є ЧСС,

багатьма дослідниками та практиками саме він враховується при визначенні працездатності. В результаті експериментальних досліджень [3] була виявлена лінійна залежність між ЧСС до 170 ск./хв та потужністю зовнішньої механічної роботи, тому що в цьому діапазоні у здорових людей знаходиться так звана зона оптимального функціонування серцево-судинної та респіраторної систем.

Одним із загальноприйнятих методів оцінки працездатності є визначення максимального споживання кисню (МСК). Цей показник розглядають як інтегральний для характеристики максимальної активності основних тканин і вегетативних функцій організму [4].

Пряме визначення МСК проводиться безпосередньо в лабораторних умовах, при цьому застосовуються ступенеподібні підвищення навантаження.

У зв'язку з тим, що таке визначення МСК потребує від дослідника певних знань та навичок, широке застосування оцінки працездатності таким методом не всім доступне. Більш широке розповсюдження отримали розрахунки МСК за формулою, яку запропонував В.Л. Карпман:  $МСК = 2,2 PWC_{170+} + 1070$ , мл/хв [5].

В останні десятиріччя отримав розповсюдження ще один метод - "гістерезисний", який враховує певне співвідношення ЧСС або іншого фізіологічного показника із зміною по заданому циклу потужності роботи (підвищення від нуля до заданої величини, а потім з такою ж швидкістю зниження до нуля) і дозволяє, крім значень механічної потужності та її похідних, характеризувати ефективність мобілізації фізіологічних резервів, енергетичного рівня організму і загальної фізичної працездатності, дає можливість здійснювати оцінку адаптаційних резервів організму спортсменів шляхом реєстрації змін ЧСС і потужності виконуваної роботи, які потім графічно зображують у вигляді так званої петлі гістерезису [6]. Найбільш інформативним, на наш погляд, може бути використаний підхід для оцінки функціонального стану організму, заснований на аналізі зміни дихання, кровообігу, кисневотранспортної функції крові (КТФК), режимів масопереносу кисню (РМК) та їх регулювання [7]. В якості тестових навантажень рекомендовано застосовувати наступні: 1) для виявлення максимальної анаеробної продуктивності – навантаження з МСК; 2) для виявлення максимальної ефективності та економічності РМК – навантаження зі споживанням кисню 40-50% МСК; 3) для виявлення максимальної анаеробної продуктивності – короткочасне (1-2 хв) навантаження субмаксимальної інтенсивності із споживанням кисню 80-85% МСК. При аналізі особлива увага приділяється змінам в перехідних режимах – від спокою до навантаження, від навантаження меншої інтенсивності до навантаження більшої інтенсивності, від навантаження до спокою (відновлювальний період).

**Мета дослідження.** Провести порівняльну характеристику інформативності фізіологічних показників оцінки фізичної працездатності, отриманих в лабораторних умовах та з допомогою найбільш поширених непрямих методичних підходів.

**Об'єкт і методи дослідження.** Проводили порівняння прямих і непрямих підходів для визначення  $PWC_{170}$  та МСК, аналізували зміст "гістерезисного" методу оцінки адаптаційних резервів організму, а також проводили комплексну оцінку функціональних можливостей організму, засновану на аналізі зміни дихання, кровообігу, КТФК, РМК та їх регулювання.

Обстежено 14 нетренованих підлітків 15-16 років, 16 юних велосипедистів та 18 нетренованих чоловіків 21-26 років за допомогою сучасних методів для визначення споживання кисню, киснево-транспортної функції крові, РМК та їх компонентів.

У відповідності з принципами Гельсінської декларації всі досліджувані дали письмову інформовану згоду на обстеження.

Використовували наступне обладнання: регістратор ЧСС «Polar, Фінляндія»), газоаналізатор MX 6202 (Україна), волюметр 45084 (Німеччина), велоергометр (Monark, Швеція,) двохкоординатний самописець ДКС-2 для побудови гістерезисної побудови ЧСС.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Як виявилось (табл. 1), потужність роботи, яка розрахована за тестом  $PWC_{170}$  та зафіксована безпосередньо, були незначно, але різними. Розбіжність у величинах потужності, отриманої двома способами, склала в середньому від 14,1 до 29,4%. Найбільшою різниця була для юних спортсменів. Це свідчить про те, що тест  $PWC_{170}$  не зовсім придатний для точних кількісних визначень фізичної працездатності підлітків - спортсменів. Для нетренованих вона може бути використана для загальної характеристики підвищення працездатності.

**Таблиця 1**

Показники потужності роботи, отримані за тестом  $PWC_{170}$  та безпосередньо зафіксовані в лабораторних умовах

Показники / Вікові групи	Потужність розрахована за тестом $PWC_{170}$	Потужність zareєстрована при ЧСС 170 уд./хв.	$\Delta$ *) %
	Вт	Вт	
Нетреновані підлітки	141	163	14,0
Нетреновані чоловіки	178	218	12,2
Юні велосипедисти	153	218	29,9

Проведені зрівняння значень показників МСК, отриманих в лабораторних умовах та розрахованих за формулою В.Л. Карпмана використовуючи результати тесту  $PWC_{170}$ , показали достатньо високу схожість результатів у нетренованих підлітків і чоловіків, але для юних велосипедистів різниця значень виявилася високою (табл. 2). Останнє свідчить про те, що необхідно обережно відноситись до інтерпретації результатів оцінки фізичної працездатності юних спортсменів, отриманих розрахунковим методом. Тобто, у тих випадках, коли розрахункові значення МСК використовуються для аналізу переваг аеробних процесів у спортсменів, які конкурують у відборі кращих, а також коли вони включаються в аналіз наукових інтерпретацій, після яких фахівці формулюють певні висновки, можна вважати такими, що не відповідають дійсності.

**Таблиця 2**

Порівняння значень МСК за формулою В.Л. Карпмана та виміряних прямим методом у різних груп осіб, які виконували роботу на велоергометрі

Вікові групи	Розраховане значення		Виміряне значення		$\Delta$ *) %
	мл/хв	мл/хв.кг	мл/хв	мл/хв.кг	
Нетреновані підлітки	2100	36,3	2260	39,3	6,15
Нетреновані чоловіки	2550	35,0	2715	38,8	9,41
Юні велосипедисти	2420	37,2	3025	45,8	19,9

Ми проаналізували взаємозв'язок змін ЧСС і потужності виконуваної роботи, які потім графічно зображуються у вигляді так званої петлі гістерезису.

Тестування проводиться у такій послідовності: рівномірно підвищують потужність (наприклад, кожну хв. на 33 Вт) до точки реверсу (наприклад, 230 Вт) із поверненням (із заданою швидкістю) до нуля. З допомогою двохкоординатного самописця або графічно будується петля гістерезису (приклад представлений на рис. 1). Початок зниження потужності (реверс) задається або за досягненням певної потужності роботи (наприклад, 230 Вт), або за значенням фізіологічного параметру (наприклад, ЧСС=150 с/хв).

На підставі аналізу петлі гістерезису "потужність - ЧСС» здійснюється оцінка різних компонентів як фізіологічної реакції організму, так і характеристик, що визначають



потужність роботи (рис. 2). У структурі петлі виокремлюють кілька діагностичних ділянок (фаз), за аналізом різних компонентів яких і оцінюють адаптаційні можливості організму.

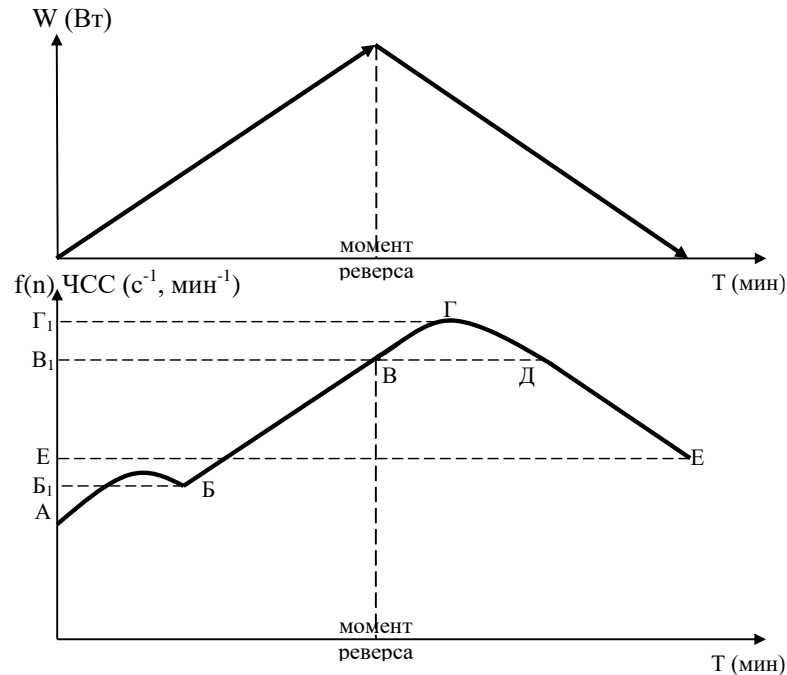


Рис. 1. Динаміка потужності виконуваної роботи (верхня частина рисунку) та ЧСС (нижня частина) в процесі тестування.

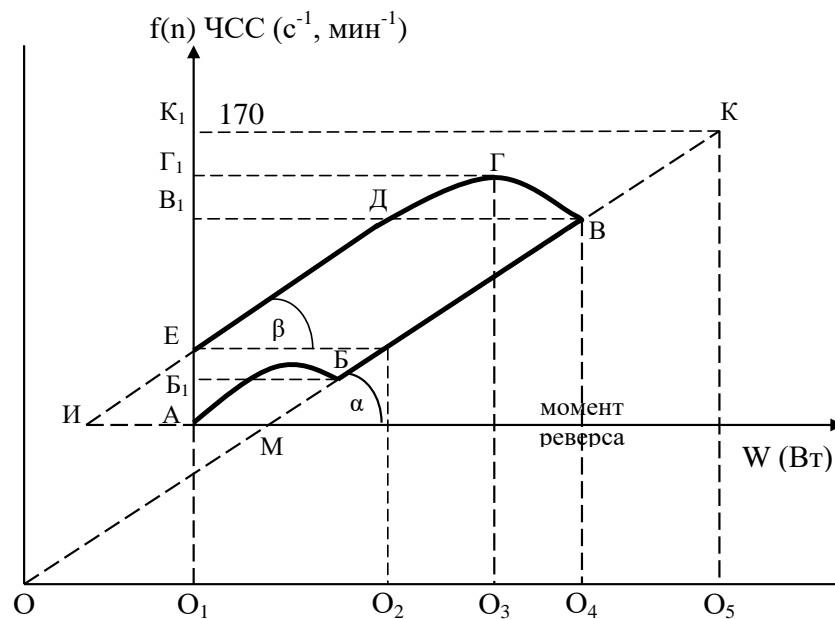


Рис. 2. Петля гістерезису в абсолютній системі координат

Основними фазами є наступні:

1. Гетероакселераційна - ділянка АБ, характеризує процес впрацьовування, що обумовлений вихідним станом організму.

2. Ізоакселераційна фаза - ділянка БВ, характеризує сталість збільшення ЧСС у відповідь на приріст потужності. Котангенс кута нахилу цієї ділянки від ізолінії до осі «Х» відображає індивідуальний характер функціональних резервів організму.

3. Гетероакселераційна фаза ВД, відображає динаміку використання функціональних резервів організму на початковому етапі зниження потужності. Кінцева точка цієї ділянки характеризує максимальне значення фізіологічного параметру.

4. Ізоакселераційна фаза ДЕ, характеризує сталість зміни фізіологічного параметру при зниженні потужності роботи. Котангенс кута нахилу ділянки ДЕ до осі «Х» відображає характер функціонального стану організму, який визначається потужністю роботи, швидкістю відновлювальних процесів і станом адаптованості організму.

Оскільки усі точки обох ізоакселераційних фаз БВ і ДЕ характеризуються сталістю фізіологічного параметру при зміні потужності роботи, то відповідно, що площа, яка обмежена петлею гістерезису, буде відповідати «внутрішній роботі» організму (навантаженню). Якщо б організм не був змушений здійснювати внутрішню роботу, нисхідна частина петлі співпала б з висхідною. Сама петля відображає першу похідну мобілізації функціональних резервів адаптації організму, тоді як його площа - другу похідну цієї мобілізації [8].

Графічне зображення петлі гістерезису дає можливість виділити ряд показників, що характеризують особливості мобілізації функціональних резервів організму в процесі термінової адаптації до фізичної роботи, а також оцінити компоненти фізичної працездатності. Усі результати тестування згруповані логічно і піддаються комп'ютерній обробці із застосуванням кластерного аналізу

Виділяються наступні показники тестування.

*I. Показники, що характеризують функціональну пробу:*

1. швидкість зміни потужності механічної роботи представляє собою постійну величину - плавно на 33 Вт на хвилину;
2. потужність реверсу характеризує функціональну пробу, якщо момент реверсу заздалегідь планується за значенням потужності механічної роботи;
3. значення фізіологічного параметру (наприклад, ЧСС=150 ск./хв.) в момент реверсу: характеризує функціональну пробу, якщо реверс встановлюється за значенням фізіологічного показника.

*II. Показники, що характеризують напруження організму за значенням фізіологічного параметру:*

1. початкове ЧСС, на рис.2 - точка А;
2. порогове ЧСС - точка Б1: характеризує початок ізоакселераційної навантажувальної фази;
3. ЧСС в момент реверсу - точка В1;
4. максимальне ЧСС - точка Г1;
5. ЧСС у момент закінчення роботи - точка Є;
6. середнє значення ЧСС за весь період виконуваної роботи.

*III. Показники ефективності мобілізації резервів:*

1. швидкість розподілу стану напруження організму в процесі роботи - визначається площею АБВГДЕА, характеризує мобілізацію функціональних резервів організму;
2. швидкість розподілу напруження - визначається площею ВГДВ;
3. період інерції - коли після реверсу ще спостерігається підвищення ЧСС і характеризує час інерційності регуляторних механізмів.

*IV. Показники енергетичних процесів організму):*

1. зовнішня робота, що відповідає нормованому значенню фізіологічного параметру (наприклад, одному серцевому скороченню) при зростанні потужності роботи (являє собою котангенс кута  $\alpha$  - відношення ОО4 до О1В);
2. зовнішня робота, що відповідає нормованому значенню фізіологічного параметру при закінченні роботи. Являє собою котангенс кута  $\beta$ - відношення ІА до АЕ);
3. напруженість організму перед навантаженням – відрізок ОО;
4. напруженість організму в момент реверсу - відрізок ОО4);
5. рівень напруженості організму в момент припинення фізичної роботи - відрізок ОО2;

6. максимальний рівень напруженості організм - половина довжини;
7. приріст рівня напруженості організму під впливом функціональної проби -  $OO_2 - OO_1$ ;
8. коефіцієнт корисної дії мобілізації функціональних резервів організму (ККД,%, визначається відношенням  $OIO_4$  до половини довжини петлі);
9. значення рівня активації організму в стані перед роботою – відрізок  $AM$ ;
10. значення рівня активації організму при закінченні фізичної роботи - відрізок  $IA$ , характеризує рівень напруження організму.

Момент реверсу потужності роботи може здійснюватися або при досягненні запланованої величини потужності, або при досягненні певного значення фізіологічного параметру. Найбільш адекватним при тестуванні осіб, які явно відрізняються за рівнем адаптованості, слід вважати використання другого варіанту, тому що в цьому випадку фізіологічна ціна навантаження буде однаковою для всіх категорій осіб, що проходять тестування. Для зіставлення результатів тестування в цьому випадку враховується зовнішня механічна робота, яка визначається значенням всіх показників, що залежать від обсягу її виконання (довжина, площа петлі і їх похідні).

Для доказу інформативності даного методу були проведені синхронні побудови петель гістерезису ЧСС та показників газообміну (споживання кисню і виділення вуглекислого газу), які показали, що переважна більшість параметрів петлі гістерезису серцевої діяльності з високим ступенем корелюють з параметрами газообміну ( $r=0,80-0,97$ ). Проведений інтеркореляційний аналіз показав, що описані вище параметри петлі гістерезису майже не пов'язані один з одним (коефіцієнти кореляцій не перевищують 0,3), що вказує на їх самостійну інформативність і можливість з їх допомогою оцінювати різні сторони системної мобілізації функціональних резервів організму при м'язовій діяльності.

Комплексний підхід з аналізом КТФК та РМК дозволив виявити ланки, що обмежують постачання організму киснем та пов'язану з ним працездатність.

В якості зображення переваг комплексного методу наведемо порівняння змін РМК двох юних спортсменів однакової кваліфікації, у яких максимальна швидкість споживання кисню була майже однаковою (рис. 3), хоча функції дихання, кровообігу та механізми, що забезпечують її були різними.

Так, більш низька швидкість транспорту кисню змішаною венозною кров'ю у юного спортсмена В. свідчила про кращу утилізацію кисню працюючими м'язами. Низька напруга тут кисню вказувала про більший ступінь тканинної гіпоксії. Більш економічною у спортсмена В. виявилась функція зовнішнього дихання (високий коефіцієнт використання кисню в тканинах та низький вентиляційний еквівалент (рис. 4).

Краща утилізація кисню тканинами та більша економічність зовнішнього дихання призвели до того, що у спортсмена В. РМК в цілому виявився більш ефективним. Аналіз зміни КТФК показав, що однакова швидкість транспорту кисню артеріальною кров'ю у юних спортсменів Л. та В. досягалась по різному.

У спортсмена Л. киснева ємність крові (КЄК) була на 1,9% більшою, крім того, артеріальна кров краще була насичена киснем, що призвело до більш високого вмісту кисню в артеріальній крові (19,8 об% у Л. та 15,1 об% у В.). При цьому хвилинний об'єм крові (ХОК) у Л. був дещо меншим, що зумовило більш низький НЕ. Більший ХОК у В. досягався здатністю серця забезпечувати ударний об'єм (УО), до 156 мл, що на 44 мл було вище, ніж у Л. Збільшення ХОК можна розглядати як компенсуючий механізм, що дозволив організму спортсмена В. при невисокій КЄК забезпечити необхідну швидкість транспорту кисню артеріальною кров'ю до тканин.

Таким чином, юний спортсмен В., не дивлячись на більш низьку оксигенацію крові та меншу КЄК, відрізнявся більшою ефективністю РМК, значною здатністю утилізації кисню тканинами. Краща підготовленість В. підтвердилась в подальшому кращими спортивними результатами.

Очевидно, що для підвищення аеробної продуктивності цього спортсмена, рекомендували застосувати заходи та засоби, які спрямовані на підвищення кисневої ємності крові – тренування в гірських умовах, препарати, які підвищують кількість гемоглобіну. Вказані фактори можуть додатково збільшити споживання кисню у юного спортсмена В. на 350-500 мл/хв.

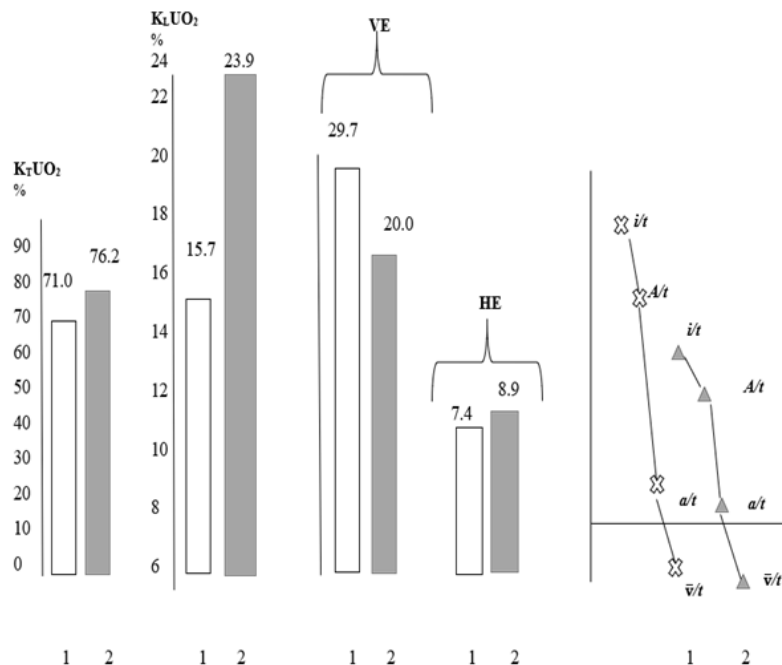


Рис. 3. Каскади швидкості та інтенсивності ( $qO_2$ ) надходження кисню до легень (i), альвеол (A), транспортування його артеріальною (a) та змішаною венозною кров'ю відповідне значення  $PO_2$  на цих етапах у юних спортсменів Л. (1) та В. (2) при МСК

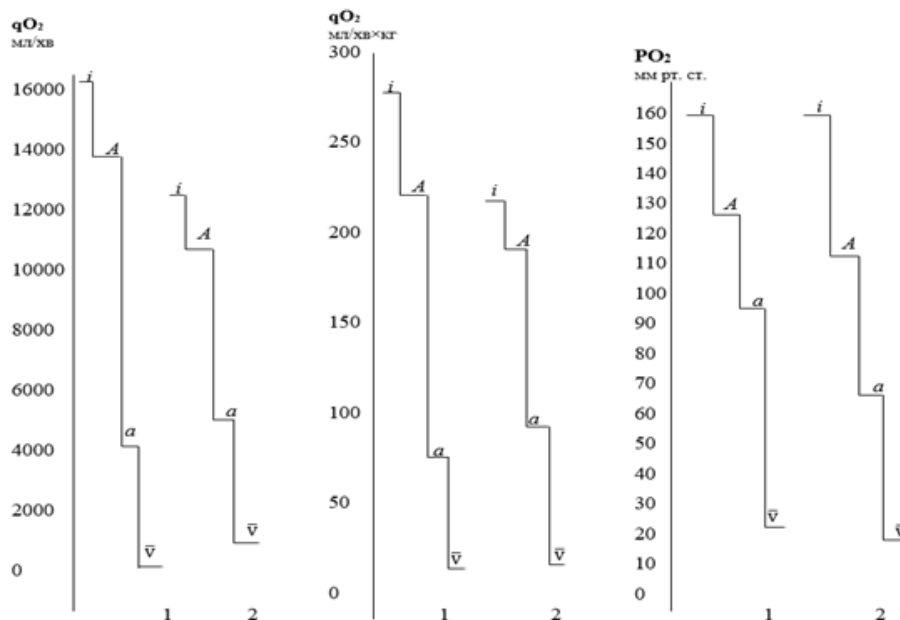


Рис. 4. Коефіцієнти утилізації кисню тканинами ( $KU_T O_2$ ) та використання в легенях ( $KU_L O_2$ ), вентиляційний (VE) та гемодинамічний (HE) еквіваленти, а також параметри ефективності РМК у юних велосипедистів Л. (1) та В. (2) при МСК

**Висновки.** Наведені приклади показують, що комплексний підхід до оцінки функціонального стану дозволяє не тільки отримати свідчення про ступінь фізичної тренуваності та працездатності, але також і виявити слабкі ланки в системі постачання організму киснем.

Вважаємо, що проведений фізіологічний аналіз різних прямих і непрямих методів розширює наші уявлення про можливості оцінювання не тільки фізичної працездатності підлітків, але і знайомить з методичними підходами до визначення факторів, які її обмежують і від яких залежать функціональні резерви організму.

**Перспективи подальших досліджень.** Більш детальне питання оцінки працездатності організму може бути предметом подальших досліджень.

### Список використаної літератури

1. Филиппов М.М., Давиденко Д.Н. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности. Санкт-Петербург-Киев: БПА, 2010.
2. Давиденко Д.М., Філіппов М.М. Метод оцінювання показників, що характеризують резервні можливості організму спортсменів, за аналізом залежності: параметри механічної роботи – зміна фізіологічного параметру/Д.М.Давиденко, М.М.Філіппов //Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2011. – №20(1). – С.20-29
3. Мурза В.П., Філіппов М.М. Методи функціональних досліджень у фізичній реабілітації та спортивній медицині. Навчальний посібник. Київ: У-т «Україна», 2021. 95 с
4. Карпман В.Л., Гудков И.А., Койдинова Г.А. Непрямое определение максимального потребления кислорода у спортсменов высокой квалификации. Теория и практика физ. культуры. – 1972. – № 1. – С. 37–41
5. Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г. PWC170 – проба для определения физической работоспособности // Теория и практика физической культуры. – 1969. – № 10. – С. 37.
6. Філіппов М.М. Порівняння інформативності різних методів визначення фізичної працездатності спортсменів / М.М. Філіппов, В.В. Сосновський // Науковий часопис [Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова]. Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). – 2017. - Вип. 3К. – С. 482-485.
7. Ivanets OB, Kosheva LO. Approach to the evaluation of the functional state of the human body taking into account the variability of medical and biological indicators. Abstract of 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL); 2019; Sozopol, Bulgaria; 2019. p. 661-665. DOI: 10.1109/CAOL46282.2019.9019500.
8. Louizos C, Yáñez JA, Forrest ML, Davies NM. Understanding the Hysteresis Loop Conundrum in Pharmacokinetic / Pharmacodynamic Relationships. J Pharm Amp Pharm Sci. 2014;17(1):34. DOI: 10.18433/j3gp53.

### References

1. Filippov MM, Davidenko DM. Fiziologicheskiye mekhanizmy razvitiya i kompensatsii gipoksii v protsesse adaptatsii k myashechnoy deyatel'nosti. Kyiv: BPA; 2010. 268 s.
2. Davidenko DM, Filippov MM. Metod otsinyuvannya pokaznykiv, scho karakterizuyut' rezervni mozhlyvosti orhanizmu sportsmeniv, za analizom zalezhnosti: parametry mekhanichnoyi roboti – zmina fiziolozhichnoho parametru. Akt. problemy fiz. kul'tury i sportu. 2011;20(1):20-9. [in Ukrainian].
3. Murza VP, Filippov MM. Metody funktsional'nykh doslidzhen' u fizychniy reabilitatsiyi ta sportyvniy medytsyni. Kyiv: Un-t "Ukrayina"; 2001. 95 s. [in Ukrainian].
4. Karpman VL, Gudkov IA, Koydinova GA. Nepryamoe opredeleniye maksimal'nogo potrebleniya kisloroda u sportsmenov vysokoy kvalifikatsii. Zhurn Teor i praktyk fizychnoy kul't. 1972;(10):37-41.
5. Karpman VL, Belotserkovskiy ZB, Lyubina BG. PWC 170 - proba dlya vyznachennya fizychnoy pratsesposobnosti. Zhurn Teor i praktyk fizychnoy kul't. 1969;(10):37-9. [in Ukrainian].
6. Filippov MM, Sosnovs'kyi VV. Porivnyannya informatyvnosti riznykh metodiv vyznachennya fizychnoy pratsesposobnosti sportsmeniv. Nauk. chasopys NPU im MP Dragoman. 2017;(3):482-5. [in Ukrainian].
7. Ivanets OB, Kosheva LO. Approach to the evaluation of the functional state of the human body taking into account the variability of medical and biological indicators. Abstract of 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL); 2019; Sozopol, Bulgaria; 2019. p. 661-665. DOI: 10.1109/CAOL46282.2019.9019500.
8. Louizos C, Yáñez JA, Forrest ML, Davies NM. Understanding the Hysteresis Loop Conundrum in Pharmacokinetic / Pharmacodynamic Relationships. J Pharm Amp Pharm Sci. 2014;17(1):34. DOI: 10.18433/j3gp53.

***Komolafe D. O., Filippov M. M. Comparison of Physiological Indicators that Determine the Physical Capacity of Teenagers and Adults in Laboratory and "Field" Conditions***

*The article explores various methods and tests for assessing the performance of untrained teenagers and young athletes in comparison to untrained males. The main goal of this work is to conduct a comparative analysis of the informativeness of physiological indicators used to assess physical performance, which are measured both in laboratory conditions and with the help of the most common indirect methods.*

*The results show that direct measurements of physical performance and maximal oxygen consumption of teenagers differ from results obtained using indirect methods, and this difference may depend on the level of physical training.*

*The study also showed that many parameters of cardiac activity obtained from the analysis of heart rate hysteresis loops correlate with parameters of gas exchange, such as oxygen consumption and carbon dioxide excretion.*

*Based on the analysis of the function of oxygen transport in the blood and modes of oxygen mass transfer, a comprehensive approach is used to assess the functional state of the body. This approach allows not only to determine the level of physical training and work capacity, but also to identify possible problems in the body's oxygen supply system and to determine the reserve capabilities of the body in this regard.*

*In addition, the article notes that an important part of assessing the functional state of the body is the analysis of the oxygen transport function of the blood. This aspect makes it possible to study in detail how blood transports oxygen to working tissues. This is important because the correct supply of oxygen is a crucial component of physical performance.*

*Also, an important conclusion of the article is that a comprehensive approach to assessing the functional state of the body can be useful for identifying weaknesses in the oxygen supply system. This can help athletes and coaches improve their training programs and ensure optimal physical activity that can improve their performance. Such an approach can also be useful in medical research and planning of therapeutic measures to correct disorders of oxygen metabolism. Summarizing, this article emphasizes the importance of an integrated approach to the assessment of physical performance and the use of blood function analysis and mode of oxygen mass transfer to obtain more complete information about the functional state of the body.*

**Key words:** *oxygen mass transfer regimes and consumption, muscular activity, oxygen transport function of blood.*

Одержано редакцією: 5.12.2023  
Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 633.31/37:631.95: 631.811.98: 581.132  
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-57-65

**Олександр Олександрович Коробко**

кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач  
Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького  
a.korobko1990@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4111-9003>

**Ольга Григорівна Зубенко**

кандидат біологічних наук, старший викладач  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
zubenko\_76@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3222-4298>

**Тетяна Петрівна Новікова**

кандидат сільськогосподарських наук, викладач  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини seminukt@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8177-9698>

**Юрій Васильович Мелешко**

в.о. директора Черкаської філії ДУ «Держгрунтохорона»  
cherkasy@iogu.gov.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-6644-7638>

## **ЧИСЕЛЬНІСТЬ ОКРЕМИХ ГРУП ҐРУНТОВОЇ МІКРОБІОТИ ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДУ, РЕГУЛЯТОРА РОСТУ РОСЛИН І МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ В РИЗОСФЕРІ НУТУ**

*У статті наведено результати з дослідження впливу різних норм гербіциду Панда, регулятора росту рослин Стимпо і мікробного препарату Ризобофіт на формування площі ґрунтової мікробіоти посівів нуту сорту Пам'ять. З'ясовано, що загальна чисельність бактерій ризосфери нуту варіює в залежності від погодних умов та від використання різних норм гербіциду Панда окремо і в комплексі з біологічними препаратами. В результаті проведених досліджень встановлено найбільш ефективне поєднання препаратів, що забезпечує істотне збільшення активності ґрунтової мікробіоти і як наслідок якості продуктивності посіву нуту.*

**Ключові слова:** нут, ґрунт, мікробіота, мікроорганізми, гербіцид, регулятор росту рослин, мікробний препарат.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій.** Низка досліджень присвячена з'ясуванню механізму формування симбіотичний комплекс із бульбочковими бактеріями виду, формуючи азотфіксувальні бульбочки і здатні засвоювати молекулярний азот. Багаті на азот кореневі залишки, солома нуту добре розкладаються у поверхневому шарі ґрунту, збагачуючи його поживними речовинами [1, 2]. Знаходячись під впливом різного за часом, інтенсивністю, масштабом ксенобітичного навантаження, ґрунт має зміни перебігу ґрунтових процесів, що призводять до порушення у функціонуванні мікробних угруповань. Кількісний та якісний склад ґрунтової мікробіоти віддзеркалює ступінь антропогенного навантаження, тому може використовуватися як діагностичний показник при оцінці екологічного стану ґрунтів сільськогосподарського призначення [3].

Як відмічають науковці [4, 5, 6], зниження фітотоксичності гербіцидів на бобово-ризобіальний апарат може бути досягнуто в результаті інтегрованого їхнього застосування з регуляторами росту рослин та мікробними препаратами. Ряд вчених відмічали позитивну дію біологічних препаратів стосовно підвищення стресостійкості посівів та в зростанні активності бобово-ризобіального апарату [4–5]. Однак пошук механізму, який визначає ризосферну взаємодію макро- і мікроорганізмів, активізацію метаболічних процесів у рослинах,

підвищення виділення нею ексудатів у ґрунт, стимулювання розвитку мікроорганізмів для утилізації кореневих ексудатів та посилення мікробіологічної активності ґрунту має зайняти чільне місце [7].

Зважаючи на це, важливим напрямком дослідження інтегрованої дії хімічних і біологічних препаратів є з'ясування активності мікробних угруповань, які формують корисну мікробіоту ґрунту та беруть участь у перетворенні речовин у доступні форми для живлення рослини.

**Мета:** з'ясувати вплив різних норм гербіциду Панда, внесених окремо та по фоні обробки насіння біологічними препаратами – регулятором росту рослин Стимпо і мікробним препаратом Ризобофіт, на формування мікробіоти бобово-ризобіального апарату нуту сорту Пам'ять.

**Матеріали та методи дослідження.** Експериментальну частину роботи виконано упродовж 2015 – 2017 рр. у польових умовах навчально-виробничого відділу та науково-дослідної лабораторії кафедри мікробіології, біохімії і фізіології рослин Уманського національного університету садівництва. Схема досліду включала варіанти з використанням гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га (діюча речовина – пендиметалін [8] ) окремо і по фоні обробки насіння – регулятором росту рослин (PPP) Стимпо у нормі 0,025 л/т (комплекс біологічно-активних сполук [9] ), мікробним препаратом (МБП) Ризобофіт у нормі 1,0 л/т (бактерії родини *Rhizobiaceae* штаму ST 282 [10] ) та сумішню регулятором росту рослин Стимпо і мікробним препаратом Ризобофіт у тих же нормах у посівах нуту сорту Пам'ять [11, 12]. Площа облікової ділянки складала 42 м<sup>2</sup>, повторення досліду – триразове з систематичним розміщенням варіантів. Фактор А – вплив гербіциду Панда в різних нормах (3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га), Фактор В – вплив біологічно активних речовин (регулятор росту рослин Стимпо та мікробний препарат Ризобофіт [13].

Облік і дослідження згідно методик, описаних З. М. Грицаєнко із співавторами [14]. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методами дисперсійного аналізу, викладеними Б. А. Доспеховим [15].

**Результати та їх обговорення.** Результати обліків загальної чисельності бактерій у ризосфері нуту показали, що вона варіювала як за роками, так і в залежності від використання різних норм гербіциду Панда, внесених окремо та на фоні обробки насіння PPP Стимпо і МБП Ризобофіт (табл. 1). Так, за дії лише гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0 і 6,0 л/га загальна чисельність бактерій у 2015 р. зростала відносно контролю I на 27; 45; 43 і 35%; за внесення гербіциду в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) – 34; 55; 48; 45% відповідно, а на фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) – 52; 65; 61; 54%.

За комплексного використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) з мікробним препаратом Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фоні гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га загальна чисельність бактерій нуту зростала на 68; 108; 80 і 55% відносно варіанту без застосування препаратів (контроль I).

Аналогічна залежність із формуванням загальної чисельності мікроорганізмів у ризосфері нуту простежувалася і в 2016 та 2017 роках. Так, у 2016 р. за самостійної дії PPP Стимпо та МБП Ризобофіт збільшення кількості бактерій складало до контролю 21 і 26%. За сумісної дії цих же препаратів кількість бактерій у ризосфері нуту зростала на 48%. За дії біологічних препаратів сумісно з гербіцидом відмічалось максимальне зростання чисельності бактерій. Так, за дії гербіциду Панда 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га на фоні МБП Ризобофіт (1,0 л/т) + PPP Стимпо (0,025 л/т) загальна чисельність бактерій ризосфери нуту зростала на 35; 94; 40 і 30%.

У 2017 році відмічалася подібна залежність у розвитку бактерій ризосфери нуту. Так, за самостійної дії PPP Стимпо та МБП Ризобофіт збільшення кількості бактерій складало до контролю 27 і 30%, а за сумісної дії – 37%. За дії біологічних препаратів сумісно з гербіцидом



відмічалася максимальне зростання чисельності бактерій. Так, за дії гербіциду Панда 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га сумісно з МБП Ризобофіт (1,0 л/т) + РРР Стимпо (0,025 л/т) загальна чисельність бактерій ризосфери нуту зростала на 70; 124; 71; 51% відповідно.

Таблиця 1

Загальна чисельність бактерій ( $10^3$  КУО/г ґрунту) у ризосфері нуту залежно від застосування гербіциду Панда, РРР Стимпо і МБП Ризобофіт (фаза цвітіння)

Гербіцид	Біологічний препарат	2015 р.	2016 р.	2017 р.
Без гербіциду	без біологічних препаратів (контроль I)	773	1066	701
	без біологічних препаратів + ручні прополювання (контроль II)	879	1174	757
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	992	1339	912
	РРР Стимпо 0,025 л/т	884	1285	888
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	1213	1576	959
Панда 3,0 л/га	без біологічних препаратів	984	1357	956
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	1170	1422	1003
	РРР Стимпо 0,025 л/т	1039	1296	997
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	1298	1439	1192
Панда 4,0 л/га	без біологічних препаратів	1123	1552	1067
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	1272	1884	1339
	РРР Стимпо 0,025 л/т	1197	1665	1461
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	1610	2064	1570
Панда 5,0 л/га	без біологічних препаратів	1107	1384	955
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	1241	1422	1173
	РРР Стимпо 0,025 л/т	1144	1393	1105
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	1390	1494	1196
Панда 6,0 л/га	без біологічних препаратів	1044	1237	936
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т	1189	1333	1020
	РРР Стимпо 0,025 л/т	1105	1255	1007
	МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т	1195	1384	1059
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	76	85	98

У 2017 році відмічалася подібна залежність у розвитку бактерій ризосфери нуту. Так, за самостійної дії РРР Стимпо та МБП Ризобофіт збільшення кількості бактерій складало до контролю 27 і 30%, а за сумісної дії – 37%. За дії біологічних препаратів сумісно з гербіцидом відмічалася максимальне зростання чисельності бактерій. Так, за дії гербіциду Панда 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га сумісно з МБП Ризобофіт (1,0 л/т) + РРР Стимпо (0,025 л/т) загальна чисельність бактерій ризосфери нуту зростала на 70; 124; 71; 51% відповідно.

У середньому за три роки досліджень за самостійної дії МБП Ризобофіт та РРР Стимпо спостерігалася зростання загальної чисельності бактерій у ризосфері нуту відносно контролю I на 28 і 20% відповідно. За сумісної дії МБП Ризобофіт і РРР Стимпо загальна чисельність бактерій зростала на 48% (рис. 1).

Дія гербіциду Панда на загальну чисельність бактерій в ризосфері нуту залежала від норми внесення препарату. Так, за самостійної дії гербіциду в нормах 3,0 та 4,0 л/га кількість бактерій відносно контролю I збільшувалась в середньому на 30–47%, за норм 5,0 і 6,0 л/га – 35 та 27% відповідно.

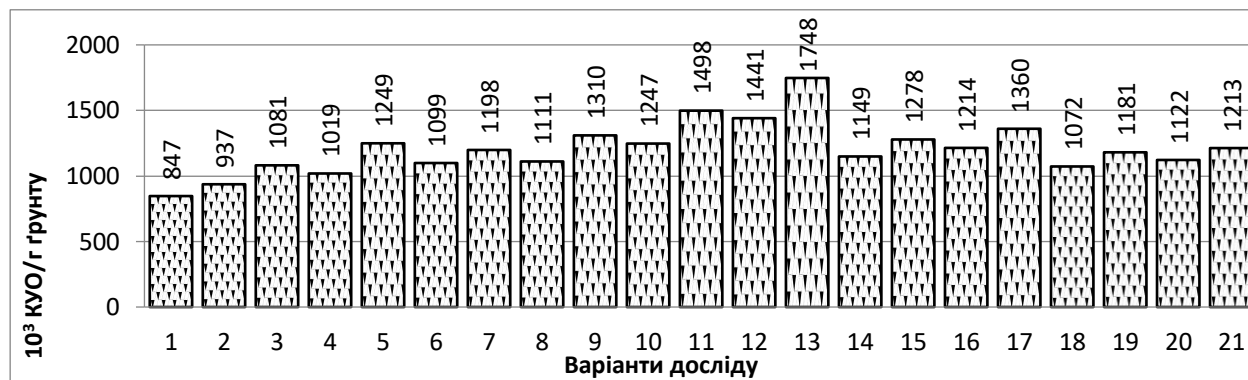


Рис 1. Загальна чисельність бактерій у ризосфері нуту залежно від застосування гербіциду Панда, РРР Стимпо і МБП Ризобофіт (фаза цвітіння, середнє за 2015–2017 рр.):

1. Без використання біологічних препаратів і гербіциду (контроль I); 2. Без використання біологічних препаратів і гербіциду + ручні прополювання упродовж вегетації (контроль II); 3. МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 4. РРР Стимпо 0,025 л/т; 5. МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 6. Панда 3,0 л/га; 7. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 8. Панда 3,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 9. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 10. Панда 4,0 л/га; 11. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 12. Панда 4,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 13. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 14. Панда 5,0 л/га; 15. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 16. Панда 5,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 17. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 18. Панда 6,0 л/га; 19. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 20. Панда 6,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 21. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т.

За сумісної дії МБП Ризобофіт (1,0 л/т) і РРР Стимпо (0,025 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0–4,0 л/га кількість бактерій ризосфери нуту зростала до контролю I на 55–106%. За сумісного використання МБП Ризобофіт (1,0 л/т) і РРР Стимпо (0,025 л/т) та внесення наступних норм гербіциду Панда (5,0 та 6,0 л/га) кількість бактерій ризосфери нуту зростала до контролю I на 61 і 43%.

Аналіз окремих еколого-трофічних груп мікроорганізмів у ризосфері нуту показав, що їх кількість також залежала від використання різних норм гербіциду Панда, внесених окремо і на фоні обробки перед сівбою насіння РРР Стимпо і МБП Ризобофіт (табл. 1.2). Так, за дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га кількість целюлозолітичних мікроорганізмів у ризосфері нуту в 2015 р. зроста до контролю I на 15; 15; 4 і 1%, кількість амоніфікувальних мікроорганізмів – на 1; 3; 2 і 2%, нітрифікувальних – 6; 8; 7 і 5%, відповідно. Застосування ручних прополювань упродовж вегетаційного періоду сприяло зростанню у ризосфері нуту целюлозолітичних мікроорганізмів на 9%, амоніфікувальних – на 6%, нітрифікувальних – на 8% відповідно до контролю I.

Внесення гербіциду Панда в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) сприяло збільшенню кількості целюлозолітичних мікроорганізмів на 20; 40; 30; 25%, амоніфікувальних – на 3; 10; 4 і 6%, нітрифікувальних – 6; 11; 10 і 6% відповідно до контролю I.

На фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення гербіциду Панда в таких же нормах кількість целюлозолітичних мікроорганізмів зростала на 25; 74; 37; 28%, амоніфікувальних – на 21; 31; 13 і 21%, нітрифікувальних – 33; 79; 17 і 15%, відповідно.

Комплексне використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) з мікробним препаратом Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0 та 6,0 л/га стимулювало зростання кількості целюлозолітичних мікроорганізмів у



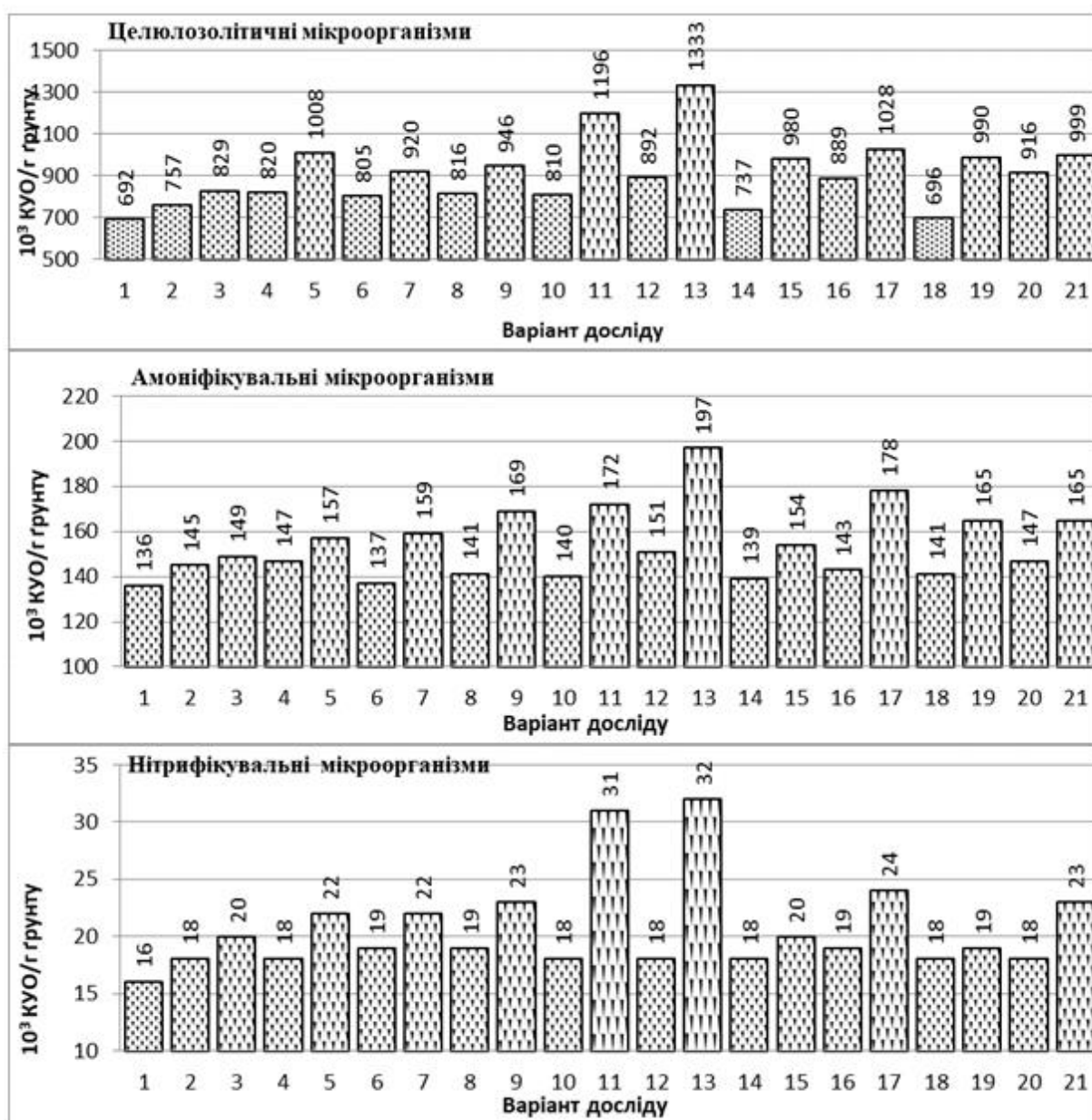


Рис. 2. Чисельність еколого-трофічних груп ( $10^3$  КУО/г ґрунту) у ризосфері нуту залежно від застосування гербіциду Панда, РРР Стимпо і МБП Ризобофіт (фази цвітіння, середнє за 2015–2017 рр.):

1. Без використання біологічних препаратів і гербіциду (контроль I); 2. Без використання біологічних препаратів і гербіциду + ручні прополовання упродовж вегетації (контроль II); 3. МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 4. РРР Стимпо 0,025 л/т; 5. МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 6. Панда 3,0 л/га; 7. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 8. Панда 3,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 9. Панда 3,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 10. Панда 4,0 л/га; 11. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 12. Панда 4,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 13. Панда 4,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 14. Панда 5,0 л/га; 15. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 16. Панда 5,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 17. Панда 5,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т; 18. Панда 6,0 л/га; 19. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т; 20. Панда 6,0 л/га, РРР Стимпо 0,025 л/т; 21. Панда 6,0 л/га, МБП Ризобофіт 1,0 л/т + РРР Стимпо 0,025 л/т.

Аналогічна залежність із формуванням чисельності целюлозолітичних, амоніфікувальних та нітрифікувальних мікроорганізмів у ризосфері нуту простежувалася і в 2016 та 2017 роках. Проте, як і в 2015 році, найбільша чисельність целюлозолітичних,

амоніфікувальних та нітрифікувальних мікроорганізмів у ризосфері нуту розвивалась за дії мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т), регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормі 3,0–4,0 л/га, де переважання до контролю I складало 36–88%; 27–41%, 41–99% відповідно у 2016 році та 48–97%; 22–55%; 47–87% – 2017 році.

У середньому за три роки досліджень за дії гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 л/га кількість целюлозолітичних мікроорганізмів у ризосфері нуту зроста на 16; 17; 7 і 1%, амоніфікувальних – на 1; 3; 2 і 4%, нітрифікувальних – 19; 13; 13 і 13%. Внесення гербіциду Панда в таких же нормах на фоні використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) забезпечувало зростання целюлозолітичних мікроорганізмів на 18; 29; 28; 32%, амоніфікувальних – на 4; 11; 5 і 8%, нітрифікувальних – 19; 13; 13 і 13%.

На фоні використання мікробного препарату Ризобофіт (1,0 л/т) за внесення гербіциду Панда в таких же нормах кількість целюлозолітичних мікроорганізмів зростала на 33; 73; 42; 43%, амоніфікувальних – на 17; 26; 13 і 21%, нітрифікувальних – 38; 94; 25; 19%.

Комплексне використання регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) з мікробним препаратом Ризобофіт (1,0 л/т) та внесення по даному фону гербіциду Панда в нормах 3,0; 4,0; 5,0 та 6,0 л/га зумовлювало зростання кількості целюлозолітичних мікроорганізмів у ризосфері нуту на 37; 93; 49 та 44%, амоніфікувальних – 24; 45; 31 та 21%, нітрифікувальних – 44; 100; 50 та 44%, відповідно до контролю I.

Узагальнюючи дані дисперсійного аналізу, можна стверджувати, що показники чисельності мікробіоти у ризосфері нуту на 59% залежали від фактору А (гербіцид Панда), 21% – від фактору В (біологічні препарати), на 6% – від взаємодії досліджуваних факторів, інші фактори (погодні умови) становили 14%. Подібні особливості формування мікробіоти ризосфери зернобобових культур відмічали і інші дослідження та праці наукоців [16, 17].

Розрахунки коефіцієнта кореляції засвідчили помірний зв'язок (коефіцієнт кореляції 0,33) між показниками загальної чисельності мікроорганізмів та врожайністю посівів нуту.

Коефіцієнт кореляції між показниками чисельності еколого-трофічних груп мікроорганізмів та врожайністю посівів нуту складав 0,42, що підтверджує важливість мікробіологічної складової у формуванні продуктивності посівів.

**Висновки.** Загальна чисельність бактерій ризосфери нуту варіювала залежно від погодних умов та від використання різних норм гербіциду Панда окремо і в комплексі з біологічними препаратами.

Найбільша чисельність бактерій ризосфери нуту формувалася у варіанті інтегрованого використання ґрунтового гербіциду Панда в нормі 4,0 л/га, регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) та мікробіологічного препарату Ризобофіт (1,0 л/т), де перевищення відносно контролю I складало 106%.

Чисельність мікробіоти окремих еколого-трофічних груп у ризосфері нуту залежала від погодних умов та використання досліджуваних препаратів, але найінтенсивніший її розвиток простежувався за інтегрованого застосування гербіциду Панда в нормі 4,0 л/га, регулятора росту рослин Стимпо (0,025 л/т) і мікробіологічного препарату Ризобофіт (1,0 л/т), де перевищення чисельності целюлозолітичних, амоніфікувальних та нітрифікувальних мікроорганізмів складало в середньому 45–100%.

### Список використаної літератури

1. Poljsak B. Strategies for reducing or preventing the generation of oxidative stress. *Oxidative medicine and cellular longevity*. Hindawi Pub. Corp. 2011. Vol. 2011. P. 1–15.
2. Січкач В. Пестициди та азотфіксація зернобобових культур. Спецвипуск ж. Пропозиція. Сучасні агротехнології із застосування біопрепаратів та регуляторів росту. 2015. С. 32–34
3. Туріна О. Л., Дідович С. В., Кулініч Р. О. Високопродуктивні рослинно-мікробні системи в агроценозах бобових культур Криму. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2014. Вип. 4 (81). С. 151–155.

4. Каленська С. М., Нетупська І. Т., Новицька Н. В. Формування врожаю нуту під впливом елементів технології вирощування. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2012. №2. С. 21–25.
5. Бушулян О. В., Січкач В. І., Бабаянц О. В. Інтегрована система захисту нуту від бур'янів, шкідників і хвороб. Одеса: СГІ-НЦНС, 2012. 24 с.
6. Карпенко В. П., Грицаєнко З. М., Притуляк Р. М. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин. Умань, 2012. 357 с.
7. Січкач В. Пестициди та азотфіксація зернобобових культур. Спецвипуск ж. Пропозиція. Сучасні агротехнології із застосування біопрепаратів та регуляторів росту. 2015. С. 32–34
8. Гербіцид Панда, Каталог компанії UKRAVIT KE. URL: <https://ukravit.ua/uk/panda/>. (дата звернення: 30.11.2022)
9. Стимулятор росту Стимпо. *Препарати ДП МНТЦ "Агробіотек"*: Каталог. URL: <http://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo> (дата звернення: 30.11.2022)
10. Добриво Ризобіфіт (порошкоподібна форма) *Інститут агроекології і природокористування НААН* : Каталог. URL: <http://www.snprk.com.ua/ua/fertilizers/rizobofit/> (дата звернення: 30.11.2022)
11. Державний реєстр сортів рослин України. Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України. 2015. URL: <http://vet.gov.ua/sites/default/files/ReestrEU-2015-01-14a.pdf>. (дата звернення: 30.11.2022)
12. Видання Селекційно-генетичного інституту - Національного центру насіннезнавства та сортовивчення (СГІ – НЦНС), ЗАТ "Селена". Одеса, 2011. 128 с.
13. Коробко О. О. Біологічне обґрунтування застосування гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату у посівах нуту в умовах Правобережного Лісостепу України: дис. кандидата сільськогосподарських наук: 03.00.12 фізіологія рослин / Коробко Олександр Олександрович. Умань, 2019. 218 с.
14. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: Москва: Колос, 1973. 335 с.
16. Карпенко В. П., Мостов'як І. І., Коробко О. О., Притуляк Р. М. Біологізована технологія вирощування нуту : монографія за редакцією І. І. Мостов'яка. Умань: ВПЦ «Візаві», 2021. 125 с.
17. Карпенко В. П., Новікова Т. П., Притуляк Р. М. Формування симбіотичного апарату сочевиці за дії біологічних препаратів. Вісник УНУС. Умань. 2018. No2. С. 39–44

### References

1. Poljsak B. (2011). Strategies for reducing or preventing the generation of oxidative stress. *Oxidative medicine and cellular longevity*. Hindawi Pub. Corp. Vol. 2011. P. 1–15.
2. Sichkar V. (2015). Pesticides and nitrogen fixation of leguminous crops. Special issue of the same. Proposal. *Modern agrotechnologies for the use of biopreparations and growth regulators*. С. 32–34
3. Turina OL, Didovych SV, Kulinich RO (2014) Highly productive plant-microbial systems in the agrocenoses of legumes of Crimea. *Bulletin of Agricultural Science of the Black Sea Region*. Issue 4 (81). С. 151–155.
4. Kalenska S.M., Netupska I.T., Novytska N.V. (2012) Chickpea yield formation under the influence of elements of cultivation technology. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. №2. С. 21–25.
5. Bushulian O.V., Sichkar V.I., Babayants O.V. (2012) Integrated system of chickpea protection from weeds, pests and diseases. *Odesa: SGI-NCS*, 24 с.
6. Karpenko VP, Hrytsayenko ZM, Prytulyak RM (2012) Biological bases of integrated action of herbicides and plant growth regulators. *Uman*, 357 с.
7. Pesticides and nitrogen fixation of leguminous crops. Special issue of the journal. Proposal. *Modern agricultural technologies for the use of biological products and growth regulators*. 2015. С. 32–34
8. Herbicide Panda UKRAVIT KE: Catalog. URL: <https://ukravit.ua/uk/panda/> (Accessed November 30, 2023).
9. Growth stimulator Stimpo: Catalog. URL: <http://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo> (Accessed November 30, 2023).
10. Rizobofit: Catalog. URL: <http://rhizobofit.com/index.php?product=rhizobofit> (Accessed November 30, 2023).
11. Korobko O.O. Biological substantiation of application of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation in chickpea crops in the conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine: dis. Cand. s.-g. Science: 03.00.12. Uman, 2019. 219p.
12. State Register of Plant Varieties of Ukraine. State Veterinary and Phytosanitary Service of Ukraine. 2015 URL: <http://vet.gov.ua/sites/default/files/ResestrEU-2015-01-14a.pdf>. (in Ukrainian. Accessed November 30, 2023).
13. Publishing of the Selection-Genetic Institute - National Center for Seed and Graduate Studies (SGI - NTSNS), CJSC "Selena". Odessa, 2011. 128 p. (in Ukrainian).
14. Grytsaenko Z.M., Grytsaenko A. O., Karpenko V. P. (2003). Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils. K. : ZAO NICHLAVA, 320 p. (in Ukrainian).
15. Dosphehov B.A. (1973). Field experiment technique. M. : Kolos, 335 p. (in Russian).

16. Karpenko V.P., Mostoviak I.I., Korobko O.O., Prytuliak R.M. (2021). Biologized technology of chickpea cultivation: monograph edited by I.I. Mostoviak. Uman: VPC "Vizavi", 125 c.
17. Karpenko V.P., Novikova T.P., Prytuliak R.M. (2018). Formation of the symbiotic apparatus of lentils under the action of biological preparations. Bulletin of UNUS. Uman. No2. C. 39-44

***O.O. Korobko, T.P. Novikova, O.G. Zubenko, U.V. Meleshko The number of certain groups of soil microbiota under the influence of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation in the rhizosphere of chickpea***

**Introduction.** The article presents the results of the study of the influence of different rates of the herbicide Panda, plant growth regulator Stimpo and microbial preparation Rizobofit on the formation of the area of soil microbiota of chickpea crops of the Pamyat variety. As a result of the research, the most effective combination of products was identified, which provides a significant increase in the activity of soil microbiota and, as a result, the quality of chickpea productivity.

**Methods.** The study plan included variations with the use of Panda herbicide at the rates of 3.0; 4.0; 5.0; 6.0 l / ha (active substance - pendimethaline) separately and on the background of the plant growth regulator (PPP) Stimpo at a rate of 0.025 l / t (biologically active substances complex), microbial preparation (MBP) Rizobofit at the rate of 1.0 l/t (bacteria of Rhizobiacea genus ST 282 ) and the combination of growth regulator Stimpo and microbial preparation Rizobofit at the same rates for chickpea cultivar Pamyat'.

Measurement and examination of the density of leaves and grain yield were carried out according to the methods described by Z. M. Gritsiyenko and his co-workers. Statistical processing of the research results was carried out according to the methods of dispersion analysis, presented by B.A. Dospekhovy.

**Results.** On average, over three years of research, under the action of Panda herbicide at norms of 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 l/ha, the number of cellulolytic microorganisms in the rhizosphere of chickpea increased by 16, 17, 7 and 1%, ammonifying microorganisms - by 1, 3, 2 and 4%, nitrifying microorganisms - by 19, 13, 13 and 13%. The application of Panda herbicide at the same rates against the background of the use of Stimpo plant growth regulator (0.025 l/t) ensured the growth of cellulolytic microorganisms by 18; 29; 28; 32%, ammonifying microorganisms by 4; 11; 5 and 8%, nitrifying microorganisms by 19; 13; 13 and 13%.

Against the background of the use of the microbial preparation Rhizobophyt (1.0 l/t), when Panda herbicide was applied at the same rates, the number of cellulolytic microorganisms increased by 33; 73; 42; 43%, ammonifying microorganisms - by 17; 26; 13 and 21%, nitrifying microorganisms - by 38; 94; 25; 19%.

The complex use of the plant growth regulator Stimpo (0.025 l/t) with the microbial preparation Rhizobophyt (1.0 l/t) and the application of the herbicide Panda at rates of 3.0, 4.0; 5.0 and 6.0 l/ha caused an increase in the number of cellulolytic microorganisms in the rhizosphere of chickpea by 37, 93, 49 and 44%, ammonifying - 24, 45, 31 and 21%, nitrifying - 44, 100, 50 and 44%, respectively, compared to control I.

**Originality.** The main goal is to demonstrate physiological, biochemical, microbiological and production changes in chickpea plants and planting soil at different rates of herbicide and biologic preparations.

**Conclusions.** The total number of chickpea rhizosphere bacteria varied depending on weather conditions and the use of different rates of Panda herbicide separately and in combination with biological products.

The highest number of chickpea rhizosphere bacteria was formed in the variant of integrated use of soil herbicide Panda at a rate of 4.0 l/ha, plant growth regulator Stimpo (0.025 l/t) and microbiological preparation Rhizobophyt (1.0 l/t), where the excess compared to control I was 106%.

The number of microbiota of individual ecological and trophic groups in the rhizosphere of chickpea depended on weather conditions and the use of the studied preparations, but its most intensive development was observed with the integrated use of the herbicide Panda at a rate of 4, 0 l/ha, the plant growth regulator Stimpo (0.025 l/t) and the microbiological preparation Rhizobophyt (1.0 l/t), where the excess of cellulolytic, ammonifying and nitrifying microorganisms averaged 45-100%.

**Key words:** chickpea, soil, microbiota, microorganisms, herbicide, plant growth regulator, microbial preparation.

Одержано редакцією: 8.12.2023  
Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-66-77

**Володимир Сергійович Лизогуб**

доктор біологічних наук, професор  
директор Науково-дослідного інституту фізіології ім. М. Босого  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
v\_lizogub@ukr.net

ORCID:0000-0002-3001-138X

**Іван Іванович Салівончик**

аспірант, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
911salivon@gmail.com

ORCID:0009-0005-5379-518X

**Юлія Віталіївна Коваль**

викладач, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
uyla0077@ukr.net

ORCID:0000-0001-7160-5240

**Інна Олександрівна Дудник**

кандидат педагогічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
innadudnik79@vu.cdu.edu.ua

ORCID:0000-0002-3479-6532

## ФОРМУВАННЯ СТАТОКІНЕТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ В ОНТОГЕНЕЗИ

*Методикою стабілографії у осіб 8-17 років, що займаються спортом (спортсмени) і одностатистиками, що не займаються систематично фізичною культурою (не спортсмени) досліджували статокінетичну стійкість та встановили особливості і закономірності її формування. За показниками коефіцієнту функції рівноваги (КФР), довжини траєкторії коливання центру тиску (Length) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed) виявлено, що статокінетична стійкість у дітей, підлітків і юнаків поступово підвищується та досягає максимальних значень у 16-17 років. У групах 14-15 та 16-17 років обстежені спортсмени характеризувались статистично значуще інтенсивним і випереджаючим вищим рівнем розвитку статокінетичної стійкості, порівняно їх одностатистиками не спортсменами.*

*Обговорюється питання про роль додаткової м'язової аферентації під час систематичних занять фізичною культурою та спортом на генетичні механізми сенсомоторної інтеграції на процеси формування статокінетичної стійкості в онтогенезі.*

**Ключові слова:** стабілографія; статокінетична стійкість; спортсмени; не спортсмени; коефіцієнт функції рівноваги; онтогенез.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки у біологічній науці відбуваються позитивні зміни до досліджень у напрямку розуміння ролі мозку та його нейромереж, що відповідають за координаційні функції та орієнтацію у просторі [1]. У європейському науковому товаристві інтенсивно розвивається проект Human Brain Project, що спрямований на мультимасштабне моделювання мозкових нейромереж, які відповідають за функції рівноваги у хворих на Альцгеймера, деменції, Паркінсона, епілепсію, інсульт, аутичного спектру. Клінічні дослідження дозволили встановити, що здатність утримувати рівновагу, підтримувати статуру у вертикальному положенні це вроджений рефлекс. Спеціалісти відзначають, що біомеханічні характеристики вертикальної пози є чутливими до змін зовнішнього та внутрішнього середовища [2]. Здатність утримувати рівновагу це динамічна характеристика, яка вимагає неперервних рухів і є результатом взаємодії різних морфо-функціональних структур, вестибулярного і зорового аналізаторів, суглобово-мязової пропріорецепції, та різних відділів нервової системи [3, 4]. Але поряд з



умовно-рефлекторними чинниками реалізації рівноваги людині необхідні постійні тренування систем які забезпечують стійкість тіла. Здатність утримувати вертикальне положення тіла, координація різних систем слугує своєрідним індикатором здоров'я, функціонального стану організму, його розвитку, фізичної підготовленості та рівня спортивної майстерності [5].

Аналіз результатів стану дослідження розвитку та удосконалення статокінетичної стійкості у осіб різного віку свідчить про недостатність його вивчення. Існують не використані можливості функцій організму у забезпеченні та збереженні рівноваги за умови виконання спортивних вправ [6]. Результати аналізу літератури показали, що систематичні заняття фізичними вправами здійснювали позитивний вплив на статокінетичну стійкість дітей та підлітків [4, 7]. Враховуючи те, що більшість дослідників використовували спеціальні фізичні вправи з акцентом на статокінетичну стійкість та координацію, що супроводжувалось широким зміщенням центру ваги, то в експериментальній групі отримали додаткові позитивні зміни у кількісних і якісних характеристиках вертикального положення тіла у порівнянні з контрольною групою [8]. Більше того автори показали, що нервово-мязовий контроль рівноваги, у результаті посиленого зміщення центру ваги тіла, був покращений за рахунок зорового і сомато-сенсорного сприйняття [9, 10, 11, 12]. Не дивлячись на це, виникає необхідність краще вивчати неврологічні основи статокінетичної стійкості та психомоторної інтеграції за умови дії на організм систематичних фізичних навантажень.

Ще один важливий висновок можна зробити з аналізу літератури, що коли намагалися покращити фізичними вправами статокінетичну стійкість то найбільш ефективним це виявилось серед учасників у віці 6-12 років, ніж у 13-18 років. Ці результати розширили та підтвердили дослідження про те, що найбільш критичний період у руховому розвитку для функції вертикального положення тіла та рівноваги припадає на перше десятиліття. Тоді як контроль за балансом тіла у просторі встановлюється у віці 7-10 років [13; 14]. Але, оскільки процеси, що відповідають за мультимодальну сенсорну інтеграцію стабільності вертикального положення тіла не повністю встановлюються до 7 років [15]. Саме тому, продовження досліджень статокінетичної стійкості повинні включати дітей до 7 років і вікові групи з вищою постуральною стабільністю зрілого, підліткового та юнацького віку [8]. Що стосується тривалості навчання фізичним вправам, що сприяють підвищенню рівня статокінетичної стійкості то перевагу віддають більш тривалим тренуванням, ніж менше 8 тижнів. Короткі за тривалістю тренувальні програми можуть бути недостатні для утримання фізичної і психофізіологічної інтеграції у змінах навички зберігати рівновагу [16].

Узагальнюючи огляд літератури по проблемі дослідження впливу занять фізичними вправами на статокінетичну стійкість ми прийшли до висновку, що результати які ми проаналізували у цьому огляді слід інтерпретувати обережно. Необхідні подальші дослідження у напрямку доказів ефективності довготривалих систематичних занять фізичними вправами на покращення навичок рівноваги. Разом з тим, не дивлячись на результати, що наведені вище про високу структурно-функціональну інтеграцію та пластичність сенсорних систем у формуванні статокінетичної стійкості, їх механізми на різних етапах онтогенезу все ще залишаються не розкритими. Тому з цих позицій, особливо, цікавим є пропонуване дослідження, що спрямоване на з'ясування особливостей формування статокінетичної стійкості в онтогенезі. Поки-що залишаються незрозумілим, які особливості формування структурно-функціональної сенсорно-моторної інтеграції статокінетичної стійкості за умов різної рухової активності? Як узгоджуються з загальними механізмами нейроонтогенезу процеси удосконалення статокінетичної стійкості і систематичні заняття фізичною культурою та спортом? Чи мають процеси структурно-функціональної інтеграції статокінетичної стійкості у спортсменів вікові особливості? У зв'язку з цим, метою нашої роботи було виявити особливості формування статокінетичної стійкості у осіб різного віку та з різною фізичною активністю.

Тому метою роботи було дослідити вплив систематичних занять фізичними вправами на процес формування статокінетичної стійкості у дітей, підлітків та юнаків.

**Матеріали та методи дослідження.** Методика стабілографії, відіграє важливу роль у протезуванні, психології, фізіології праці, у вимірах і оцінці статичної і динамічної рівноваги у спорті і, особливо у тих видах для яких вміння утримувати рівновагу визначає спортивний результат [6, 17, 18, 19]. Поряд з цим біомеханічна оцінка статокінетичної стійкості використовується і як дослідження функціонального стану організму спортсмена та показники за якими можна здійснювати профорієнтацію та профвідбір.

Здібність утримувати рівновагу можна досліджувати у статичних умовах, коли тіло знаходиться у нерухомому стані чи за умови виконання рухів, а також в обох станах. Для оцінки статокінетичної стійкості використовують різні методи, але найбільшого розповсюдження отримала методика комп'ютерної стабілографії точного і якісного просторово-часового аналізу положення тіла. Вона дозволяє точно отримати надійні кількісні і якісні характеристики стійкості тіла [4, 20]. Традиційно визначають момент стійкості тіла, коефіцієнт стійкості [5,6].

У дослідженні прийняли участь 174 особи 8-17 років, які додатково до шкільної програми фізичної культури відвідували заняття спортивних секцій (група спортсменів) і 134 практично здорових однолітків, що займалися фізичною культурою по програмі школи (не спортсмени). Для дослідження особливостей формування статокінетичної стійкості порівнювали результати дітей, підлітків та юнаків обох груп. Участь в експерименті була добровільною і відповідає нормам біоетики Хельсінської декларації (1964 р та всіх її редакцій включно з останньою 2000 р.). Обстежувані були поінформовані і самі та їх батьки дали згоду на участь у дослідженні.

Статокінетичну стійкість визначали на платформі (40x40 см) стабілографа («МПФИ стабілограф-1») і пакету програмного забезпечення StabiliS. Під час тестування обстежувані упродовж 1хв. повинні були підтримувати вертикальну позу. За цих умов пальці стопи обстежуваних були розгорнуті на кут  $20^0$ , а між п'ятами зберігалась відстань у 6 см. З кожним обстежуваним проводили три проби, обирали найкращий результат.

Статокінетичну стійкість, як показник функціонального стану систем регуляції вертикального положення та протистояння до коливань, оцінювали за показником коефіцієнту функції рівноваги (КФР, %), довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси тіла (AvgSpeed, мм/с.). У стандартному записі обробляли сигнали тривалістю 60 секунд, отримані з дискретністю в  $25 \text{ 1 } \Delta t = \text{секунди}$ . Результати наведені у одиницях відповідно до розмірності аналого-цифрового перетворювача.

Статистичну обробку даних здійснювали, застосовуючи статистичний пакет ANOVA. Використовували тест Т'юкі з поправкою Бонферроні для визначення значущих відмінностей ( $p < 0,05$ ) між середніми значеннями, які отримані для кожної вікової групи. Результати у таблицях представлені як  $(X \pm m)$ . Аналіз даних проводився за допомогою статистичних пакетів для медичних та біологічних досліджень (SPSS, версія 21, IBM, США).

**Результати дослідження.** Для виміру і оцінки статокінетичної стійкості у дітей підлітків та юнаків ми дослідили показники КФР, %, Length, мм та AvgSpeed, мм/с. В таблиці 1 наведені результати оцінки статичної рівноваги у дітей, підлітків та юнаків з різною руховою активністю, не спортсмени та спортсмени. У всіх випадках при переміщеннях тіла у просторі відбувається подразнення комплексу аналізаторів, що беруть участь у підтриманні вертикального положення тіла. Вважали, що чим вище сенсомоторна інтеграція, тим менша ступінь коливання тіла і вищі показники статокінетичної стійкості.

В ході наших досліджень статокінетичної стійкості на стабілографі у дітей, підлітків та юнаків спортсменів та у не спортсменів виявили значну індивідуальну варіацію показників КФР у діапазоні від 46% до 87%. Низький показник КФР був встановлений у обстежуваного

8-ми років у групі не спортсменів, який становив 46%. Високим цей показник виявився у обстежуваного юнака 17-ти років з групи спортсменів та дорівнював 87%.

В табл. 1 представлено результати виконання обстежуваними різних вікових груп та фізичної активності завдання, яке полягало в утриманні вертикального положення тіла стоячи на стабільній платформі.

Таблиця 1

Результати стабілографії у спортсменів та не спортсменів різного віку

Вік. роки	Групи обстежуваних	Показники стабілографії ( $X \pm m$ )		
		KFR, %	Length, мм	AvgSpeed, мм/с
8-9	Спортсмени (n = 18)	67,9±3,4	666,2±36,7	11,3±2,4
	Не спортсмени (n = 21)	64,5±3,5	647,2±33,4	11,3±3,1
10-11	Спортсмени (n = 21)	72,3±2,6	545,3±26,3	9,4±2,3
	Не спортсмени (n = 19)	73,9±2,5	541,2±21,3	10,4±2,8
12-13	Спортсмени (n = 23)	75,2±3,4	488,1±20,2	8,9±1,7
	Не спортсмени (n = 21)	74,6±3,3	538,8±25,6	9,8±1,6
14-15	Спортсмени (n = 22)	83,8±2,3	429,1±23,4	6,8±1,4
	Не спортсмени (n = 18)	74,6±2,1*	498,7±24,5*	9,2±1,3
16-17	Спортсмени (n = 24)	87,4±2,3	417,6±20,1	6,3±1,1
	Не спортсмени (n = 21)	75,1±2,2*	488,1±23,2*	8,9±1,1*

Примітка. \* - вірогідність різниць  $p < 0,05$  між показниками у групах спортсменів та не спортсменів.

За показниками середніх значень коефіцієнту функції рівноваги, довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси були встановлені загальні закономірності та особливості динаміки статокінетичної стійкості у дітей, підлітків і юнаків спортсменів та їх однолітків не спортсменів. Наведені результати демонструють залежність статокінетичної стійкості від вікових особливостей та стану рухової активності обстежуваних.

Статистичний аналіз та співставлення КФР, довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси між групами спортсменів та не спортсменів показав, що виконання завдання на рівновагу на стабільній платформі стабілографа характеризується високим моторним автоматизмом. Встановлено поступове підвищення з віком показників коефіцієнту функції рівноваги (КФР, %), та зниження довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм), а також швидкості переміщення центру маси тіла (AvgSpeed, мм/с.), що свідчить про підвищення статокінетичної стійкості з віком. Необхідно відмітити, що покращання характеристик функції рівноваги, як у дітей, підлітків та юнаків спортсменів, так і не спортсменів мало схожу вікову динаміку. Встановили, що здатність утримувати рівновагу як спортсменів так і не спортсменів на стабільній платформі стабілографа з віком поступово зростає, про що свідчать результати поступового підвищення КФР та зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси (рис. 1).

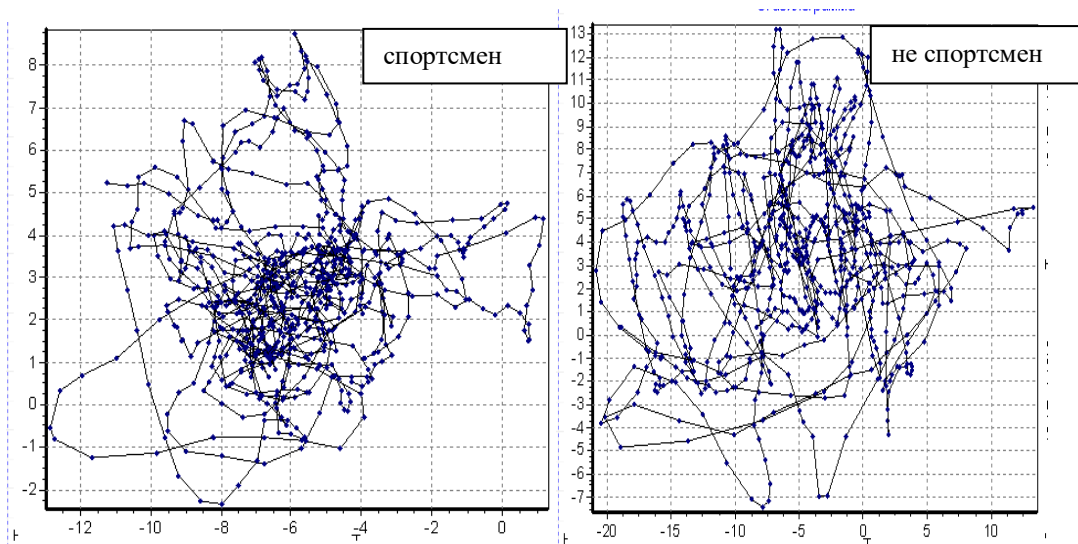


Рис. 1 Стабілограма спортсмена 16 років (зліва, КФР = 87 %) та не спортсмена (справа, КФР= 46 %) 17 років

У спортсменів показники КФР у всіх обстежуваних вікових групах були вищими, а довжина траєкторії коливання центру тиску та швидкості переміщення центру маси нижчими, ніж у однолітків не спортсменів (рис. 2).

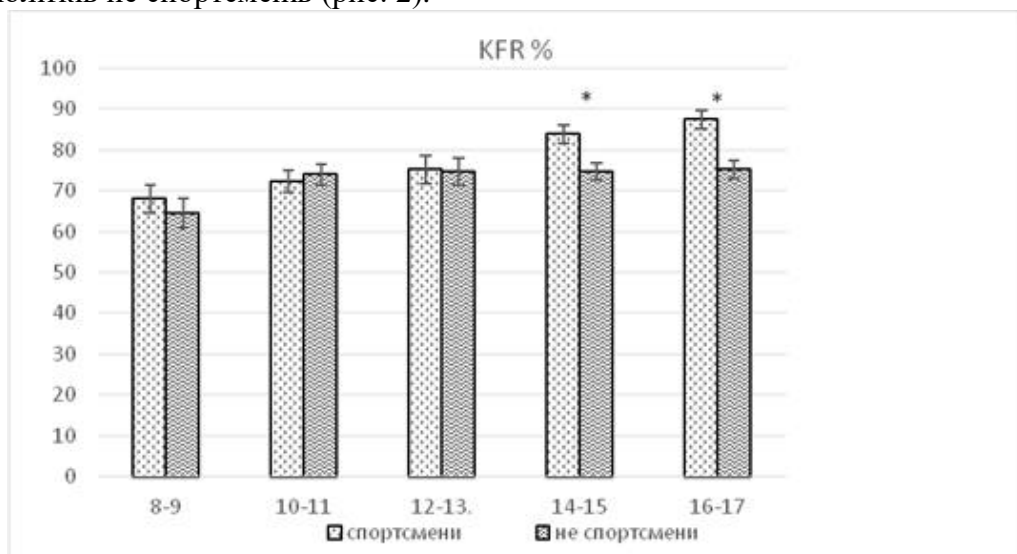


Рис. 2 Статокінетична стійкості за показником коефіцієнту функції рівноваги дітей, підлітків та юнаків спортсменів та їх однолітків не спортсменів; \* – статистична вірогідність різниць між віковими групами на рівні  $p < 0,05$ .

За показниками довжини траєкторії коливання центру тиску у обстежуваних спортсменів 8-9, 10-11 та 12-13 років і їх однолітків не спортсменів не виявили відмінностей (рис. 3).

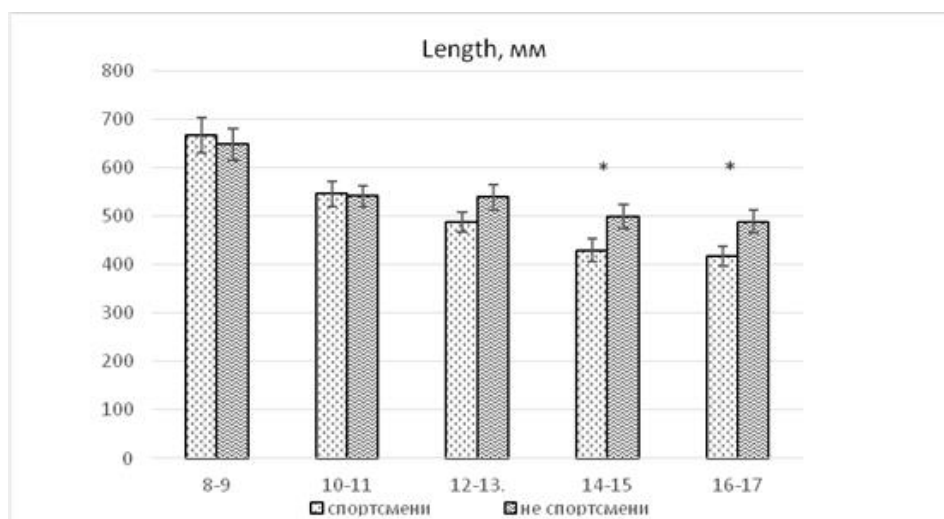


Рис. 3 Статокінетична стійкості за показником довжини траєкторії коливання центру тиску дітей, підлітків та юнаків спортсменів та їх однолітків не спортсменів; \* – статистична вірогідність різниць між віковими групами на рівні  $p < 0,05$ .

Показники Length у цих вікових групах спортсменів та не спортсменів статистично значущих відмінностей не мали ( $p > 0,05$ ). Тоді як у не спортсменів 14-15 та 16-17 років показники довжини траєкторії коливання центру тиску були статистично вірогідно вищими, ніж у їх однолітків спортсменів, що вказувало на нижчу статокінетичну стійкість ( $p < 0,05$ ).

Співставлення показників швидкості переміщення центру маси у спортсменів та не спортсменів 8-9, 10-11, 12-13 та 14-15 років не виявили суттєвих відмінностей у статокінетичній стійкості за цим показником ( $p > 0,05$ ). Швидкість відновлення відхилення від вертикального положення тіла у дітей 8-9 років як у групі спортсменів, так і не спортсменів була найнижча і відбувалась у середньому за 11,3 мм/с, тоді як у обстежуваних 16-17 років цей показник становив 8-6 мм/с. (рис.4).

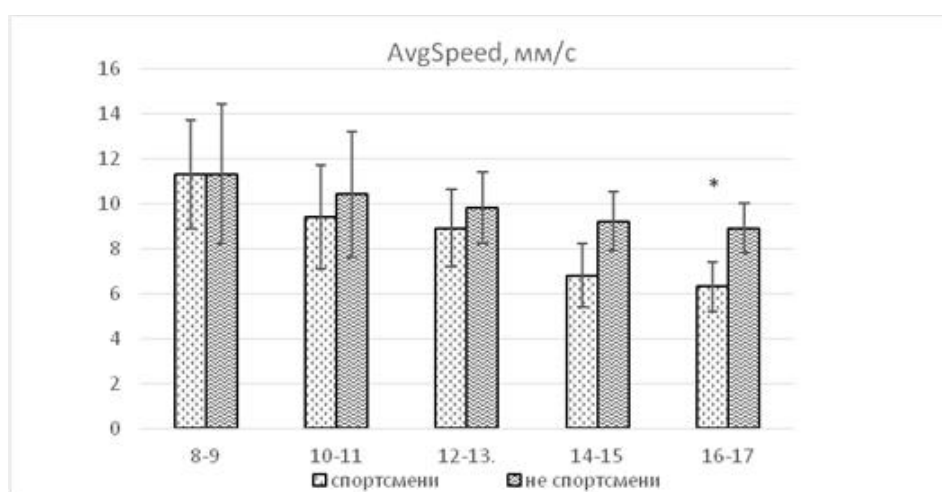


Рис. 4 Статокінетична стійкості за показником швидкості переміщення центру маси у дітей, підлітків та юнаків спортсменів та їх однолітків не спортсменів; \* – статистична вірогідність різниць між віковими групами на рівні  $p < 0,05$ .

Тоді як у обстежуваних не спортсменів 16-17 років показник AvgSpeed був статистично вірогідно вищий, ніж у їх однолітків спортсменів ( $p < 0,05$ ). Встановлені нижчі значення

швидкості переміщення центру маси у спортсменів 16-17 років свідчать про більш високу швидкість відновлення стійкості пози і їх вищу статокінетичну стійкість у порівнянні з не спортсменами.

Отже, проведені дослідження показали, що обстежувані спортсмени 14-15 та 16-17 років характеризуються вищою статокінетичною стійкістю, ніж їх однолітки не спортсмени. Підвищену стійкість вертикального положення тіла у спортсменів зв'язують з підвищеною чутливістю пропріорецептивного аналізатора [21]. Одним із показників вищої спортивної майстерності може бути тонке диференціювання просторової та часової і силової характеристики рухів [22]. Високо кваліфіковані плавці показують високі сенсорно-перцептивні здібності для оцінки параметрів регуляції різних рухів [6]. Імовірно, вплив підвищеного аферентного потоку від пропріорецепторів у разі підвищеної рухової активності обстежуваних, що займаються спортом буде позитивно впливати на формування механізмів регуляції вертикального положення тіла. Відомо, що зміна чутливості під стопою приводить до перебудови системи регуляції пози, що проявляється за рахунок зміни активності м'язів ніг [23, 24]. Із експериментів в умовах невагомості відомо, що зниження аферентації з опорної поверхні стопи під час космічних польотів приводить до цілого спектру розладів сенсорних, соматосенсорних, вестибуломоторних та вегетативних розладів. Навпаки, імітація опори, що обумовлена тиском на рецептори стопи, викликала дискомфорт, що супроводжувалось появою відчуттям «важкості» у нижніх кінцівках. Також показано, що стимуляція опорних зон стопи активують структури локомоторного генератора і, що таке подразнення запускає не тільки ритмічні, а і не ритмічні компоненти ходьби [25, 26].

Результати дослідження, що представлені на рис 2, 3 і 4 демонструють, що у обстежуваних 8-9 років були зареєстровані високі показники довжини та швидкості амплітуди коливань тіла і низькі показники коефіцієнту рівноваги під час виконання завдання на утримання рівноваги. За умови розвитку організму у дітей підлітків та юнаків швидкість амплітуди коливань та довжина траєкторії центру тиску поступово зменшується, а коефіцієнт рівноваги підвищується і досягає найвищого рівня у осіб 16-17 років. На рис.1, 2, 3 та 4 показано, що у спортсменів 14-15 та 16-17 років зареєстровані нижчі показники швидкості переміщення центру маси та довжини траєкторії центру тиску, ніж у обстежуваних однолітків з групи не спортсменів і вищий рівень коефіцієнту координації рівноваги. Таким чином, за умови занять спортом швидкість коливання амплітуди зменшується, а коефіцієнт рівноваги підвищується, що може вказувати на удосконалення координаційних процесів та інтеграції різних структур, що беруть участь у регуляції функції рівноваги. Було показано, що за умови онтогенезу та росту спортивно-технічної майстерності спортсменів амплітуда коливань тіла зменшується, підвищується частота корекції і фіксації рівноваги. У призерів Олімпійських ігор зареєстровані мала амплітуда і частота коливань тіла, тривалий час фіксації рівноваги [5, 6].

Таким чином, нами доведено, що статокінетична стійкість знаходиться у залежності від вікових морфо-функціональних особливостей та фізичної активності обстежуваних. Встановлено, що з віком у дітей 8-9 і 10-11 років та підлітків 12-13 і 14-15 років статокінетична стійкість поступово підвищується і досягає найвищого рівня у юнаків 16-17 років. У групі спортсменів та не спортсменів виявлена схожа вікова динаміка формування статокінетичної стійкості у дітей, підлітків та юнаків. Низькі значення статокінетичної стійкості були виявлені у дітей 8-9 років, а високі у юнаків 16-17 років. Проте, слід підкреслити, що у групі спортсменів формування статокінетичної стійкості, починаючи з 14-15 років, характеризувалось випереджаючим характером і проходило більш інтенсивно та досягало вищого рівня розвитку у юнаків 16-17 років, на відміну від не спортсменів. Схожа вікова динаміка формування статокінетичної стійкості у групах спортсменів та не спортсменів може вказувати на те, що удосконалення статокінетичної стійкості знаходиться під контролем генорегуляторних механізмів онтогенезу [27]. Разом з тим, встановлений нами однаковий

характер удосконалення статокінетичної стійкості у дітей 8-9 і 10-11 та підлітків 12-13 років у групах спортсменів так і не спортсменів, а також вищий рівень та випереджаючу вікову динаміку формування цієї властивості для підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років у спортсменів, порівняно з не спортсменами може вказувати на те, що систематична підвищена рухова активність вносить корективи у генетичну програму розвитку та удосконалення функції рівноваги [27].

Таким чином, особливості розвитку функції рівноваги, які були нами виявлені під час дослідження вказують на те, що статокінетична стійкість від 8-9 і до 12-13 років забезпечується однаковими механізмами, що змінюються в онтогенезі. На нашу думку, удосконалення статокінетичної стійкості в онтогенезі являє собою узгоджену генетично детерміновану програму, що її забезпечує. Тоді як у підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років заняття спортом чинить позитивний вплив на вікову динаміку, розвиток та удосконалення статокінетичної стійкості.

Ми спробували пояснити позитивний корегуючий вплив додаткової сенсорної аферентації з м'язів у спортсменів на формування статокінетичної стійкості в онтогенезі? Можна вважати, що під час виконання завдання на утримання рівноваги на стабілографі у підтриманні статокінетичної стійкості у нейромережах головного мозку для виконання завдання у обстежуваних формується функціональна система, що дозволяє утримувати рівновагу на платформі стабілографа. Для формування функціональної системи статокінетичної стійкості залучаються інтеграційні процеси різних сенсорних систем зорового, вестибулярного та сенсомоторного аналізаторів, що беруть участь в обробці інформації. Враховуючи те, що показники статокінетичної стійкості у вікових групах дітей 8-13 років були аналогічними, як для спортсменів та і не спортсменів, а також те, що вони з віком поступово підвищувались, можна вважати, що статокінетична стійкість обумовлена посиленням ролі інтеграційних процесів у нейромережах функціональної системи статокінетичної стійкості. Відмінності, що встановлені в обробці статокінетичної інформації, що з'являються у спортсменів підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років імовірно можуть бути зв'язані з посиленням впливом аферентної інформації з м'язів, що беруть участь у спортивному тренуванні та формуванні специфічної функціональної нейромережі статокінетичної стійкості. До цього фактору можна додати підвищення соматосенсорної чутливості та ефективності рухових реакцій поступальних м'язів нижніх кінцівок. Це проявляється у високих координаційних властивостях, оскільки вони реалізуються за високої просторової і часової організації роботи сенсорних систем, які беруть участь у керуванні рухами. Тому високі специфічні координаційні здібності у осіб 14-15 та юнаків 16-17 років у групі спортсменів формують більш досконалу функціональну систему з високим рівнем інтеграційних та просторово-часових внутрішньо сенсорних та між сенсорних координаційних механізмів, що проявляються у вищому рівні здатності орієнтуватися у просторі, диференціювати параметри рухів, підтримувати рівновагу, ритм і вестибулярну стійкість.

Отже, наведені результати та узагальнення дозволяють стверджувати, що систематичні фізичні навантаження у групі спортсменів призводить до функціональної мультисенсорної та сенсорно-моторної інтеграції нейромереж, що беруть участь у підтриманні рівноваги, статокінетичної стійкості дітей, підлітків та юнаків.

#### **Висновки:**

1. Методом стабілографії за показниками коефіцієнту функції рівноваги, довжини траєкторії коливання центру тиску, швидкості переміщення центру маси встановлено вікові особливості та закономірності формування координації вертикального положення тіла під час стояння, що знаходяться у залежності від генетичних механізмів онтогенезу та рівня рухової активності обстежуваних.

2. У дітей 8-9 років, що займаються спортом та їх однолітків не спортсменів статодинамічна функція неперервно та поступово розвивається і досягає найвищого рівня у юнаків 16-17 років.
3. У групі спортсменів на відміну від не спортсменів вікова динаміка статодинамічної стійкості характеризується випереджаючим та більш інтенсивним розвитком. У спортсменів підлітків 14-15 та юнаків 16-17 років у порівнянні з однолітками не спортсменами за показниками коефіцієнту функції рівноваги та довжини траєкторії коливання центру тиску встановлені статистично значущі вищі характеристики стабілографії, що свідчить на користь корегуючого впливу підвищеної рухової активності на генетичні механізми формування функції рівноваги в онтогенезі.
4. Отримані результати підтверджують думку про існування високого рівня сенсомоторної інтеграції та пластичності за умови систематичних занять спортом. У дітей, підлітків та юнаків спортсменів додаткова нервово-м'язова активність та сенсомоторна аферентація забезпечує більш високий рівень сенсорної інтеграції та статокінетичної стійкості та удосконалює функцію рівноваги в онтогенезі.
5. Виявлені вікові особливості та закономірності формування статокінетичної стійкості дітей, підлітків та юнаків необхідно враховувати під час організації освітнього процесу, фізичного виховання, проведення медичних оглядів і оцінці рухового розвитку та підготовленості.

#### Список використаної літератури

1. Mozer I.M. The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine. Nobel Committee. 06.10.2014.
2. Zhou, Y., & Qi, J. (2022). Effectiveness of Interventions on Improving Balance in Children and Adolescents With Hearing Impairment: A Systematic Review. *Frontiers in physiology*, 13, 876974. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.876974>
3. Гурфинкель В.С., Липшиц М.И., Мори С. и др. Стабилизация положения тела - основная задача поздней регуляции. *Физиология человека*. 1981. №7 (3), С.400-410.
4. Лях Ю., Усова О., Романюк А., Мельничук В., Лях М., Антипов А. Комп'ютерна стабілометрія в оцінці функціонального стану людини. *Фізичне виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві*. 2019. № 2, С. 66-72. DOI: <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-66-72>
5. Балобан В. Сенсомоторная координация как основа технической подготовки. *Наука в олимпийском спорте*. 2019. №4, С. 75-84.
6. Коваленко Я., Балобан В. Статодинамическая устойчивость тела спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой, на этапе специализированной базовой подготовки. *Наука в олимпийской спорте*. 2018. № 4, С.70-78. DOI:10.32652/olympic2018.
7. Альошина А., Іваніцький Р., Бичук О. Розвиток та корекція рухової сфери дітей із вадами слуху в процесі фізичного виховання. *Сучасний етап. Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2017. № 27, С. 98–103.
8. Melo, R. S., Lemos, A., Paiva, G. S., Ithamar, L., Lima, M. C., Eickmann, S. H., Ferraz, K. M., & Belian, R. B. (2019). Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 127, 109650. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109650>
9. Ebrahimi, A. A., Jamshidi, A. A., Movallali, G., Rahgozar, M., & Haghgoo, H. A. (2017). The Effect of Vestibular Rehabilitation Therapy Program on Sensory Organization of Deaf Children With Bilateral Vestibular Dysfunction. *Acta medica Iranica*, 55(11), 683–689.
10. Rajendran V., Roy F. G., & Jeevanantham D. (2013). A Preliminary Randomized Controlled Study on the Effectiveness of Vestibular-specific Neuromuscular Training in Children with Hearing Impairment. *Clin. Rehabil.* 27, 459–467. doi:10.1177/0269215512462909
11. Rine R. M., Braswell J., Fisher D., Joyce K., Kalar K., & Shaffer M. (2004). Improvement of Motor Development and Postural Control Following Intervention in Children with Sensorineural Hearing Loss and Vestibular Impairment. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngology* 68, 1141–1148. doi:10.1016/j.ijporl.2004.04.007
12. Shah J., Rao K., Malawade M., & Khatri S. (2013). Effect of Motor Control Program in Improving Gross Motor Function and Postural Control in Children with Sensorineural Hearing Loss-A Pilot Study. *Pediatr. Ther.* 03, 1–4. doi:10.4172/2161-0665.1000141



13. Ferdjallah M., Harris G. F., Smith P., & Wertsch J. J. (2002). Analysis of Postural Control Synergies during Quiet Standing in Healthy Children and Children with Cerebral Palsy. *Clin. Biomech.* 17, 203–210. doi:10.1016/S0268-0033(01)00121-8
14. Roncesvalles M. N. C., Woollacott M. H., & Jensen J. L. (2001). Development of Lower Extremity Kinetics for Balance Control in Infants and Young Children. *J. Mot. Behav.* 33, 180–192. doi:10.1080/00222890109603149
15. Demirel, N. (2018). The Impact of Therapeutic Recreational Gymnastic Exercise on Basic Motor Skills of Hearing-Impaired Children Aged Between 6 and 9 Years. *Journal of education and training studies*, 6, 147-151. <https://doi.org/10.11114/jets.v6i3.3048>
16. Maiano C., Hue O., Morin A. J. S., Lepage G., Tracey D., & Moullec G. (2019). Exercise Interventions to Improve Balance for Young People with Intellectual Disabilities: a Systematic Review and Meta-analysis. *Dev. Med. Child. Neurol.* 61, 406–418. doi:10.1111/dmcn.14023
17. Скворцов Д. В. Методика исследования кинематики движений и современные стандарты. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2013. №1 (109), С. 4–9.
18. Салеева А. Д. та ін. Методичні аспекти біомеханічної оцінки реабілітації хворих з патологією опорнорухової системи. Ортопедія, травматологія і протезування. 2013. № 1, С. 98–100.
19. Hamzhepour, F., Absalan, A., Pirasteh, E., Sharafi, Z., & Arbabsarjoo, H. (2021). Investigating the Effect of Hearing Aid Use on the Balance Status of Children with Severe to Profound Congenital Hearing Loss Using the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 32(5), 303–307. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728754>
20. Лях Ю. Е. та ін. Стабілометричні критерії в прогнозуванні функціональних станів людини. Клінічна інформатика і телемедицина. 2012. №8 (9), С. 24–29.
21. Джевага В. В. Корекція порушень координаційних здібностей дітей молодшого шкільного віку з вадами слуху в процесі фізичного виховання: дис. канд. наук з фіз. виховання і спорту: 24.00.02 «Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення». К. 2017. 20 с.
22. Гуринович Х. Є. Фізичний стан глухих дітей молодшого шкільного віку та його корекція засобами фізичного виховання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. наук із фіз. вих. і спорту: спец. 24.00.02. «Фізична культура, фізичне виховання різних груп населення». Львів: ЛДУФК. 2017. 18 с.
23. Billot, M., Handrigan, G. A., Simoneau, M., & Teasdale, N. (2015). Reduced plantar sole sensitivity induces balance control modifications to compensate ankle tendon vibration and vision deprivation. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 25(1), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.06.003>
24. Vaillant, J., Vuillerme, N., Janvey, A., Louis, F., Braujou, R., Juvin, R., & Nougier, V. (2008). Effect of manipulation of the feet and ankles on postural control in elderly adults. *Brain research bulletin*, 75(1), 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.07.009>
25. Томиловская Е.С., Мошонкина Т.Р., Городничев Р.М. и др. Механическая стимуляция опорных зон стоп: неинвазивный способ активации генераторов шагательных движений у человека. *Физиология человека*. 2013. Т. 39. № 5. С. 34.
26. Казенников О.В., Киреева Т.Б., Шлыков Б.Ю. Влияние структурной поверхности под стопой на поддержание вертикальной позы при распределении нагрузки между ногами // *Физиология человека*, 2016. Т. 42. № 4. С. 61-68.
27. Коваль, Ю.В., Юхименко, Л.І., Чистовська, Ю.Ю., Палійчук, О.В. Вікові особливості формування статокінетичної стійкості у осіб з депривацією слухової функції. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2023, №1, С. 46-57. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57>

## References

1. Mozer I.M. The 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine. Nobel Committee. 06.10.2014.
2. Zhou, Y., & Qi, J. (2022). Effectiveness of Interventions on Improving Balance in Children and Adolescents With Hearing Impairment: A Systematic Review. *Frontiers in physiology*, 13, 876974. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.876974>
3. Gurfinkel', V. S., Lipshits, M. I., Mori, S., & Popov, K. E. (1981). Stabilization of body position as the main task of postural regulation. *Human physiology*, 7(3), 400-410.
4. Lyakh, Y., Usova, O., Romaniuk, A., Melnychuk, V., Lyakh, M., & Antipov, A. (2019). Computer Stabilometry in the Assessment of Functional State of Humans. *Physical Education, Sport and Health Culture in Modern Society*, (2(46), 66–72. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-66-72>
5. Baloban V. (2019). Sensorimotor coordination as the basis of technical training. *Science in Olympic Sports*, 4, :75-84.
6. Kovalenko Y., & Boloban V. (2018). Static dynamic stability of the body of rhythmic gymnastics female athletes at the stage of specialized basic training. *Science in Olympic Sport*, 70–78. doi:10.32652/olympic2018.4\_9.

7. Aloschina A., Ivanitsky R., & Bychuk O. (2017). Development and correction of the motor sphere of children with hearing impairments in the process of physical education. *Modern Stage. Youth Scientific Bulletin of Lesya Ukrainka Eastern European National University*, 27, 98–103.
8. Melo, R. S., Lemos, A., Paiva, G. S., Ithamar, L., Lima, M. C., Eickmann, S. H., Ferraz, K. M., & Belian, R. B. (2019). Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 127, 109650. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109650>
9. Ebrahimi, A. A., Jamshidi, A. A., Movallali, G., Rahgozar, M., & Haghgoo, H. A. (2017). The Effect of Vestibular Rehabilitation Therapy Program on Sensory Organization of Deaf Children With Bilateral Vestibular Dysfunction. *Acta medica Iranica*, 55(11), 683–689.
10. Rajendran V., Roy F. G., & Jeevanantham D. (2013). A Preliminary Randomized Controlled Study on the Effectiveness of Vestibular-specific Neuromuscular Training in Children with Hearing Impairment. *Clin. Rehabil.* 27, 459–467. doi:10.1177/0269215512462909
11. Rine R. M., Braswell J., Fisher D., Joyce K., Kalar K., & Shaffer M. (2004). Improvement of Motor Development and Postural Control Following Intervention in Children with Sensorineural Hearing Loss and Vestibular Impairment. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngology* 68, 1141–1148. doi:10.1016/j.ijporl.2004.04.007
12. Shah J., Rao K., Malawade M., & Khatri S. (2013). Effect of Motor Control Program in Improving Gross Motor Function and Postural Control in Children with Sensorineural Hearing Loss-A Pilot Study. *Pediatr. Ther.* 03, 1–4. doi:10.4172/2161-0665.1000141
13. Ferdjallah M., Harris G. F., Smith P., & Wertsch J. J. (2002). Analysis of Postural Control Synergies during Quiet Standing in Healthy Children and Children with Cerebral Palsy. *Clin. Biomech.* 17, 203–210. doi:10.1016/S0268-0033(01)00121-8
14. Roncesvalles M. N. C., Woollacott M. H., & Jensen J. L. (2001). Development of Lower Extremity Kinetics for Balance Control in Infants and Young Children. *J. Mot. Behav.* 33, 180–192. doi:10.1080/00222890109603149
15. Demirel, N. (2018). The Impact of Therapeutic Recreational Gymnastic Exercise on Basic Motor Skills of Hearing-Impaired Children Aged Between 6 and 9 Years. *Journal of education and training studies*, 6, 147-151. <https://doi.org/10.11114/jets.v6i3.3048>
16. Maiano C., Hue O., Morin A. J. S., Lepage G., Tracey D., & Moullec G. (2019). Exercise Interventions to Improve Balance for Young People with Intellectual Disabilities: a Systematic Review and Meta-analysis. *Dev. Med. Child. Neurol.* 61, 406–418. doi:10.1111/dmcn.14023
17. Skvorczov, D. V. (2013). Metodika issledovaniya kinematiki dvizhenij i sovremenny`e standarty`. *Lechebnaya fizkul`tura i sportivnaya mediczina*, 1(109), 4–9.
18. Salyeyeva, A. D. i dr. (2013). Metodichni` aspekti bi`omekhani`chnoyi oczi`nki reabi`li`taczi`yi khvorikh z patologij`eyu oporno-rukhovoyi sistemi. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie*, 1, 98–100.
19. Hamzehpour, F., Absalan, A., Pirasteh, E., Sharafi, Z., & Arbabsarjoo, H. (2021). Investigating the Effect of Hearing Aid Use on the Balance Status of Children with Severe to Profound Congenital Hearing Loss Using the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance. *Journal of the American Academy of Audiology*, 32(5), 303–307. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728754>
20. Lyakh, Yu. E. i dr. (2012). Stabi`lometrichni` kriteri`yi v prognozuvanni` funkczii`onal`nikh stani`v lyudini. *Klinicheskaya informatika i telemedicziina*, 8(9), 24–29.
21. Dzhevaga V. V. (2017). Correction of violations of coordination abilities of children of primary school age with hearing impairments in the process of physical education: dissertation. Ph.D. sciences in physics education and sports: 24.00.02 "Physical culture, physical education of different population groups". K. 20 p.
22. Ghurynovych Kh. Je. (2017). Physical condition of deaf children of primary school age and its correction by means of physical education. Extended abstract of candidate's thesis. Lviv: LDUFK (in Ukr.).
23. Billot, M., Handrigan, G. A., Simoneau, M., & Teasdale, N. (2015). Reduced plantar sole sensitivity induces balance control modifications to compensate ankle tendon vibration and vision deprivation. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 25(1), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.06.003>
24. Vaillant, J., Vuillerme, N., Janvey, A., Louis, F., Braujou, R., Juvin, R., & Nougier, V. (2008). Effect of manipulation of the feet and ankles on postural control in elderly adults. *Brain research bulletin*, 75(1), 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.07.009>
25. Tomilovskaia, E. S., Moshonkina, T. R., Gorodnichev, R. M., Shigueva, T. A., Zakirova, A. Z., Pivovarova, E. A., Savokhin, A. A., Selionov, V. A., Semenov, I.uS., Brevnov, V. V., Kitov, V. V., Gerasimenko, I.uP., & Kozlovskaja, I. B. (2013). *Fiziologija cheloveka*, 39(5), 34–41.
26. Kazennikov O. V., Kireeva T. B., & Shlykov B. Yu. (2016). Influence of the structural surface under the foot on maintaining a vertical posture when distributing the load between the legs. *Human Physiology*, 42, (4), 61-68. <https://doi.org/10.7868/s0131164616040044>

27. Koval, Yu. V., Yukhymenko, L. I., Chistovska, Yu. Yu. & Paliychuk, O. V. (2023) Age-specific features of the formation of statokinetic stability in persons with hearing loss. Herald of Cherkasy University. Biological sciences series, 46-57. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57>

**V.S. Lyzohub, I.I. Salivonchuk, Y.V. Koval, I.O. Dudnyk Formation of statokinetic stability in ontogenesis**

**Introduction.** The study proposes to explore the specifics of statokinetic stability formation in ontogenesis. Questions remain unanswered, such as the characteristics of structurally-functional sensorimotor integration in statokinetic stability formation under different levels of physical activity. It is yet unclear how neuroontogenetic processes align with general mechanisms in the improvement of statokinetic stability through systematic engagement in physical culture and sports.

**Purpose.** The study aims to identify the features of statokinetic stability formation in individuals of different ages and with varying physical activity levels.

**Methods.** The biomechanical assessment of statokinetic stability is utilized for functional state evaluation and sports orientation. The ability to maintain balance is examined in static conditions, where the body is stationary or during movements, using computer stabilography for precise spatial-temporal analysis of body position.

The study includes 174 participants aged 8-17, divided into athletes attending sports sections and non-athletes participating in school physical education programs. The voluntary participation adheres to ethical norms. Statokinetic stability is assessed through stabilography, considering parameters like equilibrium function coefficient (EFC), length of the oscillation trajectory (Length), and center of mass displacement speed (AvgSpeed).

Statistical analysis employs ANOVA and Tukey's test to determine significant differences. The results indicate the need for further research to understand the intricacies of statokinetic stability formation, especially in terms of sensory-motor integration, neuroontogenesis processes, and age-specific characteristics in athletes.

**Results.** Results show that statokinetic stability gradually increases in children, adolescents, and youths, reaching maximum values at 16-17 years. Athletes in the 14-15 and 16-17 age groups exhibited significantly higher development of statokinetic stability compared to their non-athlete peers.

**Originality.** The role of additional muscle afferentation during systematic physical exercises and sports on genetic mechanisms of sensorimotor integration in the formation of statokinetic stability in ontogenesis is discussed.

**Conclusion.** Using stabilography indicators such as the equilibrium function coefficient, length of the pressure center oscillation trajectory, and center of mass displacement speed, age-specific features and patterns of vertical body position coordination during standing were established. These are dependent on the genetic mechanisms of ontogenesis and the level of physical activity of the subjects. In children aged 8-9 engaged in sports and their non-athlete peers, statodynamic function continuously and gradually develops, reaching its peak in 16-17-year-old males. In the athlete group, unlike the non-athlete group, the age dynamics of statodynamic stability are characterized by advanced and more intensive development. Among adolescent athletes aged 14-15 and males aged 16-17, statistically significant higher stabilography characteristics were identified compared to non-athlete peers. This suggests the corrective influence of increased physical activity on the genetic mechanisms of balance function formation during ontogenesis. The results support the notion of a high level of sensorimotor integration and plasticity with systematic sports training. In children, adolescents, and youth athletes, additional neuromuscular activity and sensorimotor afferentation provide a higher level of sensorial integration and postural stability, improving balance function during ontogenesis. The identified age-specific features and patterns of statokinetic stability formation in children, adolescents, and youth should be considered in organizing the educational process, physical education, conducting medical examinations, and assessing motor development and preparedness.

**Keywords:** include bibliography; statokinetic stability; athletes; non-athletes; equilibrium function coefficient; ontogenesis.

Одержано редакцією: 10.11.2023

Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 796.071.2:007.5+612.769

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-78-88

**Юлія Петрівна Луць**

аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
yulialuts06@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9374-37322>

**Галина Володимирівна Лук'янцева**

д.б.н., професор кафедри медико-біологічних дисциплін,  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
lukjantseva@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8054-0108>

**Світлана Володимирівна Федорчук**

к. б. н., ст. наук. співр. Науково-дослідного інституту  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
svitlana.v.fedorchuk@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2207-9253>

## **ПРОЯВ НЕЙРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КІБЕРСПОРТСМЕНІВ У ЗВ'ЯЗКУ ІЗ РІВНЕМ СТРЕСУ, САМОРЕГУЛЯЦІЇ, АДАПТИВНОСТІ ТА ІНТЕЛЕКТУ**

*Дана робота присвячена проблемі вивчення швидкості сенсомоторних реакцій та індивідуально-типологічних особливостей ВНД, психологічних показників рівня розвитку інтелекту, IQ за тестом Равена, та рівня розвитку існуючого стресу, ефективності психічної саморегуляції та адаптивності за методикою вибору кольорів М. Люшера у кіберспортсменів. Виявлений взаємозв'язок психофізіологічних та психологічних характеристик, встановлена статистично значуща кореляція між середнім значенням моторного компоненту ПЗМР з психологічними характеристиками обстежених кіберспортсменів за тестами Равена та М. Люшера, а саме: з показником рівня розвитку інтелекту, показником IQ, показником рівня існуючого стресу та коефіцієнтом Вальнефера. Також встановлена статистично значуща кореляція між середнім значенням моторного компоненту РВ1-3 з показником рівня стресу та коефіцієнтом Вальнефера, що стосується середнього значення моторного компоненту РВ2-3 то статистично значуща кореляція встановлена лише з показником рівня стресу.*

**Ключові слова:** кіберспорт; психофізіологічні показники; рівень стресу; інтелект.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій.** Психофізіологічні показники кіберспортсменів є одними з важливих індикаторів для прогнозу та моніторингу функціонального стану центральної нервової системи геймерів у взаємозв'язку з їх індивідуально-типологічними характеристиками. Можна припустити, що врахування особливостей центральної нервової системи професійних гравців в кіберспорті надасть можливість визначити, який жанр буде найефективнішим для спортсмена та оптимізувати тренувальні періоди з урахуванням типологічних характеристик ЦНС.

Кіберспорт – область спортивної діяльності, в якій люди розвивають і тренують розумові та фізичні здібності з використанням інформаційно-комунікаційних технологій; вхідні дані гравців і команд, а також вихідні дані системи eSports опосередковуються інтерфейсами «людина-комп'ютер» [1].

Стрімкий світовий розвиток кіберспорту призвів до офіційного визнання цієї розважальної діяльності видом спорту [2, 3]. Як новий вид спорту, кіберспорт об'єднує культуру, технології, інтелект і спорт. Кіберспорт кардинально відрізняється від звичного усім

нам геймінгу. По суті, він розглядає електронне обладнання та електронну технологію як спортивне обладнання для змагань одне з одним у визначений час відповідно до єдиного стандарту змагань у віртуальному середовищі інформаційних технологій, яке воно створило. Крім того, кіберспорт — це не лише інтелектуальна вправа, а й форма вправи, яка об'єднує розум і тіло. Це може сприяти не тільки розвитку мислення, чуйності учасників, покращенню командної роботи та стресостійкості гравців, але й реалізації ідеалів та цінностей спортсменів [4].

Зростаюча популярність віртуальних ігор та жорстка конкуренція, що з ними пов'язана, спонукає кіберспортсменів витрачати все більшу і більшу частину свого часу на тренування. Як наслідок, усі успішні кіберспортсмени проводять за іграми від п'яти до восьми годин на день, відточуючи свою моторику та швидкість реакції, а новачки витрачають на тренування ще більше часу. Кіберспортсмени не лише вдосконалюють свої моторні навички, але й швидко розвивають специфічні інтелектуальні та психоемоційні характеристики, що базуються на типологічних особливостях нейронної активності вищого порядку, завдяки чому досягають високих конкурентних показників [5-9].

Питання впливу кіберспорту на психофізіологічну сферу гравців тільки починає активно вивчатися, при цьому лише деякі з існуючих досліджень вказують як на позитивний, так і на негативний вплив віртуальної ігрової діяльності [10-13]. Наприклад, у низці досліджень зазначається, що насильницький жанр відеоігор може призводити до агресивної поведінки, що зумовлено переживанням стресу під час змагань та сильним викидом симпато-адреналових гормонів і медіаторів [6, 9, 11, 14]. Існує також ризик виникнення ігрової залежності. Водночас кіберспорт може бути потужним інструментом стимуляції пластичності мозку. Він сприяє розвитку логічного, дедуктивного, аналітичного, критичного, абстрактного, образного та нестандартного мислення, покращує здатність прогнозувати результати та підвищує концентрацію уваги [5, 7, 8]. Дослідники з Університету Рочестера (США) провели низку досліджень, щоб визначити, як різні жанри ігор пов'язані з роботою мозку. Вони виявили, що найбільш залученими до ігрової діяльності ділянками мозку є тім'яна частка (орієнтація на завдання), лобова частка (утримання уваги на конкретному об'єкті або завданні) і передня лобова частка (контроль і регуляція уваги) [6-8].

Успішним дорослим геймерам також притаманна висока мотивація до досягнення поставлених цілей, ефективне поєднання раціональності та схильності до ризику, почуття відповідальності за виконання завдань та вміння швидко приймати рішення [15].

Фізична активність робить людей щасливішими, підвищуючи рівень серотоніну, але гра в комп'ютерні ігри протягом тривалого часу може спровокувати соціальні проблеми, такі як зниження академічної успішності з проблемами поведінки [16]. Кіберспорт призводить не тільки до фізичних проблем, але також може бути причиною до негативних психологічних наслідків. Інші автори зазначають, що тривала гра у відеоігри у повсякденному житті викликає соціальні, емоційні та психічні проблеми, такі як депресія та агресія. Отже, неконтрольована та надмірна гра у відеоігри може спричинити соціальні та емоційні проблеми [17].

Дослідження, проведене в Університеті Чичестера, виявило психологічні проблеми професіоналів кіберспорту під час змагань. Гравці, які займаються кіберспортом, стикалися з різними типами стресових факторів, у тому числі з проблемами спілкування та занепокоєннями, пов'язаними зі змаганнями перед живою аудиторією, що віддзеркалювало психічні стани професійних спортсменів, зокрема футболістів і зірок регбі на турнірах високого рівня [18].

Функціональний стан гравця тісно пов'язаний з його психофізіологічним станом, вивчаючи модуляцію фізіологічних та психологічних станів під час гри можна оцінити спортивну продуктивність. Втім, у сучасному науковому доробку майже відсутні результати досліджень змін психофізіологічних станів гравців як у стані спокою, так і під час гри, що обумовлює появу нових фундаментальних робіт з означеної проблематики [15].

**Мета** полягала в тому, щоб визначити – чи взаємопов'язані особливості сенсомоторного реагування кіберспортсменів в оптимальному режимі із рівнем наявного стресу, емоційної напруженості, саморегуляції та адаптивності, а також з рівнем інтелекту.

**Матеріали та методи дослідження.** У дослідженні брали участь 14 кіберспортсменів віком 17-23 роки. Дослідження проводилося на базі Науково-дослідного інституту НУФВСУ. Для визначення психофізіологічних властивостей кіберспортсменів використовували діагностичний комплекс «Діагност-1» (розробники М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб) [19, 20].

Для визначення рівня інтелекту використовували тест Равена [21], для визначення рівня наявного стресу (РС) та ефективності психологічної саморегуляції використовували тест вибору кольорів М. Люшера із застосуванням програмно-апаратного комплексу психологічної та психофізіологічної діагностики «БОС-тест-Професійний» [22].

Відповідно до мети роботи, у обстежених кіберспортсменів досліджувалися показники простої зорово-моторної реакції (ПЗМР) та реакції вибору одного із трьох сигналів (РВ1-3) для доміантної та субдоміантної руки, показники реакції вибору двох із трьох сигналів (РВ2-3). Потрібно підкреслити, що складовими латентного періоду (ЛП) сенсомоторних реакцій різного ступеня складності (простої зорово-моторної реакції, реакцій вибору РВ1-3 та РВ2-3) є час центральної обробки інформації та моторний компонент [20]. Середнє значення часу центральної обробки інформації – це різниця між величиною латентного періоду реакції вибору та величиною латентного періоду простої зорово-моторної реакції [20]. Швидкість реакції вибору визначається швидкістю перебігу аналітико-синтетичної діяльності головного мозку, а не тільки швидкістю розповсюдження збудження нейронними комплексами кори, що відбувається при ПЗМР [цит. за 23].

Для визначення рівня інтелекту та як розумове навантаження використовували тест Равена [21, 22].

Тест Равена складається з матриці з 60 карток, які використовуються для заповнення пропущених елементів пунктів із запропонованих варіантів відповідей. Всі картки розділені на п'ять груп (А, В, С, D і Е), по 12 карток у кожній групі. Матриці називаються прогресивними, оскільки складність завдання зростає від першої до дванадцятої матриці в кожній серії та загалом з кожною серією. [21, 22].

Серія А. Перевіряє вміння розрізнати основні елементи структури, визначати їх взаємозв'язки, визначати відсутні частини структури та порівнювати їх зі зразком. Рівень балів у цій серії залежить від рівня уваги, статистичної репрезентації, уяви та візуального розрізнення (ідентифікації).

Серія В. Перевіряє вміння розрізнати основні елементи, знаходити симетрію у фігурах і робити висновки на основі лінійного диференціювання та лінійних залежностей.

Серія С. Перевіряє вміння динамічно (миттєво) спостерігати, відстежувати безперервні зміни, динамічно звертати увагу та уявляти. Матриці цієї серії надають варіанти складних змін форми, заснованих на принципі безперервної трансформації та підсумовування і віднімання вертикальних і горизонтальних змін, що вимагають визначення відсутніх фігур.

Серія D. Досліджує здатність обстежуваного виявляти кількісні та якісні зміни, що лежать в основі алгоритмів упорядкування фігур.

Серія Е. Досліджує здатність обстежуваного аналізувати форму основного зображення і збирати відсутні фігури одну за одною (шляхом додавання, змішування або віднімання елементів фігури), дотримуючись алгебраїчних алгоритмів додавання і віднімання елементів і частин фігури. Оцінює аналітико-синтетичну діяльність мозку як вищу форму абстрагування і динамічного синтезу.

Для визначення рівня наявного стресу (РС), ефективності психічної саморегуляції та адаптивності використовувався тест вибору кольорів М. Люшера [22].

Показники рівня існуючого стресу характеризують діапазон 0-4 ум. од. як низький, 5-8 ум. од. як – помірний (середній) РС і 9-12 ум. од. як – високий рівень стресу. Методика також

може дозволити діагностувати рівень гармонії та внутрішнього оптимуму нервово-психічного стану спортсмена за допомогою коефіцієнта Вальнефера. Відомо, що значення коефіцієнту Вальнефера (1-10 ум. од.) є високий рівень саморегуляції та адаптивності, (11-20 ум. од.) – середній рівень емоційної напруженості, саморегуляції та адаптивності, (> 21 ум. од.) – зниженим рівнем саморегуляції та адаптивності, з ознаками перевтоми та підвищеної емоційної напруженості.

Також тест М. Люшера дозволяє судити про симпатичне або парасимпатичне домінування активності автономної нервової системи досліджуваних, а саме для цього був використаний коефіцієнт Шипоша. Відомо, що значення коефіцієнта Шипоша (>1 ум. од.) свідчить про ерготропне домінування, переважне збудження (активацію) симпатичної нервової системи. Коефіцієнт Шипоша (=1 ум. од.) – це вегетативний баланс, рівновага симпатичної та парасимпатичної систем вегетативної регуляції (нормотонія). Коефіцієнт Шипоша (<1 ум. од.) – тропотропне домінування, переважне збудження (активація) парасимпатичної нервової системи.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою описової статистики IBM SPSS Statistics, версія 26. Тест Спірмена застосовували для дослідження кореляційних зв'язків.

Наші дослідження були проведені відповідно до основних біоетичних норм Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень із поправками (2000, з поправками 2008), Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицини (1997), Універсальної декларації з біоетики та прав людини (1997). Письмова інформована згода була отримана у кожного учасника дослідження.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Результати психофізіологічного тестування в оптимальному режимі (проводилося вивчення параметрів сенсомоторних реакцій різного ступеня складності досліджуваних) представлені в таблиці 1.

Результати в таблиці 1 демонструють, що кіберспортсмени мали середній рівень латентного періоду (ЛП) сенсомоторних реакцій, а саме: ЛП простої зорово-моторної реакції (ПЗМР) складав  $257,52 \pm 19,13$  мс для домінантної руки та  $278,14 \pm 33,49$  мс для субдомінантної руки, при цьому дані показників достовірності відрізняються. Такі дані, на нашу думку, свідчать про те, що під час гри кіберспортсмени використовують в ігрових ситуаціях здебільшого домінантну руку. Варто зауважити, що з 14 досліджуваних 1 кіберспортсмен мав вище середнього рівень ПЗМР, всі інші – середній рівень (саме для домінантної руки); для субдомінантної руки дані були наступні: один досліджуваний мав вище середнього рівень ПЗМР, три спортсмена – нижче середнього, всі інші – середній рівень.

Також, у обстежених визначались показники реакції вибору одного з трьох сигналів (РВ1-3) та реакції вибору двох з трьох сигналів (РВ2-3). Дані в таблиці 1 свідчать про те, що кіберспортсмени мали середній рівень латентного періоду (ЛП) реакції вибору, а саме: ЛП РВ1-3 для домінантної руки становив  $375,03 \pm 37,11$  мс, для субдомінантної –  $370,12 \pm 39,67$  мс. З усіх досліджуваних осіб три кіберспортсмени знаходилися на нижче середньому рівні, одна особа – на низькому рівні ЛП РВ1-3 (домінантна рука); два досліджуваних – на вище середнього рівні, три – на нижче середнього та один – на низькому рівні (субдомінантна рука).

Таблиця 1

Психофізіологічні показники кіберспортсменів (n=14) в оптимальному режимі,  
Me [25%, 75%]

Показники	ПЗМР	РВ1-3	РВ2-3
	Me [25%, 75%]		
Середня величина латентного періоду, мс	257,72 [241,98, 272,17] ^ 281,15 [252,32, 303,00] #	369,95 [341,45, 401,42] ^ 365,28 [341,53, 400,11] #	445,16 [412,81, 470,30]
Помилка середнього арифметичного, мс	10,01 [7,85, 10,91] ^ 10,84 [8,44, 13,26] #	15,19 [13,96, 18,35] ^ 15,61 [12,87, 21,69] #	17,73 [14,94, 19,45]
Середньоквадратичне відхилення, мс	54,82 [43,04, 59,73] ^ 58,84 [46,24, 72,62] #	45,58 [41,89, 55,07] ^ 46,82 [38,02, 65,08] #	77,19 [65,15, 83,73]
Коефіцієнт варіації, %	20,42 [16,53, 23,77] ^ 20,91 [18,76, 23,77] #	12,09 [11,08, 14,05] ^ 13,65 [10,30, 15,58] #	17,55 [15,13, 18,92]
Середнє значення моторного компоненту, мс	77,91 [75,24, 98,87] ^ 116,81 [83,77, 127,59] #	88,06 [79,23, 111,67] ^ 105,39 [84,67, 126,94] #	96,97 [83,88, 108,13]
Середнє значення центральної обробки інформації, мс	-	103,79 [94,67, 142,97] ^ 86,00 [68,82, 97,56] #	190,78 [173,06, 217,78]

Примітки: ^ показники домінантної руки; # показники субдомінантної руки.

Дослідження ЛП РВ2-3 свідчить, що кіберспортсмени мають середній рівень складної реакції вибору, що становив  $442,06 \pm 34,75$  мс. Шість геймерів мають нижче середнього рівень та два кіберспортсмени – вище середнього рівень ЛП РВ2-3. Дані, що відносяться до РВ1-3 та РВ2-3 на нашу думку свідчать про те, що кіберспортсмени впродовж реакцій вибору (на відміну від ПЗМР) працюють ідентично як домінантною так і субдомінантною рукою, можливо – саме тому, що по-перше, під час гри у них задіяні обидві руки, по-друге – в реакціях вибору основною складовою виступає не моторний компонент реакції (на відміну від ПЗМР), а час центральної обробки інформації. Тобто реакції вибору (РВ1-3 та РВ2-3) характеризуються більш складним когнітивним процесом обробки інформації в зоровій сенсорній системі, ніж ПЗМР [23]. Можна зробити припущення, що саме у кіберспортсменів внаслідок регулярної ігрової діяльності відбувається повне або часткове нівелювання латералізації функцій домінантної/субдомінантної руки.

Отримані результати (табл. 2), що стосуються тесту Равена свідчать про середній рівень розвитку інтелекту для даної групи:  $58,79 \pm 6,99$  %. Варто зауважити, що у досліджуваних кіберспортсменів в жодного не був рівень розвитку інтелекту нижче та вище середнього.



Таблиця 2

Психологічні показники кіберспортсменів (n=14) за тестом Равена, Me [25%, 75%]

Показники	Me [25%, 75%]
Показник рівня розвитку інтелекту, %	61,00 [55,50, 62,75]
Коефіцієнт інтелекту IQ, бали	90,50 [86,00, 91,75]

Що стосується коефіцієнта інтелекту IQ кіберспортсменів за тестом Равена, середнє значення цього показника становить  $88,29 \pm 5,65$  балів, що свідчить про нижче середнього рівень інтелекту. В даної групи у вісьмох осіб був середній рівень інтелекту (IQ 90-100 балів), у всіх інших – слабкий, нижче середнього рівень інтелекту (IQ 80-90 балів). На нашу думку отримані результати свідчать про необхідність розвитку інтелекту кіберспортсменів, а саме: читанням книг, тренуванням пам'яті, грою в шахи, активним відпочинком, збалансованим харчуванням, здоровим сном та ін.

Що стосується психологічних показників за тестом М. Люшера, які визначають актуальний стан кіберспортсменів на момент обстеження (табл. 3), необхідно підкреслити, що середнє значення коефіцієнту вегетативного балансу Шипоша становило  $0,84 \pm 0,33$  ум. од., що означає трофотропне домінування, переважання збудження (активації) парасимпатичної системи. В чотирьох осіб – ерготропне домінування, переважання збудження симпатичної нервової системи (1-1,8 ум. од), у восьми осіб (1-0,5 ум. од) – трофотропне домінування, переважання збудження парасимпатичної системи та у двох кіберспортсменів ( $>0,5$  ум. од) – трофотропне домінування, переважання збудження парасимпатичної системи та наявність внутрішньоособистісних конфліктів, проблем.

Таблиця 3

Психологічні показники кіберспортсменів (n=14) за тестом М. Люшера, Me [25%, 75%]

Показники	Me [25%, 75%]
Коефіцієнт вегетативного балансу Шипоша, ум. од.	0,80 [0,65, 1,06]
Коефіцієнт Вальнефера, ум. од.	20,00 [16,50, 27,00]
Показник рівня стресу, ум. од.	3,50 [2,25, 6,00]

Середнє значення коефіцієнта Вальнефера для кіберспортсменів складало  $21,36 \pm 5,92$  ум. од., що означає знижений рівень саморегуляції та адаптивності. Відзначаються ознаки перевтоми та підвищеної емоційної напруженості в шести досліджуваних кіберспортсменів. У восьми геймерів виявлено середній рівень емоційної напруженості, саморегуляції та адаптивності (KB 11-20 ум. од.).

У свою чергу показник рівня стресу у обстежених складав  $4,43 \pm 2,95$  ум. од., що означає середній рівень існуючого стресу. У восьми осіб рівень наявного стресу на момент дослідження був низький (0-4 ум. од.), у чотирьох спортсменів – середній рівень РС (5-8 ум. од.) та у двох кіберспортсменів на час дослідження було зафіксовано високий рівень існуючого стресу (9-12 ум. од.).

Кореляційний аналіз отриманих даних показав, що у досліджених кіберспортсменів за критерієм Спірмена виявлено наявність статистично значущих взаємозв'язків між психофізіологічними показниками простої зорово-моторною реакції (середнє значення моторного компоненту для домінантної та субдомінантної руки) та психологічними показниками за тестами Равена та М. Люшера, а саме : показником рівня розвитку інтелекту

( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ), коефіцієнтом інтелекту IQ ( $p < 0,05$ ), показником рівня стресу ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ), а також коефіцієнтом Вальнефера ( $p < 0,01$ ) (табл. 4). У всіх випадках виявлено пряму кореляцію: тобто, більш «повільна» ПЗМР асоціювалась з вищим рівнем інтелекту, з вищим рівнем стресу та нижчим рівнем саморегуляції і адаптивності обстежених кіберспортсменів. І навпаки, більш швидку реакцію ПЗМР продемонстрували кіберспортсмени з нижчим рівнем інтелекту і нижчим рівнем стресу, але вищим рівнем саморегуляції і адаптивності.

Таблиця 4

Кореляційні зв'язки (за Спірменом) психофізіологічних характеристик кіберспортсменів в оптимальному режимі з психологічними показниками за тестом Равена та тестом

М. Люшера,  $r^s$

Кореляційні зв'язки, $r^s$	Показник рівня розвитку інтелекту	Коефіцієнт інтелекту IQ	Показник рівня стресу	Коефіцієнт Вальнефера
ПЗМР середнє значення моторного компоненту (домінантна рука)	0,59*	0,55*	0,63*	0,73**
ПЗМР середнє значення моторного компоненту (субдомінантна рука)	0,67**	0,65*	0,67**	0,92**
PB1-3 середнє значення моторного компоненту (домінантна рука)	-	-	0,65*	0,78**
PB1-3 середнє значення моторного компоненту (субдомінантна рука)	-	-	0,56*	0,81**
PB2-3 середнє значення моторного компоненту	-	-	0,68**	-

Примітка: \* статистична значущість коефіцієнта кореляції  $p < 0,05$ ; \*\* статистична значущість коефіцієнта кореляції  $p < 0,01$ .

Між психофізіологічними показниками в оптимальному режимі та коефіцієнтом вегетативного балансу Шипоша кореляція відсутня. Тобто, успішність сенсомоторного реагування не була пов'язана з функціональним станом вегетативної нервової системи обстежених.

Варто також звернути увагу на кореляційні взаємозв'язки між середнім значенням моторного компоненту для доміантної та субдомінантної руки (тест PB1-3) та психологічними показниками за тестом М. Люшера, а саме: показником рівня існуючого стресу ( $p < 0,05$ ) та коефіцієнтом Вальнефера ( $p < 0,01$ ). Тобто, вищий рівень стресу та коефіцієнт Вальнефера асоціювалися з більшим часом моторного компоненту реакції вибору одного з трьох подразників.

Між іншими психофізіологічними показниками в оптимальному режимі (показниками PB1-3 і PB2-3) та показниками за тестом Равена (а саме показником рівня розвитку інтелекту та коефіцієнтом інтелекту IQ), кореляція відсутня.

Крім того, була виявлена статистично значуща кореляція між показником рівня стресу і моторним компонентом PB2-3 ( $r = 0,68$ ,  $p < 0,01$ ): тобто, вищий рівень стресу асоціювався з

більшим часом моторного компонента складної реакції вибору. Відповідно, кіберспортсмени з меншим рівнем стресу демонстрували більш швидку реакцію вибору РВ2-3.

Таким чином, аналіз отриманих результатів дає можливість підсумувати, що моторний компонент ПЗМР, РВ1-3 та РВ2-3 взаємопов'язаний з психологічними характеристиками обстежених кіберспортсменів, а саме : з рівнем розвитку інтелекту, наявного стресу, емоційної напруженості, саморегуляції та адаптивності. Отже, варто зробити припущення, що швидкість сенсомоторного реагування визначала рівень стресу, емоційної напруженості, саморегуляції та адаптивності обстежених гравців. З іншого боку, можливо психологічний статус певним чином впливав на прояв нейродинамічних властивостей обстежених кіберспортсменів.

**Висновки.** Виявлений взаємозв'язок між психофізіологічними показниками ПЗМР, РВ1-3 (середнє значення моторного компонента для домінантної та субдомінантної руки) та моторним компонентом РВ2-3 з психологічними показниками за тестом Равена та М. Люшера. Виявлено пряму кореляцію: тобто, більш «повільна» ПЗМР асоціювалась з вищим рівнем інтелекту, з вищим рівнем стресу та нижчим рівнем саморегуляції і адаптивності обстежених кіберспортсменів. І навпаки, більш швидку реакцію ПЗМР продемонстрували кіберспортсмени з нижчим рівнем інтелекту і нижчим рівнем стресу, але вищим рівнем саморегуляції і адаптивності. Також вищий рівень існуючого стресу та коефіцієнта Вальнефера асоціювалися з більшим часом моторного компонента реакції вибору одного з трьох подразників та складної реакції вибору (РВ2-3). Відповідно, кіберспортсмени з меншим рівнем стресу демонстрували більш швидку реакцію вибору РВ1-3 та РВ2-3. Що стосується ПЗМР та коефіцієнта вегетативного балансу Шипоша – кореляція відсутня. Тобто, успішність сенсомоторного реагування не була пов'язана з функціональним станом вегетативної нервової системи обстежених. Між іншими психофізіологічними показниками в оптимальному режимі та показниками за тестом Равена (а саме показником рівня розвитку інтелекту та коефіцієнтом інтелекту IQ), кореляція відсутня.

### Список використаної літератури

1. Hamari J., Sjöblom M. "What is eSports and why do people watch it?", *Internet Research*. 2017. Vol. 27 No. 2. P. 211-232. <https://doi.org/10.1108/IntR-04-2016-0085>
2. Seo Y., Electronic Sports: A. New Marketing Landscape of the Experience Economy. *Journal of Marketing Management*. 2013. Vol. 29. No. 13/14. P. 1542–1560.
3. Giakoni-Ramírez F., Merellano-Navarro E., Duclos-Bastías D. Professional Esports Players: Motivation and Physical Activity Levels. *Int J Environ Res Public Health*. 2022. Vol. 19. No. 4. P. 2256.
4. Lu Y., Chen H., Yan H. E-Sports Competition Analysis Based on Intelligent Analysis System. *Comput Intell Neurosci*. 2022 8;2022:4855550. doi: 10.1155/2022/4855550.
5. Імас Є. Кіберспорт як соціально-спортивне явище в умовах сучасного розвитку інформаційного суспільства. *Теорія і методика фізичного виховання і спорту*. 2020. № 4. С. 13–17.
6. Watanabe K., Saijo N., Minami S., Kashino M. The effects of competitive and interactive play on physiological state in professional esports players. *Heliyon*. 2021. Vol. 7. No. 4.
7. Bediou B., Deanne M. A., Mayer R. E., Tipton E., Green C. S., Bavelier D. Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*. 2018. Vol. 144. No. 1. P. 77–110.
8. Bavelier D., Green C. S. Enhancing Attentional Control: Lessons from Action Video Games. *Neuron*. 2019. Vol. 104. No. 1. P. 147–63.
9. Przybylski A. K., Weinstein N. Violent video game engagement is not associated with adolescents' aggressive behaviour: evidence from a registered report. *The royal society publishing*. 2019. Vol. 6. No. 2. 171474.
10. Hasan Y., Bègue L., Scharnow M., Bushman B. J. The more you play, the more aggressive you become: a long-term experimental study of cumulative violent video game effects on hostile expectations and aggressive behavior. *J. Exp. Soc. Psychol*. 2013. Vol. 49. P. 224–227.
11. Roy A., Ferguson C. J. Competitively versus cooperatively? An analysis of the effect of game play on levels of stress. *Comput. Hum. Behav*. 2016. Vol. 56. P. 14–20.
12. Porter A. M., Goolkasian P. Video games and stress: how stress appraisals and game content affect cardiovascular and emotion outcomes. *Front. Psychol*. 2019. Vol. 10. P. 967.
13. Ferguson C. J., Triganì B., Pilato S., Miller S., Foley K., Barr H. Violent Video Games Don't Increase Hostility in Teens, but They Do Stress Girls Out. *Psychiatr Q*. 2016. Vol. 87. No. 1. С. 49–56

14. Russoniello C.V., O'Brien K., Parks J.M. The effectiveness of casual video games in improving mood and decreasing stress. *J. Cyber Ther. Rehabil.* 2009. Vol. 2. No. 1. P. 53–66.
15. Луць Ю.П., Лук'янцева Г.В. «Особливості психофізіологічних і психологічних характеристик кіберспортсменів» XVI Міжнародна конференція молодих вчених «Молодь та олімпійський рух». 2023. С. 91-92
16. Brunborg G.S., Mentzoni R.A., Melkevik O.R., Torsheim T., Samdal O., Hetland J, et al. Gaming addiction, gaming engagement, and psychological health complaints among Norwegian adolescents. *Media Psychol.* 2013. Vol. 16. P. 115–28.
17. Lemmens J.S., Valkenburg P.M., Peter J. Development and validation of a game addiction scale for adolescents. *Media Psychol.* 2009. Vol. 12. P. 77–95.
18. Hart G.M., Johnson B., Stamm B., Angers N., Robinson A., Lally T., et al. Effects of video games on adolescents and adults. *Cyberpsychol Behav.* 2009. Vol. 12. P. 63–5.
19. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Голяка С.К., Безкопильний О.П., Спринь О.Б. Особливості властивостей психофізіологічних функцій у спортсменів із різним рівнем спортивної кваліфікації. *Спортивна медицина.* 2008. No1. С.174-180.
20. Макаренко М. В., Лизогуб В.С., Безкопильний О.П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини: навч.-метод. посіб. Черкаси: Вертикаль, 2014. 102 с.
21. Raven J. Raven progressive matrices. In: *Handbook of nonverbal assessment*. Boston, MA: Springer US. 2003. 223–237 s.
22. Комплекс для психологічного тестування «БОС-тест». Компанія «СІАТА» – Медична техніка і обладнання. URL: <http://www.siata.net.ua/index.php/kompleks-dlya-psihologicheskogo-testirovaniya-bos-test/>
23. Кліщ МІ, Вадзюк СН. Особливості сенсомоторних реакцій у школярів зі слуховою депривацією. *Вісник наукових досліджень.* 2016. №1. 36-39. DOI: <https://doi.org/10.11603/2415-8798.2016.1.6115>

## References

1. Hamari J., Sjöblom M. (2017). "What is eSports and why do people watch it?", *Internet Research*. Vol. 27 No. 2. P. 211-232. <https://doi.org/10.1108/IntR-04-2016-0085>
2. Seo Y., Electronic Sports: A. (2013). New Marketing Landscape of the Experience Economy. *Journal of Marketing Management*. Vol. 29. No. 13/14. P. 1542–1560.
3. Giakoni-Ramírez F., Merellano-Navarro E., Duclos-Bastías D. (2022). Professional Esports Players: Motivation and Physical Activity Levels. *Int J Environ Res Public Health*. Vol. 19. No. 4. P. 2256.
4. Lu Y., Chen H., Yan H. (2022). E-Sports Competition Analysis Based on Intelligent Analysis System. *Comput Intell Neurosci*. 4855550. doi: 10.1155/2022/4855550.
5. Imas Ye. (2020). Kibersport yak sotsialno-sportyvne yavyshe v umovakh suchasnoho rozvytku informatsiinoho suspilstva. *Teoriia i metodyka fizychnoho vykhovannia i sportu*. № 4. S. 13–17. [in Ukrainian].
6. Watanabe K., Saijo N., Minami S., Kashino M. (2021). The effects of competitive and interactive play on physiological state in professional esports players. *Heliyon*. Vol. 7. No. 4.
7. Bediou B., Deanne M. A., Mayer R. E., Tipton E., Green C. S., Bavelier D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*. Vol. 144. No. 1. P. 77–110.
8. Bavelier D., Green C. S. (2019). Enhancing Attentional Control: Lessons from Action Video Games. *Neuron*. Vol. 104. No. 1. P. 147–63.
9. Przybylski A. K., Weinstein N. (2019). Violent video game engagement is not associated with adolescents' aggressive behaviour: evidence from a registered report. *The royal society publishing*. Vol. 6. No. 2. 171474.
10. Hasan Y., Bègue L., Scharnow M., Bushman B. J. (2013). The more you play, the more aggressive you become: a long-term experimental study of cumulative violent video game effects on hostile expectations and aggressive behavior. *J. Exp. Soc. Psychol.* Vol. 49. P. 224–227.
11. Roy A., Ferguson C. J. (2016). Competitively versus cooperatively? An analysis of the effect of game play on levels of stress. *Comput. Hum. Behav.* Vol. 56. P. 14–20.
12. Porter A. M., Goolkasian P. (2019). Video games and stress: how stress appraisals and game content affect cardiovascular and emotion outcomes. *Front. Psychol.* Vol. 10. P. 967.
13. Ferguson C. J., Triganì B., Pilato S., Miller S., Foley K., Barr H. (2016). Violent Video Games Don't Increase Hostility in Teens, but They Do Stress Girls Out. *Psychiatr Q.* Vol. 87. No. 1. C. 49–56.
14. Russoniello C.V., O'Brien K., Parks J.M. (2009). The effectiveness of casual video games in improving mood and decreasing stress. *J. Cyber Ther. Rehabil.* Vol. 2. No. 1. P. 53–66.
15. Luts Yu.P., Lukiantseva H.V. (2023). «Osoblyvosti psykhofiziologichnykh i psykhologichnykh kharakterystyk kibersportsmeniv» XVI Mizhnarodna konferentsiia molodykh vchenykh «Molod ta olimpiyskyi rukh». S. 91-92 [in Ukrainian].
16. Brunborg G.S., Mentzoni R.A., Melkevik O.R., Torsheim T., Samdal O., Hetland J. (2013). Gaming addiction, gaming engagement, and psychological health complaints among Norwegian adolescents. *Media Psychol.* Vol. 16. P. 115–28.

17. Lemmens J.S., Valkenburg P.M., Peter J. (2009). Development and validation of a game addiction scale for adolescents. *Media Psychol.* Vol. 12. P. 77–95.
18. Hart G.M., Johnson B., Stamm B., Angers N., Robinson A., Lally T. (2009). Effects of video games on adolescents and adults. *Cyberpsychol Behav.* Vol. 12. P. 63–5.
19. Makarenko, M. V., Lyzohub, V. S., Holiaka, S.K., Bezakopylnyi, O. P. & Spryn, O. B. (2008) Features of the properties of psychophysiological functions at athletes with different levels of sports qualification. *Sports medicine.* 1. 174-180. [in Ukrainian].
20. Makarenko, M. V., Lyzohub, V. S. & Bezakopylnyi, O. P. (2014) Methodical instructions to the workshop on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. Cherkasy: Vertical. 102 [in Ukrainian].
21. Raven J. Raven progressive matrices. In: *Handbook of nonverbal assessment.* Boston, MA: Springer US. 2003. 223–237 s.
22. Kompleks dlia psykholohycheskoho testyrovanyia «BOS-test». Kompaniia «Syata» – Medytsynskaia tekhnika y oborudovanye. URL: <http://www.siata.net.ua/index.php/kompleks-dlya-psihologicheskogo-testirovaniya-bos-test/> [in Ukrainian].
23. Klishch MI, Vadziuk SN. Osoblyvosti sensomotornykh reaktsii u shkoliariv zi slukhovoiiu deprivatsiieiu. *Visnyk naukovykh doslidzhen.* 2016. №1. 36-39. DOI: <https://doi.org/10.11603/2415-8798.2016.1.6115> [in Ukrainian].

**Luts Yu.P., Lukyantseva H.V., Fedorchuk S.V. Manifestation of neurodynamic properties of cyber sportsmen depending on the level of stress, self-regulation, adaptability and intelligence**

**Introduction.** Study of the speed of sensorimotor reactions and individual-typological features of higher nervous activity, psychological indicators of the level of intelligence development, IQ according to Raven's test, and the level of development of existing stress, the effectiveness of mental self-regulation and adaptability according to M. Lüscher's color selection method.

**Purpose.** It consisted in determining whether the features of the sensorimotor response of e-athletes in an optimal mode are interrelated with the level of existing stress, emotional tension, self-regulation and adaptability, as well as with the level of intelligence.

**Methods.** 14 e-sportsmen aged 17-23 participated in the study. The diagnostic complex "Diagnost-1" was used to determine the psychophysiological properties of cyber athletes. To determine the level of intelligence, Raven's test was used, to determine the level of existing stress and the effectiveness of psychological self-regulation, M. Lüscher's color selection test was used using the software and hardware complex of psychological and psychophysiological diagnostics "BOS-test-Professional". Statistical processing of the obtained results was carried out using descriptive statistics IBM SPSS Statistics, version 26.

**Result.** Cyber-sportsmen had an average level of the latency period (LP) of sensorimotor reactions (simple visual-motor reaction, SVMR), namely: it was  $257,52 \pm 19,13$  ms for the dominant hand and  $278,14 \pm 33,49$  ms for the subdominant hand. The LP RCh1-3 (simple reaction of choice) of the dominant hand was  $375,03 \pm 37,11$  ms for the subdominant  $370,12 \pm 39,67$  ms. The study of LP RCh2-3 (complex choice reaction) shows that e-sportsmen have an average level of sensorimotor reactions, which was  $442,06 \pm 34,75$  ms. As for the Raven's test, they indicate the average level of intelligence development for this age group:  $58,79 \pm 6,99\%$ . The IQ of cyber sportsmen according to Raven's test, the average value of this indicator is  $88,29 \pm 5,65$  points, which indicates a below average level of intelligence. According to M. Lüscher's test, the average value of the vegetative balance coefficient of Shiposh was  $0,84 \pm 0,33$  um. unit, which means trophotropic dominance, predominance of excitation (activation) of the parasympathetic system. The average value of Valnefer's coefficient for e-athletes was  $21,36 \pm 5,92$  points. units, which means a reduced level of self-regulation and adaptability. In turn, the stress level indicator of the examinees was  $4,43 \pm 2,95$  points. units, which means the average level of existing stress. Statistically significant relationships between the psychophysiological indicators of a simple visual-motor reaction (the average value of the motor component for the dominant and subdominant hand) and psychological indicators according to the tests of Raven and M. Lüscher, namely: the indicator of the level of intelligence development ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ), the IQ coefficient ( $p < 0,05$ ), the stress level indicator ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ), as well as the Valnefer coefficient ( $p < 0,01$ ). Correlation relationships between the average value of the motor component for the dominant and subdominant hand (test RCh1-3) and psychological indicators according to M. Lüscher's test, namely: the indicator of the level of existing stress ( $p < 0,05$ ) and the Wallnefer coefficient ( $p < 0,01$ ). In addition, a statistically significant correlation was found between the stress level indicator and the motor component of RCh2-3 ( $r = 0,68$ ,  $p < 0,01$ ).

**Originality.** There is no data on the study of the psychophysiological and psychological components of the body of cyber-athletes.

**Conclusion.** *The relationship between the psychophysiological indicators of SVMR, RCh1-3 (the average value of the motor component for the dominant and subdominant hand) and the motor component RCh2-3 with psychological indicators according to the test of Raven and M. Lüscher was revealed. A direct correlation was found: i.e., a "slower" SVMR was associated with a higher level of intelligence, with a higher level of stress and a lower level of self-regulation and adaptability of the examined e-athletes. Conversely, eSportsmen with a lower level of intelligence and a lower level of stress, but a higher level of self-regulation and adaptability, showed a faster reaction of SVMR. Also, a higher level of existing stress and the Valnefer coefficient were associated with a longer time of the motor component of the reaction to choose one of the three stimuli and the complex reaction of choice (RCh2-3). Accordingly, e-athletes with a lower level of stress showed a faster reaction of choosing RCh2-3. There is no correlation between SVMR and Shyposh's coefficient of vegetative balance. That is, the success of the sensorimotor response was not related to the functional state of the autonomic nervous system of the examinees. There is no correlation between other psychophysiological indicators in the optimal mode and indicators according to Raven's test (namely, the indicator of the level of intelligence development and the IQ).*

**Key words:** *eSports; psychophysiological indicators; stress level; intelligence.*

Одержано редакцією: 19.10.2023

Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 796.012.12.071:616.127+616-007.61  
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-89-96

**Юлія Михайлівна Панченко**

викладач кафедри медико-біологічних дисциплін  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
poradun07@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4235-0511>

**Світлана Богданівна Дроздовська**

професор кафедри медико-біологічних дисциплін  
Національний університет фізичного виховання і спорту України  
sdrozdovska@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6211-5204>

## **ЗМІНИ РІВНЯ ІРИЗИНУ У КРОВІ ЖІНОК ІЗ ОЖИРІННЯМ ПІД ВПЛИВОМ РІЗНИХ ПРОГРАМ ОЗДОРОВЧОГО ФІТНЕСУ**

*Метою роботи було дослідити ймовірність участі міокіну іризину у зниженні маси тіла жінок із ожирінням в процесі занять оздоровчим фітнесом.*

*Методи:* у дослідженні взяли участь 87 жінок 2 періоду зрілого віку, з яких: 73 жінки з ожирінням та 14 жінок із нормальною масою тіла. Програми оздоровчого фітнесу із переважно вправами аеробного характеру (ЕГ1) та переважно силового характеру (ЕГ2) реалізовувались тричі на тиждень протягом 3-х місяців з використанням платформи для онлайн зустрічей Zoot. У обстежуваних жінок до та після 3-х місяців програм оздоровчого фітнесу визначали антропометричні показники, композиційний склад тіла, біохімічні показники вуглеводного та жирового обміну. Концентрацію іризину та лептину у сироватці крові визначали імуноферментним методом (ELISA).

*Результати:* під впливом 3-х місяців тренувань оздоровчим фітнесом із різною спрямованістю занять вірогідні зміни у показниках композиційного складу тіла відбулись в групі з переважно силовим характером вправ (маса тіла зменшилась на 6,67% ( $p=0,03$ ), ІМТ зменшився на 6,9% ( $p=0,025$ ), відсоток жирової маси зменшився на 7,82%, вісцеральний жир зменшився на 15,45 % ( $p=0,036$ ) у порівнянні із вихідними показниками). У жінок двох експериментальних груп рівень іризину та лептину знизилися. Рівень іризину зменшився у першій групі на 14,7% (0,0156), у другій на 13% ( $p=0,0039$ ). Зміни рівня лептину були не вірогідними (у ЕГ1 – на 8,63%, а в ЕГ2 - на 14,32 %). Висновки: рівень іризину у жінок із ожирінням вірогідно перевищує рівень жінок контрольної групи ( $p = 0,0223$ ) на 13%; 3-х місячні програми оздоровчого фітнесу з різним характером фізичних вправ викликають зниження рівня іризину та лептину у крові жінок із ожирінням; рівень лептину у жінок із ожирінням вірогідно ( $p < 0,0001$ ) перевищує рівень у жінок із нормальною масою тіла та залежить від ступеня ожиріння ( $p < 0,0001$ ). Чим вищий ІМТ, тим вищий рівень лептину у крові жінок із ожирінням.

**Ключові слова:** іризин, лептин, міокіни, оздоровчий фітнес, фізичні вправи, ожиріння

**Постановка проблеми.** Фізичні вправи сприятливо впливають не тільки на самі м'язи, але опосередковано, через різні молекулярні шляхи, можуть здійснювати взаємодію між м'язами та іншими органами, реалізовувати загальнооздоровчий вплив фізичних вправ на організм людини. Зокрема встановлено, що іризин (міокін, який секретується м'язами під час фізичних вправ) приймає участь у регуляції серцево-судинних захворювань (гіпертонія, ішемічна хвороба серця, кардіоміопатія та інсульт) [1], широкого спектру захворювань, пов'язаних із старінням [2], захворювань обміну речовин (ожиріння, цукровий діабет 2 типу та метаболізм кісткової тканини); захворювань нервової системи (хвороба Альцгеймера, хвороба Паркінсона та інсульт); та інших (рак і саркопенія) [3]. Іризин утворюється шляхом відщеплення від молекули FNDC5 (мембранного білку 5, що містить домен фібронектину III типу). Незважаючи на високий рівень зацікавленості міокінами, до сих пір механізми їх участі у реалізації оздоровчого ефекту фізичних вправ до кінця не встановлені. Хоча чіткий зв'язок

між станом серцево-судинної системи та рівнем іризину не встановлено, існують спроби використання іризину у якості біомаркера серцево-судинних захворювань [1]. Крім того існують розбіжності у розумінні регуляції секреції іризину фізичними вправами. Встановлено, що з віком рівень іризину зменшується [2]. Іризин є ключовим регулятором когнітивних переваг фізичних вправ і є потенційним терапевтичним засобом для лікування когнітивних розладів, включаючи хворобу Альцгеймера (АХ). Нещодавно встановлено, що іризин реалізовує вплив фізичних вправ на когнітивні функції [3]. Вважається, що основний вплив іризину здійснює на обмін речовин, індуючи процес перетворення білого жиру на бурий у адипоцитах з наступним збільшенням мітохондріального окислення ліпідів та зменшенням інсулінової резистентності [4, 5]. Іризин впливає на обмін речовин та термогенез, впливаючи на процес побуріння адипоцитів [6] і опосередковано, на рівні гормонів голоду, зокрема лептину [7]. Лептин - один із відомих адипоцитів, але у літературі спостерігаються протиріччя щодо його зв'язку із фізичними вправами.

У різних дослідженнях спостерігається висока гетерогенність показників рівня мРНК та білку іризину у тканинах та крові при відповіді на фізичні навантаження. До факторів, що впливають на рівень іризину належать, вид тканини, тип об'єкту, метод вимірювання спрямованість, інтенсивність та тривалість фізичних навантажень. У ряді досліджень встановлено, що довготривалі фізичні навантаження у осіб із ожирінням викликають підвищення рівня іризину, як у чоловіків, так і жінок. Вірогідні зміни рівня іризину реєструються після 6 місяців занять. 3 місяця занять не викликають підвищення рівня іризину у крові. У осіб із нормальною масою тіла тренування можуть викликати зниження рівня іризину (іризинова резистентність). В експериментах на тваринах показано, що рівень іризину у тканинах та сироватці крові збільшується одразу після інтенсивних навантажень, але низькоінтенсивні хронічні фізичні навантаження не викликають підвищення рівня іризину у сироватці крові [8]. При порівнянні тренувального ефекту аеробних та силових вправ, що застосовувались протягом 26 тижнів не було встановлено впливу тренувань на рівень іризину у сироватці крові [9]. У більшості досліджень впливу фізичних тренувань на осіб із цукровим діабетом 2 типу показано збільшення рівня іризину у сироватці крові, хоча тривалість та характер тренувань теж вносить свої модальності [10].

Очікується, що це дослідження покращить розуміння механізмів дії іризину, що може бути корисним для скринінгу, діагностики або терапії багатьох хронічних захворювань, для розробки перспективних інтервенційних стратегій, ефективних препаратів-кандидатів, функціональних харчових продуктів або міметиків фізичних вправ. Дослідження тривалості та характеру фізичних навантажень, що викликають вірогідні зміни у прирості іризину, а от же й вплив на термогенез, додаткові інтервенції, за допомогою яких можна керувати його рівнем, сприятимуть розробці програм оздоровчих фізичних занять, спрямованих на нормалізацію маси тіла. Дослідження змін рівня цитокіну іризину та лептину у жінок із ожирінням під впливом занять оздоровчим фітнесом різної спрямованості та встановлення зв'язку рівня цих цитокінів із показниками ступеня ожиріння дозволить обґрунтувати можливість використання іризину як маркера ожиріння та впливу фізичних навантажень на метаболізм.

**Мета дослідження** – дослідити ймовірність участі міокіну іризину у зниженні маси тіла жінок із ожирінням в процесі занять оздоровчим фітнесом. Дослідження виконується згідно теми 2.8 плану наукової роботи Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021-2025 р.р. «Вплив екзогенних та ендогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності», державний реєстраційний номер 012U108187.

**Матеріали та методи.** У дослідженні взяли участь 87 жінок 2 періоду зрілого віку (36-57 років), з яких: 73 жінки з ожирінням (вік –  $43 \pm 7,9$  років, зріст –  $165 \pm 5$  см, маса тіла –  $85,4 \pm 10,2$  кг, ІМТ –  $31,3 \pm 3,8$ ) та 14 жінок із нормальною масою тіла (ІМТ < 25). Всіх жінок із



ожирінням було рандомно поділено на три групи. Перша експериментальна група (ЕГ1) складалася з 23 жінок II періоду зрілого віку з ожирінням I - III ступеня, які приймали участь у аеробних тренуваннях zumba fitness. Друга експериментальна група (ЕГ2) складалася із 30 жінок II періоду зрілого віку з ожирінням I – III ступеня, що займались оздоровчим фітнесом із переважно силовим характером вправ. Контрольну групу (КГ) склали 20 жінок II періоду зрілого віку з надлишковою масою тіла та ожирінням I - III ступеня ( $IMT \geq 30$ ), що не займались спортом та не дотримувались раціонального харчування, тобто не змінювали свої харчові звички. Жінки експериментальних груп поєднували фізичні вправи із раціональним харчуванням. Всі учасниці підписували інформовану згоду про участь у проекті та отримали рекомендації щодо раціонального харчування; індивідуальні рекомендації з тренувань

Дослідження проводилось на кафедрі медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України. Тренування відбувались тричі на тиждень протягом 3-х місяців з використанням платформи для онлайн зустрічей Zoom. Композиційний склад тіла визначали методом біоелектричного імпедансного аналізу за допомогою приладу Tanita BC -731. Оцінку біохімічних параметрів крові жінок проводили у науково-консультативному відділі амбулаторно-профілактичної допомоги хворим з ендокринною патологією Інституту ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України. Концентрацію іризину та лептину у сироватці крові визначали імуноферментним методом (ELISA) на планшетному імуноферментному аналізаторі Stat fax 3200 (США). Вміст іризину визначали за допомогою набору реагентів фірми «Wuhan Fine Biotech Co. Ltd» (China) Рівень лептину у крові визначали із використанням наборів фірми «Roche Diagnostics GmbH Mannheim» (Німеччина).

Ступінь компенсації вуглеводного обміну обстежених пацієнтів оцінювали за рівнем глікованого гемоглобіну (HbA1c), який визначали калориметричним методом із тіобарбітуровою кислотою. Рівні загального холестерину (ЗХС), холестерину, ЛПВЩ та тригліцеридів (ТГ) визначали ферментативним методом за допомогою стандартних наборів фірми «Boehringer Mannheim» (Mannheim, Germany). Для оцінки вірогідності відмінностей між антропометричними та біохімічними показниками жінок із ожирінням до та після різних програм оздоровчого фітнесу, для оцінки ефективності цих програм та їх впливу на показники композиційного складу тіла та метаболізму використовували однофакторний дисперсійний аналіз ANOVA, виконаний за допомогою GraphPad Prism 9.5.1 (GraphPad Software, Inc, San Diego, CA, USA). Всі дані представлені у вигляді  $M \pm \sigma$  (стандартне відхилення). Значення  $p < 0.05$  розглядали як статистично вірогідне.

**Результати та обговорення.** Результати біохімічного аналізу рівня іризину та лептину у сироватці крові жінок із нормальною масою тіла та із ожирінням представлено на рис.1. Рівень іризину в крові жінок з ожирінням становив  $218,2 \pm 45,3$  нг/мл, що перевищувало його рівень у контрольній групі ( $186,8 \pm 21,86$  нг/мл), ( $p = 0,0223$ ). Цей факт підтверджується літературними даними, що у осіб із ожирінням, як тренуваних, так і нетренуваних, рівень іризину у плазмі крові перевищує рівень іризину у осіб із нормальною масою тіла [11, 12]. Рівень лептину в групі жінок із ожирінням ( $54,56 \pm 30,61$  нг/мл) вірогідно відрізнявся від контролю ( $9,52 \pm 5,05$  нг/мл) ( $p < 0,0001$ ).

У нашому дослідженні не було встановлено кореляції між ІМТ у жінок з ожирінням та рівнем іризину проте виявлено тісний зв'язок між ІМТ та рівнем лептину ( $r = 0,739$ ;  $p < 0,0001$ ) (Рис. 2). Встановлено вірогідні відмінності у рівні лептину між групами жінок із різним ступенем ожиріння. Особи із III ступенем ожиріння характеризувались найвищим рівнем лептину ( $98,81 \pm 2,48$ ) нг/мл, що у 2,7 рази ( $p < 0,0001$ ) перевищував рівень лептину у крові жінок із I ступенем ожиріння, які мали найнижчий рівень лептину ( $35,97 \pm 25,35$ ) нг/мл. Асоціації рівнів іризину та лептину у сироватці крові жінок із ожирінням із показниками вуглеводного та жирового обміну у нашій роботі встановлені не були, хоча раніше було

показано негативну асоціацію між експресією гена у скелетних м'язах та інсуліновою чутливістю, позитивну асоціацію із інсуліновою концентрацією після глюкозного тесту [13].

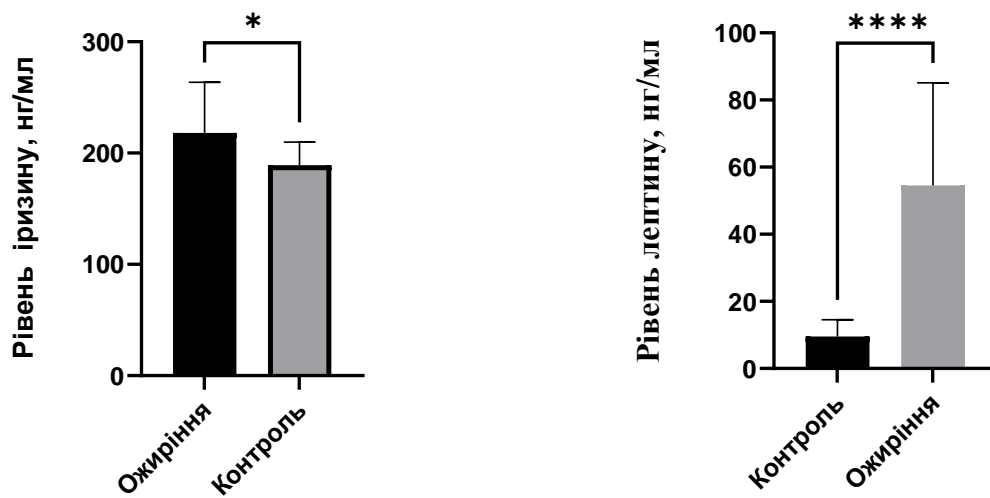


Рис.1 Концентрація іризину та лептину у плазмі крові жінок з ожирінням та з нормальною масою тіла ( $M \pm \sigma$ ), нг/мл

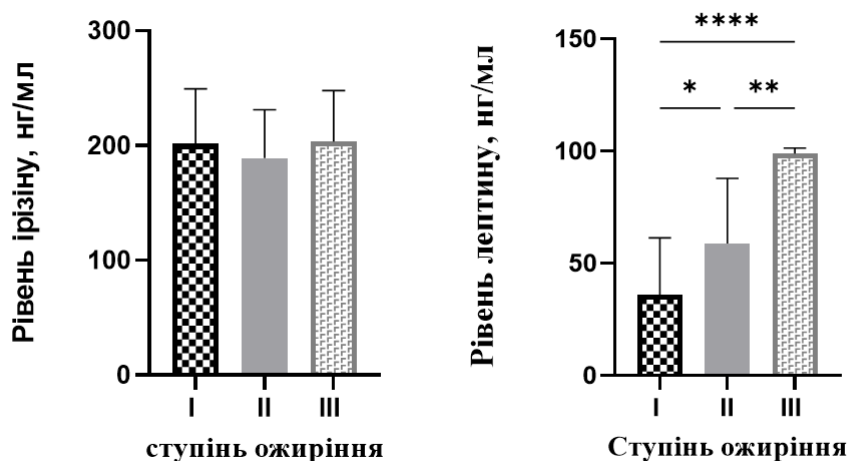


Рис.2. Залежність рівня іризину та лептину у крові жінок із ожирінням від ІМТ

Під впливом 3-х місяців тренувань оздоровчим фітнесом із різною спрямованістю занять вірогідні зміни у показниках композиційного складу тіла відбулись тільки в групі з переважно силовим характером вправ. Маса тіла жінок зменшилась на 6,67% ( $p=0,03$ ), ІМТ зменшився на 6,9% ( $p=0,025$ ), відсоток жирової маси зменшився на 7,82%, вісцеральний жир зменшився на 15,45 % ( $p=0,036$ ) у порівнянні із вихідними показниками. Під впливом тренувань відбулись зміни у показниках загального холестеролу, тригліцеридів, глікованого гемоглобіну та глюкози. В ЕГ2 під впливом занять з переважанням вправ силового характеру спостерігались вірогідні зміни у рівні глюкози та у зміні глікованого гемоглобіну, тоді як у групі 1 відбулись вірогідні зміни у рівні тригліцеридів плазми крові та холестерину.

В обох групах рівень іризину та лептину знизилися, але зміни рівня лептину були не вірогідними (у ЕГ1 – на 8,63%, а в ЕГ2 - на 14,32 %). Вказаний ефект впливу фізичних вправ на рівень лептину вже був показаний нами раніше [14]. У загальному рівень іризину

зменшився на 13,7% ( $p=0,0001$ ) (рис.3), у першій групі на 14,7% (0,0156), у другій на 13% ( $p=0,0039$ ) (рис.4). Зниження рівня іризину під впливом тривалих фізичних вправ вже спостерігалось у дослідженнях з участю молодих здорових осіб і названо «іризиною резистентністю» [15] Таким чином, 3-х місячні програми оздоровчого фітнесу, як аеробного, так і силового спрямування, викликають вірогідне зниження секреції іризину та незначне зниження лептину у крові жінок із ожирінням.

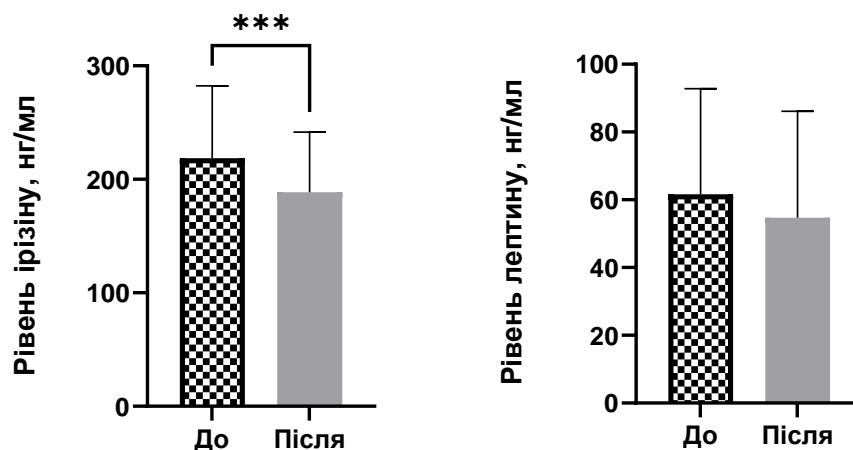


Рис. 3. Зміни рівней лептину та іризину в плазмі крові жінок із ожирінням під впливом 3-х місячних програм оздоровчого фітнесу ( $M \pm \sigma$ )

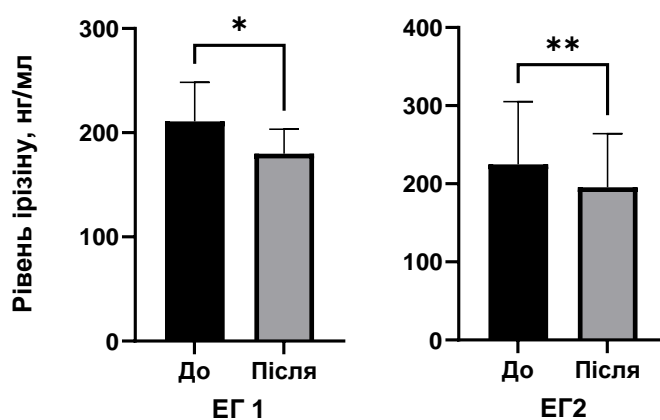


Рис. 4. Зміни концентрації іризину у сироватці крові жінок із ожирінням під впливом програм оздоровчого фітнесу різної спрямованості ( $M \pm \sigma$ )

Незважаючи на те, що індивідуальний ступінь відповіді на стандартизовані фізичні навантаження є ідеосинкратичним, тобто специфічним для кожної особи [16], а низька відповідь на один тип навантажень може бути компенсована у іншому виді вправ, у нашому дослідженні дві різні за спрямованістю фізичних вправ програми оздоровчого фітнесу викликали односпрямовані зміни рівня іризину та лептину, що може свідчити про універсальний характер відповіді генів цих цитокінів на фізичні навантаження. Хоча у багатьох дослідженнях зареєстровано підвищення рівня іризина після фізичних навантажень, аналіз літературних даних дозволяє нам стверджувати, що це прояв термінової адаптації до фізичних навантажень, а довготривалі фізичні навантаження, якими є 12 тижневі програми

оздоровчого фітнесу викликають кумулятивний ефект, що має вияв у зниженні рівня іризина, і опосередковано рівня лептина, як наслідок тривалої дії фізичних навантажень на метаболічні процеси. Підвищений рівень іризину та лептину після тривалого застосування фізичних вправ зустрічається тільки у осіб з високим ступенем ожирінням. Вважають, що рівень іризину підвищується після фізичних вправ після індукції білком PGC1A. Іризин зв'язується з рецептором (інтегрин  $\alpha V/\beta 5$ ) жирової тканини, що призводить до значної втрати ваги та зниження загальної енергії організму [17]. Утворений іризин збільшує експресію мРНК *UCP1*, трансмембранного білка, який зменшує протонний градієнт, утворений окисним фосфорилуванням і тим самим посилює термогенез (продукцію тепла). Але тривале застосування фізичних вправ може призвести до адаптації, зниження експресії генів *PGC1A* та *FNDC5*.

Отримані нами результати свідчать, що іризин та лептин є активними тканинними гормонами, які виробляються у відповідь на фізичні навантаження, рівень яких у плазмі крові змінюється під впливом тривалих фізичних навантажень, приймають участь у нормалізації показників жирового та вуглеводного обмінів, сприяють зниженню індексу маси тіла та резистентності до інсуліну.

**Висновки.** Рівень іризину у жінок із ожирінням вірогідно перевищує рівень жінок контрольної групи ( $p = 0,0223$ ) на 13%. 3-х місячні програми оздоровчого фітнесу з різним характером фізичних вправ викликають зниження рівня іризина та лептина у крові жінок із ожирінням. Рівень лептину у жінок із ожирінням вірогідно ( $p < 0,0001$ ) перевищує рівень у жінок із нормальною масою тіла та залежить від ступеня ожиріння ( $p < 0,0001$ ). Чим вищий ІМТ, тим вищий рівень лептину у крові жінок із ожирінням.

### Список використаної літератури

1. Irisin: A New Code Uncover the Relationship of Skeletal Muscle and Cardiovascular Health During Exercise / C. Ma et al. *Frontiers in Physiology*. 2021. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.620608> (date of access: 23.11.2023).
2. Irisin, An Exercise-induced Bioactive Peptide Beneficial for Health Promotion During Aging Process / H. Zhang et al. *Ageing Research Reviews*. 2022. P. 101680. URL: <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101680> (date of access: 23.11.2023).
3. Exercise hormone irisin is a critical regulator of cognitive function / M. R. Islam et al. *Nature Metabolism*. 2021. Vol. 3, no. 8. P. 1058–1070. URL: <https://doi.org/10.1038/s42255-021-00438-z> (date of access: 23.11.2023).
4. Irisin induces white adipose tissue browning in mice as assessed by magnetic resonance imaging / Y. Chen et al. *Experimental Biology and Medicine*. 2021. Vol. 246, no. 14. P. 1597–1606. URL: <https://doi.org/10.1177/15353702211006049> (date of access: 23.11.2023).
5. Molecular Basis of Irisin Regulating the Effects of Exercise on Insulin Resistance / J. Lin et al. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, no. 12. P. 5837. URL: <https://doi.org/10.3390/app12125837> (date of access: 23.11.2023).
6. Irisin exerts dual effects on browning and adipogenesis of human white adipocytes / Y. Zhang et al. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2016. Vol. 311, no. 2. P. E530–E541. URL: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00094.2016> (date of access: 23.11.2023).
7. The modulatory effects of irisin on asprosin, leptin, glucose levels and lipid profile in healthy and obese male and female rats / S. Ozcan et al. *Archives of Physiology and Biochemistry*. 2020. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1722706> (date of access: 23.11.2023).
8. Irisin Is Elevated in Skeletal Muscle and Serum of Mice Immediately after Acute Exercise / J. Brenmoehl et al. *International Journal of Biological Sciences*. 2014. Vol. 10, no. 3. P. 338–349. URL: <https://doi.org/10.7150/ijbs.7972> (date of access: 23.11.2023).
9. Irisin and exercise training in humans – Results from a randomized controlled training trial / A. Hecksteden et al. *BMC Medicine*. 2013. Vol. 11, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-235> (date of access: 23.11.2023).
10. The Effect of Exercise Training on Irisin Secretion in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review / M. Vecchiato et al. *Journal of Clinical Medicine*. 2022. Vol. 12, no. 1. P. 62. URL: <https://doi.org/10.3390/jcm12010062> (date of access: 23.11.2023).
11. Relationship between circulating irisin levels and overweight/obesity: A meta-analysis / J. Jia et al. *World Journal of Clinical Cases*. 2019. Vol. 7, no. 12. P. 1444–1455. URL: <https://doi.org/10.12998/wjcc.v7.i12.1444> (date of access: 24.11.2023).

12. Plasma Irisin Modestly Increases during Moderate and High-Intensity Afternoon Exercise in Obese Females / N. C. Winn et al. PLOS ONE. 2017. Vol. 12, no. 1. P. e0170690. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170690> (date of access: 24.11.2023).
13. Common Genetic Variation in the Human FNDC5 Locus, Encoding the Novel Muscle-Derived ‘Browning’ Factor Irisin, Determines Insulin Sensitivity / H. Staiger et al. PLoS ONE. 2013. Vol. 8, no. 4. P. e61903. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061903> (date of access: 24.11.2023).
14. The combined effect of dietary supplement “Leptin Manager” and power fitness exercises on weight loss in women with different LEPR (rs1137101) genotypes / S. Drozdovska et al. Sporto mokslas / Sport Science. 2018. Vol. 2, no. 92. P. 48–54. URL: <https://doi.org/10.15823/sm.2018.17> (date of access: 24.11.2023).
15. Moienneia N., Attarzadeh Hosseini S. R. Acute and chronic responses of metabolic myokine to different intensities of exercise in sedentary young women. Obesity Medicine. 2016. Vol. 1. P. 15–20. URL: <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2015.12.002> (date of access: 24.11.2023).
16. Fitness and strength responses to distinct exercise modes in twins: Studies of Twin Responses to Understand Exercise as a Therapy (STRUETH) study / C. E. Marsh et al. The Journal of Physiology. 2020. Vol. 598, no. 18. P. 3845–3858. URL: <https://doi.org/10.1113/jp280048> (date of access: 24.11.2023).
17. A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis / P. Boström та ін. Nature. 2012. Т. 481, № 7382. С. 463–468. URL: <https://doi.org/10.1038/nature10777> (дата звернення: 24.11.2023).

### References

1. Ma, C., Ding, H., Deng, Y., Liu, H., Xiong, X., & Yang, Y. (2021). Irisin: A New Code Uncover the Relationship of Skeletal Muscle and Cardiovascular Health During Exercise. *Frontiers in Physiology*, 12. doi:10.3389/fphys.2021.620608
2. Zhang, H., Wu, X., Liang, J., Kirberger, M., & Chen, N. (2022). Irisin, An Exercise-induced Bioactive Peptide Beneficial for Health Promotion During Aging Process. *Ageing Research Reviews*, 101680. doi:10.1016/j.arr.2022.101680
3. Islam, M. R., Valaris, S., Young, M. F., Haley, E. B., Luo, R., Bond, S. F., ... Wrann, C. D. (2021). Exercise hormone irisin is a critical regulator of cognitive function. *Nature Metabolism*, 3(8), 1058–1070. doi:10.1038/s42255-021-00438-z
4. Chen, Y., Ding, J., Zhao, Y., Ju, S., Mao, H., & Peng, X.-G. (2021). Irisin induces white adipose tissue browning in mice as assessed by magnetic resonance imaging. *Experimental Biology and Medicine*, 246(14), 1597–1606. doi:10.1177/15353702211006049
5. Lin, J., Liu, X., Zhou, Y., Zhu, B., Wang, Y., Cui, W., ... Zhao, R. (2022). Molecular Basis of Irisin Regulating the Effects of Exercise on Insulin Resistance. *Applied Sciences*, 12(12), 5837. doi:10.3390/app12125837
6. Zhang, Y., Xie, C., Wang, H., Foss, R. M., Clare, M., George, E. V., ... Yang, L.-J. (2016). Irisin exerts dual effects on browning and adipogenesis of human white adipocytes. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 311(2), E530–E541. doi:10.1152/ajpendo.00094.2016
7. Ozcan, S., Ulker, N., Bulmus, O., Yardimci, A., Ozcan, M., & Canpolat, S. (2020). The modulatory effects of irisin on asprosin, leptin, glucose levels and lipid profile in healthy and obese male and female rats. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 1–8. doi:10.1080/13813455.2020.1722706
8. Brenmoehl, J., Albrecht, E., Komolka, K., Schering, L., Langhammer, M., Hoeflich, A., & Maak, S. (2014). Irisin Is Elevated in Skeletal Muscle and Serum of Mice Immediately after Acute Exercise. *International Journal of Biological Sciences*, 10(3), 338–349. doi:10.7150/ijbs.7972
9. Hecksteden, A., Wegmann, M., Steffen, A., Kraushaar, J., Morsch, A., Ruppenthal, S., ... Meyer, T. (2013). Irisin and exercise training in humans – Results from a randomized controlled training trial. *BMC Medicine*, 11(1). doi:10.1186/1741-7015-11-235
10. Vecchiato, M., Zanardo, E., Battista, F., Quinto, G., Bergia, C., Palermi, S., ... Neunhaeuserer, D. (2022). The Effect of Exercise Training on Irisin Secretion in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(1), 62. doi:10.3390/jcm12010062
11. Jia, J., Yu, F., Wei, W.-P., Yang, P., Zhang, R., Sheng, Y., & Shi, Y.-Q. (2019). Relationship between circulating irisin levels and overweight/obesity: A meta-analysis. *World Journal of Clinical Cases*, 7(12), 1444–1455. doi:10.12998/wjcc.v7.i12.1444
12. Winn, N. C., Grunewald, Z. I., Liu, Y., Heden, T. D., Nyhoff, L. M., & Kanaley, J. A. (2017). Plasma Irisin Modestly Increases during Moderate and High-Intensity Afternoon Exercise in Obese Females. *PLOS ONE*, 12(1), Стаття e0170690. doi:10.1371/journal.pone.0170690
13. Staiger, H., Böhm, A., Scheler, M., Berti, L., Machann, J., Schick, F., ... de Angelis, M. H. (2013a). Common Genetic Variation in the Human FNDC5 Locus, Encoding the Novel Muscle-Derived ‘Browning’ Factor Irisin, Determines Insulin Sensitivity. *PLoS ONE*, 8(4), Стаття e61903. doi:10.1371/journal.pone.0061903
14. Drozdovska, S., Palladina, O., Polishchuk, A., & Yuriev, S. (2018). The combined effect of dietary supplement “Leptin Manager” and power fitness exercises on weight loss in women with different LEPR (rs1137101) genotypes. *Sporto mokslas / Sport Science*, 2(92), 48–54. doi:10.15823/sm.2018.17

15. Moienneia, N., & Attarzadeh Hosseini, S. R. (2016). Acute and chronic responses of metabolic myokine to different intensities of exercise in sedentary young women. *Obesity Medicine, 1*, 15–20. doi:10.1016/j.obmed.2015.12.002
16. Marsh, C. E., Thomas, H. J., Naylor, L. H., Scurrah, K. J., & Green, D. J. (2020). Fitness and strength responses to distinct exercise modes in twins: Studies of Twin Responses to Understand Exercise as a Therapy (STRUETH) study. *The Journal of Physiology, 598*(18), 3845–3858. doi:10.1113/jp280048
17. Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., ... Spiegelman, B. M. (2012a). A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature, 481*(7382), 463–468. doi:10.1038/nature10777

**Yu. Panchenko, S. Drozdovska Changes in the Level of Irisin in the Blood of Women with Obesity Under Different Fitness Programs**

**Relevance.** *The secretory function of skeletal muscles has been actively investigated during the last decade, but it is still not sufficiently studied and contains a wide range of undetermined aspects that prevent the use of this knowledge in practice. Tissue hormones produced by contraction of skeletal muscles and called "myokines" take part in the implementation of inter-tissue and inter-organ communication during muscle work and contribute to the adequate response of organs and tissues in ensuring the increased energy needs of the body. In modern sports physiology, it is believed that the main health-improving effects of physical exercises on the body are related to the secretion of the myokine irisin, with its ability to influence the activation of genes involved in thermogenesis and energy metabolism of skeletal muscles. Despite the high level of interest in myokines, the mechanisms of their participation in the implementation of the health-improving effect of physical exercises have not yet been fully established. The goal is to investigate the possibility of the myokine irisin participation in reducing the body weight of obese women during health fitness classes. The relationship between irisin and the adipokine leptin and their role in adaptation to physical exercise remains controversial.*

**Methods:** *87 women of 2 periods of adulthood took part in the study, of which: 73 obese women and 14 women with normal body weight. Health fitness programs with mainly aerobic exercises (EG1) and mainly strength exercises (EG2) were implemented three times a week for 3 months using the Zoom online meeting platform. Anthropometric indicators, body composition, biochemical indicators of carbohydrate and lipid metabolism were determined in the examined women before and after 3 months of health fitness programs. The concentration of irisin and leptin in blood serum was determined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA).*

**Results:** *in the course of the study, it was established that the concentrations of irisin and leptin in the blood of obese women and the control group probably differ. The level of irisin in women with obesity probably exceeds the level in women of the control group ( $p = 0.0223$ ) by 13%. Under the influence of 3 months of health fitness training with different orientations, there were likely changes in the indicators of the composition of the body in the group with mainly strength exercises (body weight decreased by 6.67% ( $p=0.03$ ), BMI decreased by 6.9% ( $p=0.025$ ), percentage of fat mass decreased by 7.82%, visceral fat decreased by 15.45% ( $p = 0.036$ ) in comparison with the initial indicators). In the women of the two experimental groups, the level of irisin and leptin decreased significantly. The level of irisin decreased in the first group by 14.7% (0.0156), in the second by 13% ( $p=0.0039$ ). Changes in the total level of leptin were unlikely (in EG1 - by 8.63%, and in EG2 - by 14.32%). Conclusions: 3-month health fitness programs with different types of physical exercises cause a decrease in the level of irisin and leptin in the blood of obese women; the level of leptin in obese women probably ( $p < 0.0001$ ) exceeds the level in women with normal body weight and depends on the degree of obesity ( $p < 0.0001$ ). The higher the BMI, the higher the level of leptin in the blood of obese women.*

**Key words:** *irisin, leptin, myokines, health fitness, physical exercises, obesity.*

Одержано редакцією: 15.11.2023

Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 612.014.4:612.17.062+577.25:616.127-005.8

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-97-103

**Петро Костянтинівич Цапенко**

кандидат біологічних наук, науковий співробітник  
Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1196-015X>

**Микола Олегович Завгородній**

молодший науковий співробітник  
Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України  
[n.zavgorodnij@gmail.com](mailto:n.zavgorodnij@gmail.com)  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-9864>

**Марія Геннадіївна Козловська**

молодший науковий співробітник  
Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7151-1022>

**Алла Георгіївна Портніченко**

доктор медичних наук, завідувач відділом  
Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2509-101X>

**Володимир Ілліч Портніченко**

доктор медичних наук, завідувач відділом  
Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1473-2408>

## ВПЛИВ БЛОКАДИ КАЛЬЦІЄВИХ КАНАЛІВ L-ТИПУ НА ПАТЕРН ДИХАННЯ ТА ГАЗООБМІН ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНОСТІ У ЩУРІВ

**Анотація:** у дослідах на 24 щурах самцях проведено дослідження впливу блокади повільних кальцієвих каналів на дихання і газообмін при моделюванні інсулінорезистентності. Інсулінорезистентність модельовано за допомогою високожирової дієти (ВЖД) впродовж 2 тижнів. Повільні кальцієві канали блокувались верапамілом, який вводився інтраперитонеально в загальноприйнятій дозі 1 мг/кг маси тіла тварини. Дослідження паттерну дихання та газообміну проводились за допомогою установки, що включала в себе дихальну маску, пневмотахограф для малих лабораторних тварин та мас-спектрометр. Було виміряно частоту дихання ( $f$ ) та дихальний об'єм ( $V_T$ ), обчислювали хвилинний об'єм дихання ( $V_E$ ). За допомогою маспектрометра визначено кількість спожитого кисню ( $V_{O_2}$ ) та виділеного вуглекислого газу ( $V_{CO_2}$ ) за хвилину.

Показано, що при введенні блокатора повільних кальцієвих каналів спостерігається підвищення тону бронхіол і стеновентиляторна перебудова дихання, без змін вірогідних змін енергетичного метаболізму. Виявлено, що застосування верапамілу в щурів із модельованою інсулінорезистентністю викликає підвищення бронхіального тону, поглиблення стеновентиляторної перебудови дихання і зменшення доставки кисню в альвеоли легень, що супроводжується зниженням рівня енергетичного метаболізму.

**Ключові слова:** інсулінорезистентність; високожирова дієта; кальцієві канали L-типу; зовнішнє дихання; газообмін

**Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.** Роботу виконано за цільовою програмою «Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок відділення біохімії, фізіології і молекулярної біології НАН України за Постановою НАН України № 339 від 18.12.2019 (державний реєстраційний номер роботи 0120U001281) та підтримано коштами бюджетної програми «Науково-дослідні роботи молодих учених НАН України 2023-2024 рр.» за Розпорядженням



Президії НАН України від 05.04.2023 №184, за проектом «Молекулярні механізми розвитку інсулінорезистентності та перебудови енергетичного обміну при метаболічному синдромі».

**Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інсулінорезистентність, як зменшення чутливості клітин до дії інсуліну, притаманна різноманітним метаболічним розладам, зокрема ожирінню, цукровому діабету II типу, часто виявляється при гіперглікемії та гіперліпідемії [1, 2]. При метаболічному синдромі, який супроводжується інсулінорезистентністю, жирова тканина не здатна ефективно регулювати накопичення жиру, внаслідок чого тригліцериди і вільні жирні кислоти залишаються циркулювати у кров'яному руслі [3]. Як наслідок може розвинутиися ліпотоксичний стан [4], оскільки такі жирні кислоти можуть активувати вроджену імунну відповідь із залученням внутрішньоклітинних сигнальних шляхів та стресу ендоплазматичного ретикулому (ЕПР) в клітинах печінки, острівцевої частини підшлункової залози, серцевого м'язу, легень [3, 4]. За даними Mirrakhimov (2012) та Sagun (2015) ключовим фактором зниження легеневої вентиляції і обструкції легень при ЦД 2 типу є саме інсулінорезистентність [5, 6].

Блокада повільних кальцієвих каналів (БКК) може впливати на зовнішнє дихання через зміни у серцево-судинній системі та тонусі бронхіального дерева [7, 8]. Протективні ефекти блокади повільних кальцієвих каналів (БКК) добре відомі у серцево-судинній системі при її ураженні та коморбідних патологіях [9]. Також є численні дослідження сприятливого впливу БКК на інші тканини і органи при їх пошкодженні із залученням кальцієвих механізмів, це стосується, зокрема, печінки [10, 11], сітківки ока [12], нирок [13] та ін. Проте, незважаючи на широке використання блокаторів  $Ca^{2+}$ -каналів L-типу в клінічній практиці, існують суперечливі дані щодо їх впливу на вуглеводно-жировий метаболізм, інсулінорезистентність та газообмін і респірацію [3, 5, 6].

Таким чином, роль повільних кальцієвих каналів у перебудові зовнішнього дихання при метаболічних розладах на сьогодні є недостатньо дослідженою.

**Метою** нашої роботи було дослідити особливості впливу блокади повільних кальцієвих каналів на перебудову зовнішнього дихання при інсулінорезистентності у щурів.

**Матеріали та методи.** Дослідження були проведені на 24 щурах самцях лінії Вістар, що утримувались на стандартному раціоні у стандартних умовах віварію з вільним доступом до води. Тварин було поділено на 4 групи: 1) «контроль» – інтактні тварини; 2) «ВЖД» – тварини, в яких моделювали інсулінорезистентність; 3) «БКК» – тварини, яким проводили блокаду повільних кальцієвих каналів шляхом введення верапамілу; 4) БКК+ВЖД – тварини з модельованою інсулінорезистентністю, яким проводили блокаду повільних кальцієвих каналів.

Інсулінорезистентність моделювали [14, 15] за допомогою високожирової дієти (ВЖД) впродовж 2 тижнів. Блокатор кальцієвих каналів верапаміл (Дарниця, Україна) вводили інтраперитонеально в загальноприйнятій дозі 1 мг/кг маси тіла тварини [16].

Дослідження паттерну дихання та газообміну проводили за допомогою установки, що включала в себе дихальну маску, пневмотахограф для малих лабораторних тварин з датчиком тиску MPX5050 та мас-спектрометр МН6202, Україна. Вимірювали частоту дихання (f) та дихальний об'єм (VT), обчислювали хвилинний об'єм дихання ( $V_E$ ). За допомогою масспектрометра визначали кількість спожитого кисню ( $V_{O_2}$ ) та виділеного вуглекислого газу ( $V_{CO_2}$ ) за хвилину. Показники дихального обміну приводили в системі ВTPS (температура тіла, тиск насиченого парами повітря), а показники газообміну – STPD (стандартна температура та тиск сухого повітря). Для усунення впливу циркадіанних коливань дихання і газообміну використовували референтну групу, яка перебувала в однакових умовах з дослідними групами, але не піддавалася дослідним впливам. При аналізі одержаних даних нормалізували одержані показники до показників референтної групи (контроль), які приймали за 100%.



Статистичний аналіз проводили за допомогою програми GraphPad Prism 8.0.3, застосовуючи метод 2-way ANOVA з поправкою Tukey. Статистично значущими вважали зміни при  $P < 0,05$ .

**Результати та їх обговорення.** *Зміни зовнішнього дихання у щурів із модельованою інсулінорезистентністю.* У щурів з інсулінорезистентністю (група ВЖД) спостерігалась стеновентиляторна перебудова зовнішнього дихання [19]. При аналізі одержаних даних встановлено (Табл. 1), що показники цієї групи вірогідно не відрізнялися від контрольної групи, за винятком дихального коефіцієнту, який знижувався на 26% порівняно з контрольною групою, за рахунок того, що об'єм спожитого кисню мав тенденції до зростання, водночас об'єм виділеного вуглекислого газу не знижувався вірогідно, що свідчить про активацію жирового обміну у щурів цієї групи [15].

*Зміни показників зовнішнього дихання і газообміну за впливу блокатора кальцієвих каналів L-типу.* За умов блокади повільних кальцієвих каналів спостерігали тенденцію до збільшення частоти дихання (на 10%) і вірогідне зниження дихального об'єму відносно контролю (на 21,5%, Табл. 1). Відповідно до цих змін хвилиний об'єм дихання мав тенденцію до зменшення відносно контролю на 12%, що свідчить про стеновентиляторну перебудову дихання в цій групі [14]. Об'єм спожитого кисню мав тенденцію до зниження (на 14%), в той час як виділення  $\text{CO}_2$  вірогідно знижувалося в порівнянні з контролем на 32%. Як наслідок, дихальний коефіцієнт був вірогідно нижчим за контрольні значення на 20%, що може бути пов'язане з частковим переходом енергетичного метаболізму на використання ліпідних субстратів.

Альвеолярна вентиляція ( $V_A$ ) знижувалась на 17% відносно контролю, вентиляційний еквівалент ( $\dot{V}_{E/q}$ ) не змінювався, як наслідок, співвідношення  $\dot{V}_A/\dot{V}_E$  також не зазнало змін (Табл. 1). Парціальний тиск кисню в альвеолах не відрізнявся від контролю, тоді як парціальний тиск  $\text{CO}_2$  у альвеолах мав тенденцію до зниження на 19% відносно контролю. Кисневий ефект дихального циклу ( $V_{O2RC}$ ) не зазнав змін. Екстракція  $\text{O}_2$  не відрізнялась від контрольних значень, тоді як доставка  $\text{O}_2$  мала тенденцію до зниження на 27%. Співвідношення тривалості видиху до загального часу дихального циклу ( $T_E/T_{tot}$ ) вірогідно зростало на 5%, тоді як співвідношення тривалості вдиху до тривалості видиху ( $T_I/T_E$ ) – знижувалося на 10%. Пікові швидкості вдиху та видиху мали тенденцію до зниження на 15% та 41%, відповідно, середня швидкість вдиху та видиху – на 49% та 33%, відповідно.

Таким чином, під дією блокатора повільних кальцієвих каналів спостерігалось зниження ефективності функції зовнішнього дихання. Це може бути пов'язане із впливом БКК на тонус гладеньких м'язів бронхіального дерева, що узгоджується із даними літератури [7, 8].

*Зовнішнє дихання і газообмін у інсулінорезистентних щурів під впливом БКК.* При застосуванні блокатора кальцієвих каналів у щурів, які перебували на ВЖД, спостерігались наступні зміни зовнішнього дихання:  $f$  зростала на 15%, тоді як  $VT$  вірогідно знижувався на 43% відносно контролю і на 48% відносно групи ВЖД. Як наслідок це призводило до невірогідного зниження  $V_E$  порівняно із контролем (32%) та вірогідного зниження відносно групи ВЖД (49%). Зазначені зміни відповідали ефектам впливу верапамілу на контрольних щурів, але кількісно їх перевищували. Це свідчить, що на тлі інсулінорезистентності введення БКК викликає більш глибоку стеновентиляторну перебудову дихання.

Об'єм спожитого кисню мав тенденції до зниження відносно контролю (19%) і був вірогідно вищим відносно групи ВЖД (35%). У зв'язку з цим дихальний коефіцієнт вірогідно знижувався на 43% в порівнянні з контролем та на 13% відносно групи БКК. Альвеолярна вентиляція ( $V_A$ ) мала тенденцію до зниження відносно контролю (32%) і вірогідно знижувалась відносно групи ВЖД (50%). Вентиляційний еквівалент незначно знижувався (на 11%), співвідношення  $V_A/V_E$  не змінювалося. Парціальний тиск кисню у альвеолах ( $P_{AO_2}$ ) був дещо нижчим відносно контролю (11%), парціальний тиск вуглекислого газу ( $P_{ACO_2}$ ) також мав тенденцію до зниження відносно контролю на 24%.

Таблиця 1

Показники зовнішнього дихання у щурів при інсулінорезистентності та введенні БКК, % від контролю (n=24, M±SD)

Показник	ВЖД	БКК	ВЖД+БКК	Ефект ВЖД	Ефект БКК	Взаємодія ВЖД і БКК
f	105,71±6,94	110,33±14,03	115,0±19,43	F=2,624 P=0,1335	F=0,7350 P=0,4096	F=0,007430 P=0,9329
VT/kg	105,38±9,0	78,46±8,01*	57,33±21,45*#	<b>F=36,28</b> <b>P&lt;0,0001</b>	F=1,858 P=0,2001	<b>F=5,265</b> <b>P=0,0424</b>
$\dot{V}_E$ /kg	117,60±10,61	87,59±14,16	68,37±35,30#	<b>F=11,25</b> <b>P=0,0064</b>	F=0,007772 P=0,9313	F=4,012 P=0,0704
$V_{O_2}$ /kg	114,95±8,36	85,50±5,78	80,10±28,21#	<b>F=13,01</b> <b>P=0,0041</b>	F=0,4860 P=0,5002	F=2,215 P=0,1647
$V_{CO_2}$ /kg	85,33±12,49	68,16±8,39*	46,62±19,02*#	<b>F=36,05</b> <b>P&lt;0,0001</b>	<b>F=9,495</b> <b>P=0,0104</b>	F=0,3426 P=0,5701
RQ	74,09±9,00*	79,95±13,39*	57,22±3,64*+	<b>F=17,13</b> <b>P=0,0016</b>	<b>F=29,75</b> <b>P=0,0002</b>	F=0,1276 P=0,7277
$\dot{V}_A$ /kg	117,94±7,99	83,13±14,57	68,43±37,43#	<b>F=12,32</b> <b>P=0,0049</b>	F=0,02933 P=0,8671	F=2,978 P=0,1123
$\dot{V}_A/\dot{V}_E$	100,38±4,57	94,57±5,28	98,89±2,84	F=3,003 P=0,1110	F=1,372 P=0,2662	F=0,9654 P=0,3469
$P_{AO_2}$	100,68±4,34	97,99±9,44	88,85±21,03	F=1,609 P=0,2308	F=0,6022 P=0,4541	F=0,8111 P=0,3871
$P_{ACO_2}$	72,86±3,81	80,39±6,38	75,55±31,23	F=1,080 P=0,3209	F=3,858 P=0,0753	F=1,875 P=0,1982
VEq	103,20±16,0	102,45±21,33	87,09±39,01	F=0,3661 P=0,5574	F=0,2899 P=0,6010	F=0,6753 P=0,4287
$\dot{V}_{O_2RC}$	103,60±17,49	76,49±12,38	70,13±32,83	<b>F=9,331</b> <b>P=0,0110</b>	F=0,02186 P=0,8851	F=0,2849 P=0,6041
Екстракція O <sub>2</sub>	97,92±13,28	105,67±26,70	131,52±59,44	F=1,609 P=0,2308	F=0,5894 P=0,4588	F=0,8139 P=0,3863
Доставка O <sub>2</sub>	117,93±8,0	83,13±14,56	68,43±37,43#	<b>F=12,32</b> <b>P=0,0049</b>	F=0,02933 P=0,8671	F=2,978 P=0,1123
$T_I/T_E$	106,03±6,11	90,70±3,08*	79,19±5,35*#+	<b>F=67,08</b> <b>P&lt;0,0001</b>	F=1,549 P=0,2391	<b>F=15,81</b> <b>P=0,0022</b>
$T_E/T_{tot}$	96,72±3,28	105,45±2,13*	114,03±4,26*#+	<b>F=63,96</b> <b>P&lt;0,0001</b>	F=3,462 P=0,0897	<b>F=17,35</b> <b>P=0,0016</b>
dV/dt вдиху	104,18±12,44	88,19±10,35	84,02±22,85#	<b>F=5,674</b> <b>P=0,0364</b>	F=7,470e-007 P=0,9993	F=0,3869 P=0,5466
dV/dt вдиху	128,90±25,14	50,85±5,28	65,57±36,28#	<b>F=9,256</b> <b>P=0,0112</b>	F=0,05200 P=0,8238	F=4,553 P=0,0562
$V_{Ipic}$	81,05±38,61	84,53±36,74	113,90±16,92	F=0,3373 P=0,5731	F=0,1211 P=0,7345	F=2,607 P=0,1347
$\bar{V}_I$	55,27±12,53	50,85±5,28	58,89±5,72	F=0,03319 P=0,8588	F=0,2217 P=0,6469	F=2,555 P=0,1383
$V_{Epic}$	81,49±43,03	58,91±26,85	124,68±4,70+	F=0,005741 P=0,9410	F=2,921 P=0,1155	<b>F=9,291</b> <b>P=0,0111</b>
$\bar{V}_E$	79,25±42,78	66,63±32,43	115,07±4,94	F=0,007014 P=0,9348	F=0,8961 P=0,3642	<b>F=5,593</b> <b>P=0,0375</b>

Примітка: \*P<0,05 відносно контролю; #P<0,05 відносно групи ВЖД; +P<0,05 відносно групи БКК.

Екстракція O<sub>2</sub> мала тенденцію до зростання в порівнянні з контролем (32%), а доставка кисню – до зниження відносно контролю (32%) і вірогідно знижувалась відносно групи ВЖД (49%). Пікова швидкість вдиху мала тенденції до зростання на 14%, водночас

середня швидкість вдиху невірогідно знижувалась на 41%. Пікова швидкість видиху зростала на 25% в порівнянні з контролем та достовірно зростала відносно групи БКК на 66%. Середня швидкість видиху була незначно вищою відносно контролю на 15%. Зміни цих показників відрізнялися за своїм характером від впливу блокатора на контрольну групу.

Таким чином, зміни дихання і газообміну у інсулінорезистентних щурів під впливом БКК характеризувалися зростанням тонуусу бронхіол, що в подальшому призводило до підключення центральних механізмів регуляції дихання [18, 19], які викликають перебудову патерну дихання і зміну як часових показників дихання, так і швидкісних показників. Основним наслідком цього є порушення вентиляції альвеол, при якій в легенях з'являються зони з дуже високим і дуже низьким співвідношенням вентиляція/кровообіг, що в подальшому можуть бути основою для розвитку легеневої патології.

### Висновки

1. При введенні блокаторів кальцієвих каналів спостерігається підвищення тонуусу бронхіол і стеновентиляторна перебудова дихання без вірогідного впливу на енергетичний метаболізм.
2. Застосування блокаторів кальцієвих каналів в умовах інсулінорезистентності викликає підвищення бронхіального тонуусу, поглиблення стеновентиляторної перебудови дихання і зменшення доставки кисню в альвеоли легень, що супроводжується зниженням рівня енергетичного метаболізму і переходом на вживання жирових субстратів.

### Список використаної літератури

1. Galgani JE, Moro C, Ravussin E. Metabolic flexibility and insulin resistance. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2008 Nov;295(5):E1009-17.
2. Kitade H, Chen G, Ni Y, Ota T. Nonalcoholic Fatty Liver Disease and Insulin Resistance: New Insights and Potential New Treatments. *Nutrients.* 2017 Apr 14;9(4):387.
3. Baffi CW, Wood L, Winnica D, Strollo PJ Jr, Gladwin MT, Que LG, Holguin F. Metabolic syndrome and the lung. *Chest.* 2016 Jun;149(6):1525-34.
4. Unger RH. Minireview: weapons of lean body mass destruction: the role of ectopic lipids in the metabolic syndrome. *Endocrinology.* 2003 Dec;144(12):5159-65.
5. Sagun G, Gedik C, Ekiz E, Karagoz E, Takir M, Oguz A. The relation between insulin resistance and lung function: a cross sectional study. *BMC Pulm Med.* 2015 Nov 6;15:139.
6. Mirrakhimov AE. Chronic obstructive pulmonary disease and glucose metabolism: a bitter sweet symphony. *Cardiovasc Diabetol.* 2012 Oct 27;11:132.
7. Chapman RV. Effect of verapamil on ventilation and chemical control of breathing in anesthetized rats. *Can J Physiol Pharmacol.* 1985 Dec;63(12):1608-11.
8. Seham Mustafa, Abdulkareem Abdulraheem, Abdulhakeem Alsughayer. Verapamil induces calcium influx in the trachea. *J Pharmacol Sci.* 2008 Apr;106(4):609-14
9. Nayler WG, Krikler D. Verapamil and the myocardium. *Postgrad Med J.* 1974 Jul;50(585):441-6.
10. Czaja MJ. A new mechanism of lipotoxicity: Calcium channel blockers as a treatment for nonalcoholic steatohepatitis? *Hepatology.* 2015 Jul;62(1):312-4.
11. Xu D, Wu Y, Liao ZX, Wang H. Protective effect of verapamil on multiple hepatotoxic factors-induced liver fibrosis in rats. *Pharmacol Res.* 2007 Apr;55(4):280-6
12. Wang Z, Wang D, Li Y, Zhang X. Protective effects of verapamil against h2o2-induced apoptosis in human lens epithelial cells. *Biomol Ther (Seoul).* 2014 Nov;22(6):553-7.
13. Chen YS, Weng SJ, Chang SH, Li RY, Shane GT, Hsu JP, Yeh SW, Chang AC, Lee MJ. Evaluating the antidiabetic effects of R-verapamil in type 1 and type 2 diabetes mellitus mouse models. *PLoS One.* 2021 Aug 6;16(8):e0255405.
14. Tsapenko PK, Vasylenko MI, Aliiev RB, Zavgorodniy MO, Kozlovska M. G., Topchaniuk LY, Sydorenko AM, Bratus LV, Bakunovskyj OM, Portnichenko VI, Portnychenko AG. Effects of high-fat diet on the development of insulin resistance and metabolic syndrome in rats. *Ukr J Med Biol Sport* 2020, 5(3):441–44.

15. Portnychenko AG, Vasylenko MI, Aliiev RB, Kozlovska MG, Zavorodnii MO, Tsapenko PK, Rozova KV, Portnichenko VI. The prerequisites for the development of type 2 diabetes or prediabetes in rats fed a high-fat diet. *Regul Mech Biosyst.* 2023;14(1):16-22.
16. Bosnjak ZJ, Marijic J, Roerig DL, Stowe DF, Murthy VS, Kampine JP. Chronic verapamil treatment depresses automaticity and contractility in isolated cardiac tissues. *Anesth Analg.* 1991 Apr;72(4):462-8.
17. Shields DL. Calcium channel blockers as initial therapeutic agents in hypertension: relationship to incident heart failure. *Biol Res Nurs.* 2014 Jul;16(3):266-77.
18. Breslav I. S. Breathing patterns: physiology, extremes conditions, and pathology / I. S. Breslav, Leningrad: Nauka. – 1984. – 205 p.
19. Fan G, Cui Y, Gollasch M, Kassmann M. Elementary calcium signaling in arterial smooth muscle. *Channels (Austin).* 2019 Dec;13(1):505-519.

### References

1. Galgani JE, Moro C, Ravussin E. Metabolic flexibility and insulin resistance. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2008 Nov;295(5):E1009-17.
2. Kitade H, Chen G, Ni Y, Ota T. Nonalcoholic Fatty Liver Disease and Insulin Resistance: New Insights and Potential New Treatments. *Nutrients.* 2017 Apr 14;9(4):387.
3. Baffi CW, Wood L, Winnica D, Strollo PJ Jr, Gladwin MT, Que LG, Holguin F. Metabolic syndrome and the lung. *Chest.* 2016 Jun;149(6):1525-34.
4. Unger RH. Minireview: weapons of lean body mass destruction: the role of ectopic lipids in the metabolic syndrome. *Endocrinology.* 2003 Dec;144(12):5159-65.
5. Sagun G, Gedik C, Ekiz E, Karagoz E, Takir M, Oguz A. The relation between insulin resistance and lung function: a cross sectional study. *BMC Pulm Med.* 2015 Nov 6;15:139.
6. Mirrakhimov AE. Chronic obstructive pulmonary disease and glucose metabolism: a bitter sweet symphony. *Cardiovasc Diabetol.* 2012 Oct 27;11:132.
7. Chapman RV. Effect of verapamil on ventilation and chemical control of breathing in anesthetized rats. *Can J Physiol Pharmacol.* 1985 Dec;63(12):1608-11.
8. Seham Mustafa, Abdulkareem Abdulraheem, Abdulkhakeem Alsughayer. Verapamil induces calcium influx in the trachea. *J Pharmacol Sci.* 2008 Apr;106(4):609-14
9. Nayler WG, Krikler D. Verapamil and the myocardium. *Postgrad Med J.* 1974 Jul;50(585):441-6.
10. Czaja MJ. A new mechanism of lipotoxicity: Calcium channel blockers as a treatment for nonalcoholic steatohepatitis? *Hepatology.* 2015 Jul;62(1):312-4.
11. Xu D, Wu Y, Liao ZX, Wang H. Protective effect of verapamil on multiple hepatotoxic factors-induced liver fibrosis in rats. *Pharmacol Res.* 2007 Apr;55(4):280-6
12. Wang Z, Wang D, Li Y, Zhang X. Protective effects of verapamil against h2o2-induced apoptosis in human lens epithelial cells. *Biomol Ther (Seoul).* 2014 Nov;22(6):553-7.
13. Chen YS, Weng SJ, Chang SH, Li RY, Shane GT, Hsu JP, Yeh SW, Chang AC, Lee MJ. Evaluating the antidiabetic effects of R-verapamil in type 1 and type 2 diabetes mellitus mouse models. *PLoS One.* 2021 Aug 6;16(8):e0255405.
14. Tsapenko PK, Vasylenko MI, Aliiev RB, Zavorodnii MO, Kozlovska M. G., Topchaniuk LY, Sydorenko AM, Bratus LV, Bakunovskyj OM, Portnichenko VI, Portnychenko AG. Effects of high-fat diet on the development of insulin resistance and metabolic syndrome in rats. *Ukr J Med Biol Sport* 2020, 5(3):441–44.
15. Portnychenko AG, Vasylenko MI, Aliiev RB, Kozlovska MG, Zavorodnii MO, Tsapenko PK, Rozova KV, Portnichenko VI. The prerequisites for the development of type 2 diabetes or prediabetes in rats fed a high-fat diet. *Regul Mech Biosyst.* 2023;14(1):16-22.
16. Bosnjak ZJ, Marijic J, Roerig DL, Stowe DF, Murthy VS, Kampine JP. Chronic verapamil treatment depresses automaticity and contractility in isolated cardiac tissues. *Anesth Analg.* 1991 Apr;72(4):462-8.
17. Shields DL. Calcium channel blockers as initial therapeutic agents in hypertension: relationship to incident heart failure. *Biol Res Nurs.* 2014 Jul;16(3):266-77.
18. Breslav I. S. Breathing patterns: physiology, extremes conditions, and pathology / I. S. Breslav, Leningrad: Nauka. – 1984. – 205 p.
19. Fan G, Cui Y, Gollasch M, Kassmann M. Elementary calcium signaling in arterial smooth muscle. *Channels (Austin).* 2019 Dec;13(1):505-519.

**Tsapenko P.K., Zavhorodnii M.O., Kozlovska M.G., Portnychenko A.G., Portnichenko V.I.**  
**Effect of L-type calcium channel blockade on respiratory pattern and gas exchange in rats on induced insulin resistance**

**Introduction:** Insulin resistance, characterized by decreased cellular sensitivity to insulin, is associated with several metabolic disorders, including obesity, type 2 diabetes, hyperglycemia, and hyperlipidemia. A lipotoxic state that occurs in the presence of insulin resistance is capable of triggering an immune response via intracellular signaling pathways and endoplasmic reticulum stress in various body tissues. It is known that insulin resistance is the main factor in the reduction of lung ventilation and the development of lung obstruction in people with type 2 diabetes. The protective effects of L-type calcium channel blockade (CCB) are well established in cardiovascular injury and comorbidities. Furthermore, there are numerous studies showing the beneficial effects of CCB on other tissues and organs when they are subjected to damage involving the calcium mechanism. However, there are contradictory data regarding the effects of L-type calcium channel blockers on carbohydrate and fat metabolism, insulin resistance, and gas exchange and respiration, despite its wide clinical use. Therefore, the role of slow calcium channels in the restructuring of external respiration in metabolic disorders remains poorly understood.

**Purpose:** The aim of our work was to investigate the specifics of the influence of CCB on the remodeling of external respiration in insulin-resistant rats.

**Methods:** In experiments on 24 male Wistar rats, the effect of slow calcium channel blockade on respiration and gas exchange was investigated in a model of insulin resistance. Insulin resistance was modeled by a high-fat diet (HFD) for 2 weeks. L-type calcium channels were blocked by verapamil, which was administered intraperitoneally at a generally accepted dose of 1 mg/kg of animal body weight. Breathing patterns and gas exchange were studied using a device that included a breathing mask, a small animal pneumotachograph, and a mass spectrometer. Respiratory rate ( $f$ ) and tidal volume ( $V_T$ ) were measured, and minute volume ( $V_E$ ) was calculated. A mass spectrometer was used to determine the amount of oxygen consumed ( $V_{O_2}$ ) and carbon dioxide released ( $V_{CO_2}$ ) per minute.

**Originality:** The effect of L-type calcium channel blockade on respiration and gas exchange was studied in healthy and insulin-resistant rats.

**Conclusion:** The administration of a slow calcium channel blocker leads to an increase in bronchial tone and a stenoventilatory respiratory shift, without altering likely changes in energy metabolism: tidal volume ( $V_T$ ) decreases with an unchanged respiratory rate, and  $V_{CO_2}$  decreases too. A nonsignificant increase in the peak and average velocities of inspiration and expiration has been observed.

In rats with insulin resistance,  $RQ$  was significantly reduced by decreasing  $V_{O_2}$  and by greater decreasing  $V_{CO_2}$ . Alveolar oxygen extraction was increased and alveolar oxygen delivery was reduced to a greater extent than in non-insulin resistant rats. Additionally,  $\bar{V}I_{pic}$  and  $\bar{V}I_{pic}$  as well as  $\bar{V}I$  and  $\bar{V}E$  increased more than in non-insulin resistant rats. Therefore, the use of verapamil in insulin resistant rats causes an increase in bronchial tone, a deepening of stenoventilatory remodeling of respiration and a decrease in oxygen delivery to the alveoli of the lungs, which is accompanied by a decrease in the level of energy metabolism.

**Keywords:** insulin resistance; high-fat diet; L-type calcium channels; external respiration; gas exchange

Одержано редакцією: 16.11.2023

Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 612.13

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-104-110

**Роман Анатолійович Циганик**

аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
roma.tsygannyk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-7343>

**Олексій Володимирович Каленіченко**

кандидат біологічних наук, доцент  
завідувач кафедри спортивних дисциплін  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
sport\_fizkult@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1863-7109>

**Ірина Олександрівна Федяй**

доцент кафедри медико-біологічних основ спорту та фізичної культури  
Харківська державна академія фізичної культури  
razira1983@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7171-1622>

**Станіслав Олександрович Коваленко**

доктор біологічних наук, професор  
професор кафедри спортивних дисциплін  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
kovstas@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4631-0464>

## ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ ПРИ ГРАДУАЛЬНІЙ ПАСИВНІЙ ОРТОПРОБІ

*Вимірювання артеріального тиску, серцевого ритму, викиду, показників фаз систоли серця здійснювали при градуальній (15°, 30°, 45°, 60°) пасивній ортопробі на 76 здорових молодих чоловіках віком 18-25 років. З'ясовано, що при пасивній градуальній ортопробі відбувалось суттєве підвищення діастолічного артеріального тиску до  $15,72 \pm 0,92$  мм рт.ст. при куті нахилу 60° та менш амплітудного зниження систолічного артеріального тиску ( $-6,71 \pm 1,30$  мм рт.ст.). Пасивний ортостаз призводив до зниження тривалості інтервалу RR та показників серцевого викиду, які після повернення у горизонтальне положення відновлювались. За аналізом змін фази напруження та об'ємної швидкості серцевого викиду при пасивному ортостазі постерігали прояв синдрому гіподинамії міокарду. Наявні індивідуальні відмінності у реактивності показників центральної гемодинаміки на градуальну пасивну ортопробу.*

**Ключові слова:** центральна гемодинаміка, градуальна ортопроба, функціональний стан

**Постановка питання.** Визначення функціонального стану організму людини є однією з важливих проблем сучасної біології та медицини. Важливе місце при цьому займає вивчення рівня функціонування серцево-судинної системи, можливих механізмів її пристосування до різноманітних навантажень. Зміни умов зовнішнього середовища, впливу соціальних факторів можуть призводити до зрушень норм реакції різних систем організму, що вимагає виконання досліджень на наших сучасниках. Робота є фрагментом теми «Індивідуальні особливості змін центральної та периферійної гемодинаміки при різних впливах» (№ держреєстрації 0122U201052).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Історія використання пасивної та активної ортопроби в медицині започаткована в дослідженнях із діагностування станів, пов'язаних із порушеннями регуляції артеріального тиску та кровопостачанням мозку. Ці тести були розроблені для оцінювання того, як організм реагує на зміни положення тіла, зокрема на

перехід від горизонтального положення до вертикального. Тілт-тест (з англ. «Head-up Tilt Table Testing»), проба з пасивним ортостазом, проба на нахиленому столі (головою догори). У науковій літературі немає однозначної думки стосовно дати винаходу тілт-тесту та факту його першого використання. Згідно з даними W. Cheshire, D. Goldstein [1], першим ученим, який використав поворотну дошку для аналізу змін гемодинаміки у людей, вважають Егона Хельмрайха.

У 1923 р. дослідник почав вимірювати частоту серцевих скорочень у здорових дітей. Таких осіб розташовували на широкій дошці, закріплюючи їх за плечі, у ділянці тазу й за стопи, потім дітей поступово нахилили на 20°, 40°, 60° і 90°.

У 1986 році розпочалася нова ера використання тривалої ортостатичної проби, що пов'язують із науковим винаходом Kenny R. A. et all [2]. Учені запропонували під час проведення проб використовувати нахилений стіл, модернізувавши технології обстеження пацієнтів, які могли перебувати в синкопальному стані незрозумілого генезу. Після такої інноваційної пропозиції в науковому світі помітно збільшилася кількість публікацій, присвячених тілт-тестуванню та використанню тривалої ортостатичної проби у хворих із запомороченнями.

В сучасній науковій літературі широко відображені дослідження впливу на гемодинаміку та хвильові її прояви активної ортопроби, виконаних в вимірюваннях на різних контингентах здорових осіб [3, 4]. Також велика кількість публікацій присвячена впливу тілт-тесту на гемодинаміку у осіб з вегетативними порушеннями [5, 6, 7, 8, 9].

Втім вимірювань норм реактивності центральної гемодинаміки на такого роду впливи недостатньо.

**Мета.** З'ясувати особливості рівня та реактивності показників артеріального тиску, серцевого викиду, кардіодинаміки та кровонаповнення органів грудної клітки при градуальній пасивній ортопробі у здорових молодих чоловіків.

**Огляд основного матеріалу дослідження.** Вимірювання здійснювали на 76 чоловіках віком 18-25 років - студентах Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького 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 (1994-2008 рр.), а також наказу МОЗ України № 690 від 23 вересня 2009 року.

Всі вони за даними медичного обстеження були здорові, не мали гострих та хронічних захворювань.

Спочатку на кінцівки та грудну клітку обстежуваного накладали реографічні та електрокардіографічні електроди, манжету для вимірювання артеріального тиску. Після відпочинку в положенні лежачи горизонтально на ортостатичному столі упродовж 5-10 хвилин вимірювали показники гемодинаміки гемодинаміки. Вимірювання повторювали на 5-й хвилині після нахилу на 15°, 30°, 45°, 60° та на 20-й хвилині при нахилі 60°, через 5 хвилин після повернення у горизонтальне положення.

Систолічний ( $AT_{\text{сист}}$ ) та діастолічний ( $AT_{\text{діаст}}$ ) артеріальний тиск вимірювали за допомогою тонометра Короткова (Reiker, Germany). Середній артеріальний тиск розраховували за формулою Хікема. Для оцінки гемодинамічних показників використовували трансторакальну тетраполярну імпедансну реоплетизмографію. Реоплетизмограму грудної клітки реєстрували на реографі XAI-medica standard (XAI-medica, Харків, Україна). За сигналами диференційованої реограми грудної клітки та електрокардіограми в програмі цього розробника розраховували наступні показники центральної гемодинаміки.

Тривалість інтервалу RR (t-RR) – відстань між найвищими ділянками зібців R сусідніх кардіоінтервалів.

Ударний індекс (UI) знаходили шляхом поділу ударного об'єму крові на площу поверхні тіла. Ударний об'єм розраховували за методом Kubichek [10].

Серцевий індекс (CI) знаходили шляхом поділу хвилинного об'єму крові на площу поверхні тіла.

З показників кардіодинаміки оцінювали наступні: тривалість фази вигнання ( $T_{\text{вигн}}$ ), тривалість фази напруження ( $T_{\text{напр}}$ ), об'ємну швидкість серцевого викиду (ОШВ).

Крім цього розраховували рівень кровонаповнення органів грудної клітки (КН) як відношення квадрату відстані між грудними електродами реографа до квадрату електричного опору грудної клітки.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою таблиць Excel-2003 та програми Statistica for Windows 12 (Statsoft Inc., Tulsa, USA), Polar Protrainer 5.0 (Polar ElectroOY, Finland). Застосовували метод однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Перевірку нормальності розподілу досліджуваних показників проводили за критерієм  $\chi^2$ . Для параметричної статистики розраховували середнє арифметичне (M), стандартну похибку вибіркового середнього (m). Вірогідність відмінностей оцінювали за F-критерієм Fisher.

**Результати та їх обговорення.** Одними з основних гемодинамічних показників є рівні артеріального тиску. В стані спокою лежачи  $AT_{\text{сист}}$ ,  $AT_{\text{діаст}}$  та  $AT_{\text{сер}}$  відповідали прийнятним значенням норми для даної вікової категорії (табл. 1).

**Таблиця 1**

Показники артеріального тиску (мм рт.ст.) за різних кутів пасивної ортостатичної проби у здорових молодих чоловіків (n=76)

Умови	$AT_{\text{сист}}$	$AT_{\text{діаст}}$	$AT_{\text{сер}}$
Спокій лежачи	122,57±0,95	77,04±0,71	92,21±0,68
15°	121,84±1,01	79,21±0,85*	93,42±0,77
30°	122,50±1,07	83,16±0,86*	96,27±0,80*
45°	120,99±1,27	87,37±0,88*	98,57±0,89*
60°-1	117,43±1,36*	91,09±0,96*	99,87±1,01*
60°-2	115,86±1,36*	92,76±1,02*	100,46±1,06*
Відновлення	120,33±0,95*	80,86±0,73*	94,01±0,72*

\* -  $p < 0,05$  у порівнянні з рівнем у спокої лежачи

При експериментальних впливах  $AT_{\text{сист}}$  знижувався при нахилі 60° та залишався дещо низшим за фонові показники навіть через 5 хвилин після повернення у вихідне горизонтальне положення, що може бути свідченням зниження серцевого викиду.

Більш суттєвими були зміни  $AT_{\text{діаст}}$  – його підвищення відбувалось вже при куті нахилу 15° і при наступних градаціях нахилу було більшим. При куті тіла вимірюваного 60° упродовж 20 хвилин зміни були меншими, ніж при змінах нахилу. Через 5 хвилин після переходу в горизонтальне положення цей показник стрімко знижувався втім не до фонового рівня. Середній артеріальний тиск також підвищувався при впливах починаючи з кута 30°.

Подібні закономірності відображають включення пристосувальних механізмів повернення крові до серця при ортостазі. При цьому відбувається підвищення тону судин нижніх кінцівок, що і призводить до збільшення систолічного артеріального тиску.

Реактивність показників артеріального тиску також була вищою у випадку з  $AT_{\text{діаст}}$  (рис. 1), досягаючи 15,72±0,92 мм рт.ст. ( $p < 0,001$ ).

Разом з цим зрушення артеріального тиску мали свої індивідуальні відмінності. У двох осіб відбувалось парадоксальне зменшення  $AT_{\text{діаст}}$  при нахилі 60° відповідно на 10 та 20 мм рт.ст, у 2 – реакція цього показника при цьому була відсутня, у 9 спостерігалась гіперреактивність – більше 20 мм рт.ст.



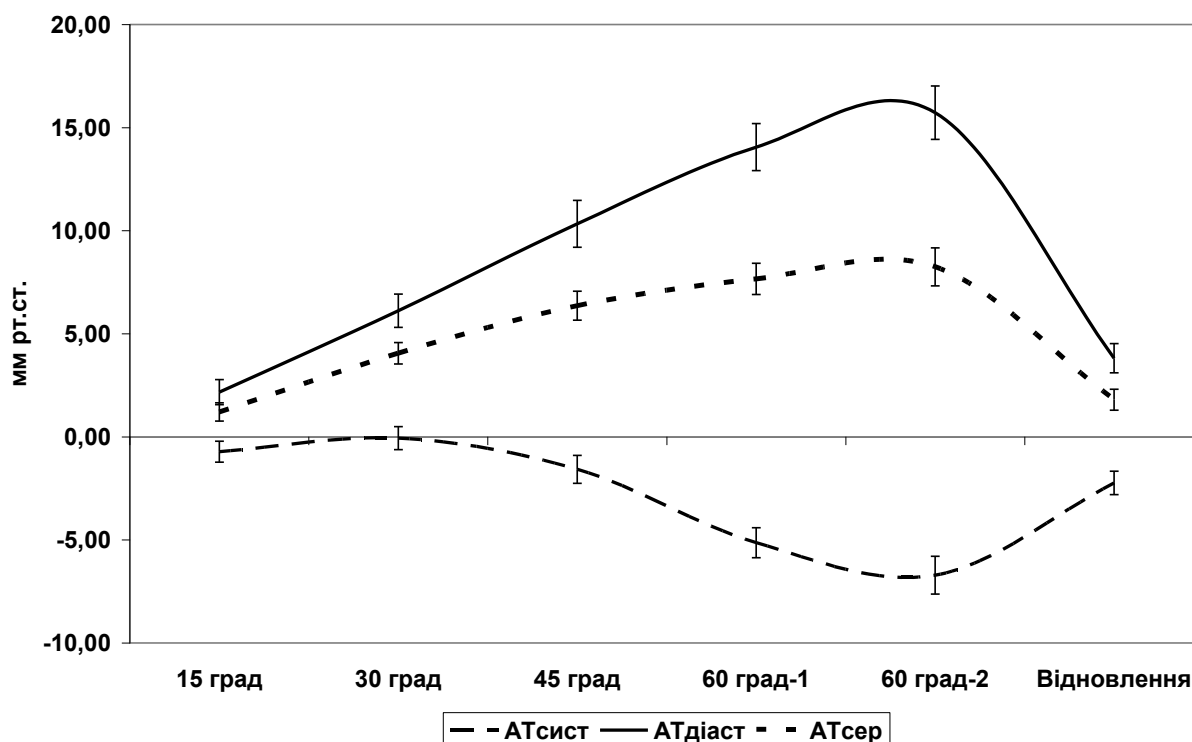


Рис. 1. Реактивність показників артеріального тиску (мм рт.ст.) за різних кутів пасивної ортостатичної проби у здорових молодих чоловіків (n=76)

Зміни тривалості т-RR були вірогідними починаючи з кута нахилу 30° та свого максимуму досягали на 20-й хвилини нахилу 60° (табл. 2). Це може бути свідченням активації симпатичної ланки автономної нервової системи для забезпечення високого тону периферійних судин потрібного для покращення венозного повернення до серця так і задіянням механізмів саморегуляції серцевої діяльності. Цікавим є збільшення т-RR від фонового рівня у період відновлення, що може бути свідченням посилення парасимпатичних впливів на серце.

**Таблиця 2**

Тривалість інтервалу RR та серцевий викид при градуальній пасивній ортопробі

Умови	т-RR, мс	УІ, мл/м <sup>2</sup>	СІ, л/м <sup>2</sup> ·хв <sup>-1</sup>
Спокій лежачи	0,934±0,019	38,21±2,25	2,43±0,13
15°	0,922±0,019	38,48±6,28	2,46±0,37
30°	0,854±0,016*	28,36± 1,61*	1,99± 0,11*
45°	0,763±0,013*	23,54±1,41*	1,87±0,11*
60°-1	0,701±0,014*	19,74±0,93*	1,70±0,07*
60°-2	0,686±0,016*	19,35±1,44*	1,67±0,11*
Відновлення	1,041±0,022*	39,93±2,61	2,27±0,13

\* - p<0,05 у порівнянні з показниками у спокої лежачи

Починаючи з навантаження у 30° відбувалось зниження як УІ так і СІ. Втім одразу після припинення тесту ці показники серцевого викиду відновлювались до фонового рівня.

Серед змін показників кардіодинаміки упродовж тесту потрібно відмітити динаміку тривалості фази напруження міокарду (табл. 3). Вже на першій градації навантаження Тнапр збільшувалась досягаючи максимуму реакції вже при нахилі 45°. ОШВ навпаки зменшувалась. Такі зміни підходять під визначення синдрому гіподинамії міокарду.

Таблиця 3

## Показники кардіодинаміки при градуальній пасивній ортопробі

Умови	T <sub>вигн</sub> , сек	T <sub>напр</sub> , сек	ОШВ, мл·с <sup>-1</sup>
Спокій лежачи	0,260±0,004	0,121±0,002	250,22±13,77
15°	0,246±0,006*	0,131± 0,003*	263,97±29,34
30°	0,222± 0,006*	0,145± 0,003*	226,33± 10,98*
45°	0,204± 0,003*	0,152± 0,003*	203,62± 10,51*
60°-1	0,192± 0,004*	0,153± 0,003*	183,23± 8,05*
60°-2	0,188± 0,009*	0,155± 0,004*	182,47± 10,69*
Відновлення	0,265±0,006	0,121±0,003	270,05±17,88

\* -  $p < 0,05$  у порівнянні з показниками у спокої лежачи

Аналіз змін кровонаповнення органів грудної клітки в нашому дослідженні показав, що вірогідними зрушення були тільки на останній ступені навантаження на 20-й її хвилині. У фоні цей показник складав  $29,31 \pm 1,08$  у.о., а при куті нахилу  $60^\circ$  -  $27,13 \pm 0,83$  у.о. ( $p < 0,05$ ). Це є свідченням про важливість підтримання його рівня для забезпечення роботи серця в подібних умовах.

Разом з цим аналіз індивідуальних особливостей реакцій КН на гравітаційне навантаження при нахилі  $60^\circ$  показав парадоксальне виражене зменшення цього показника у 2-х випадках, а в 17 менш виражене збільшення при відсутності змін у більшості вимірюваних. Це може свідчити про високу прогностичну значимість моніторингу КН при пасивному ортостазі

## Висновки

1. При пасивній градуальній ортопробі відбувалось суттєве підвищення діастолічного артеріального тиску до  $15,72 \pm 0,92$  мм рт.ст. при куті нахилу  $60^\circ$  та менш амплітудного зниження систолічного артеріального тиску ( $-6,71 \pm 1,30$  мм рт.ст.).
2. Пасивний ортостаз призводив до зниження тривалості інтервалу RR та показників серцевого викиду, які після повернення у горизонтальне положення відновлювались.
3. За аналізом змін фази напруження та об'ємної швидкості серцевого викиду при пасивному ортостазі постерігали прояв синдрому гіподинамії міокарду.
4. Наявні індивідуальні відмінності у реактивності показників центральної гемодинаміки на градуальну пасивну ортопробу.

**Перспективи подальших досліджень.** Вбачаються у з'ясуванні індивідуальних особливостей реактивності гемодинамічних показників на градуальну пасивну ортопробу.

## Список використаної літератури

1. Cheshire W. J., Goldstein D. (2019) Autonomic uprising: the tilt table test in autonomic medicine. Clin Auton Res.. № 29 (2). P. 215–230.
2. Kenny R. A., Ingram A., Bayliss J., Sutton R. (1986) Head-up tilt: a useful test for investigating unexplained syncope. Lancet.. № 1 (8494). P. 1352–1355.
3. Коваленко С.О., Калениченко О.В. (2006) .Центральна гемодинаміка та варіабельність серцевого ритму в осіб з різним рівнем фізичної працездатності // Матеріали XVII з'їзду Українського фізіологічного товариства. Фізіологічний журнал. Т.52, №2. С.92-93.
4. Коваленко С. О. (2017) Характеристика та теоретичні основи методів аналізу варіабельності серцевого ритму. Український журнал медицини, біології та спорту. № 2. С. 223–233.
5. Cheshire W. J., Goldstein D. (2019) Autonomic uprising: the tilt table test in autonomic medicine. Clin Auton Res. № 29 (2). P. 215–230.
6. Aponte-Becerra L., Novak P. (2021) Tilt Test: A Review. J Clin Neurophysiol. 2021. № 38 (4). P. 279–286.
7. Sutton R., Fedorowski A., Olshansky B., Gert van Dijk J., Abe H., Brignole M., de Lange F., Kenny R., Lim P., Moya A., Rosen S., Russo V., Stewart J., Thijs R., Benditt D. (2021) Tilt testing remains a valuable asset. Eur Heart J. № 42 (17). P. 1654–1660.

8. White L., Jones H., Davies A. (2021) What is a tilt table test and why is it performed during the investigation of syncope? Br J Hosp Med (Lond). № 82 (10). P. 1–7.
9. Jelavić M., Babić Z., Hećimović H., Erceg V., Pintarić H. (2015) The role of tilt-table test in differential diagnosis of unexplained syncope. Acta Clin Croat. № 54 (4). P. 417–423.
10. Kubichek W.G., Patterson R.P., Wetsol D.A. (1970) Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system // Ann. N.Y. Acad. Sci. №2. P. 724–732.

### References

1. Cheshire W. J., Goldstein D. (2019) Autonomic uprising: the tilt table test in autonomic medicine. Clin Auton Res.. № 29 (2). P. 215–230.
2. Kenny R. A., Ingram A., Bayliss J., Sutton R. (1986) Head-up tilt: a useful test for investigating unexplained syncope. Lancet.. № 1 (8494). P. 1352–1355.
3. Kovalenko SO, Kalenichenko O.V. (2006) . Tsentralna hemodynamika ta variabelnist sertsevoho rytmu v osib z rinznyh rivnem fizychnoi pratszdatnosti // Materialy XVII z'izdu Ukrainskoho fiziologichnoho tovarystva. Fiziologichnyi zhurnal. T.52, №2. S.92-93.
4. Kovalenko SO (2017) Kharakterystyka ta teoretychni osnovy metodiv analizu variabelnosti sertsevoho rytmu. Ukrainyskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu. № 2. P. 223–233.
5. Cheshire W. J., Goldstein D. (2019) Autonomic uprising: the tilt table test in autonomic medicine. Clin Auton Res. № 29 (2). P. 215–230.
6. Aponte-Becerra L., Novak P. (2021) Tilt Test: A Review. J Clin Neurophysiol. 2021. № 38 (4). P. 279–286.
7. Sutton R., Fedorowski A., Olshansky B., Gert van Dijk J., Abe H., Brignole M., de Lange F., Kenny R., Lim P., Moya A., Rosen S., Russo V., Stewart J., Thijs R., Benditt D. (2021) Tilt testing remains a valuable asset. Eur Heart J. № 42 (17). P. 1654–1660.
8. White L., Jones H., Davies A. (2021) What is a tilt table test and why is it performed during the investigation of syncope? Br J Hosp Med (Lond). № 82 (10). P. 1–7.
9. Jelavić M., Babić Z., Hećimović H., Erceg V., Pintarić H. (2015) The role of tilt-table test in differential diagnosis of unexplained syncope. Acta Clin Croat. № 54 (4). P. 417–423.
10. Kubichek W.G., Patterson R.P., Wetsol D.A. (1970) Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system // Ann. N.Y. Acad. Sci. №2. P. 724–732.

### **R.A. Tsyhannyk, O.V. Kalenichenko, I.O. Fediai, S.O. Kovalenko Peculiarities of changes in central hemodynamics during graded tilt-test**

**Introduction.** Determination of the functional state of the human body is one of the important problems of modern biology and medicine. The study of the level of functioning of the cardiovascular system and possible mechanisms of its adaptation to various loads plays an important role. Changes in environmental conditions, the influence of social factors can lead to shifts in the reaction rates of various body systems, which requires research on our contemporaries.

**Purpose.** To find out the peculiarities of the level and reactivity of blood pressure, cardiac output, cardiovascular dynamics and blood filling of the chest organs during the graded passive orthoprosthesis in healthy young men.

**Methods.** Measurements were performed on 76 men aged 18-25 years. Systolic (SBP) and diastolic (DBP) blood pressure was measured using a Korotkoff tonometer (Reiker, Germany). Mean arterial pressure was calculated using the Hickham formula. To assess hemodynamic parameters, transthoracic tetrapolar impedance rheoplethysmography was used. The chest rheoplethysmogram was recorded on a HAI-medica standard rheograph (HAI-medica, Kharkiv, Ukraine). According to the signals of differentiated chest rheogram and electrocardiogram, the following central hemodynamic parameters were calculated in the program of this developer: duration of the RR interval, stroke and cardiac indexes, duration of the expulsion phase, myocardial tension phase, volume ejection velocity, and blood filling level of the chest organs.

**Main results of the study.** During the passive graded orthostasis test, there was a significant increase in diastolic blood pressure to  $15.72 \pm 0.92$  mm Hg at an inclination angle of  $60^\circ$  and a less amplitude decrease in systolic blood pressure ( $-6.71 \pm 1.30$  mm Hg). Passive orthostasis led to a decrease in the duration of the RR interval and cardiac output, which were restored after returning to a horizontal position. The analysis of changes in the phase of tension and cardiac output volume velocity during passive orthostasis revealed the manifestation of myocardial hypodynamia syndrome. There are individual differences in the reactivity of central hemodynamics to the graded passive orthotest.

**Originality.** *For the first time we analyzed the changes in the main parameters of central hemodynamics in a modern contingent of healthy young men during the graded passive orthotest. The presence of individual differences in the reactivity of central hemodynamic parameters in healthy young men during the graded passive orthoprosthesis was shown.*

**Conclusions.** *Prospects for further research are seen in clarifying the individual characteristics of the reactivity of hemodynamic parameters to the graded passive orthotest.*

**Key words:** *central hemodynamics, graded orthotest, functional state*

Одержано редакцією: 16.11.2023

Прийнято до публікації: 14.12.2023

УДК: 581.9 + 582 (477.46)

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-111-125

**Олександр Іванович Шиндер**кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник  
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України  
shinderoleksandr@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1146-0873>**Василь Леонович Шевчик**кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник  
Канівський природний заповідник ННЦ «Інститут біології та медицини»  
Київського національного університету ім. Т.Шевченка  
shewol@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5981-3776>**Оксана Анатоліївна Спрягайло**кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,  
biona@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0065-5229>**Олександр Васильович Спрягайло**кандидат біологічних наук, доцент  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
dendro@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9431-9746>**Ольга Сергіївна Галушко**магістрант, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
iniciativa2008@ukr.net

## АНАЛІЗ ФЛОРИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ХОЛОДНИЙ ЯР»: ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Вперше узагальнено відомості про таксономічний склад флори НПП «Холодний Яр», зроблено її аналіз та наведено основні характеристики. Проаналізовано історію дослідження флори території національного природного парку «Холодний Яр». Вказано, що історія флористичних досліджень на цій території розпочалася у 1923 р. із роботи Д.К. Зерова. На сьогодні у флорі «Холодного Яру» відмічено 428 видів та внутрішньовидових таксонів рослин, із яких 331 – аборигенні, а 97 – адвентивні. 10 видів рослин занесено до Червоної книги України (2021), а 17 – мають регіональний охоронний статус.

Відмічено, що у розвитку вітчизняної (і східноєвропейської загалом) фітогеографії певною мірою відіграли дослідження, проведені і в лісах «Холодного Яру». Зокрема, вказано на заувагу Ю.Д. Клеопова про закономірності формування різних генетичних елементів широколистяних лісів Східної Європи та сучасної неморальної флори як складного гетерогенного комплексу, що розвивався у взаємодії із іншими типами рослинності після Рісс-Вюрмського інтергляціалу. Зазначено, що найбільш помітною знахідкою було виявлення у «Холодному Яру» популяції підсніжника, який при детальному вивченні виявився причорноморським *Galanthus plicatus*, відірваним від основного субевксинського ареалу на сотні кілометрів. Вказано знахідки інших охоронюваних видів рослин на території НПП, зокрема *Allium ursinum*, *Cephalanthera longifolia*, *Coronilla elegans*, *Epipactis helleborine*, *Epipactis purpurata*, *Euonymus nanus*, *Neottia nidus-avis*, *Platanthera bifolia*, *Tulipa quercetorum* та ін. Складено та подано попередній флористичний список НПП «Холодний Яр».

**Ключові слова:** Флора, флористичний список, Холодний Яр, історія дослідження, охоронювані види.

**Постановка проблеми.** Національний природний парк «Холодний Яр» (далі – Парк) – один із наймолодших в Україні, хоча його основний масив уже тривалий час був заповіданий

на правах комплексної пам'ятки природи загальнодержавного значення та мав гучну славу як територія видатної історико-культурної, природоохоронної та рекреаційної цінності [22, 29]. Як і кожна важлива природоохоронна територія національного значення, Парк потребує максимально повної інвентаризації біорізноманіття, яка в цілому не проводилася, хоча ряд таксономічних та созологічних груп живих організмів та їх угруповань тут уже вивчалися. Актуальним залишається дослідження таксономічного складу флори «Холодного Яру» та її аналіз. Наразі ми поставили за мету проаналізувати наявні відомості про таксономічний склад рослинного покриву Парку (в його сучасних межах). Очевидно, що повноцінне вивчення флори потребуватиме ґрунтовних досліджень. Але узагальнення уже наявних, хоча і неповних, відомостей про фітобіоту «Холодного Яру» дає змогу представити попередній інвентарний список флори, встановити її головні характеристики, визначити сучасну динаміку і уточнити подальшу програму досліджень.

**Мета:** узагальнити історичні відомості про дослідження флори на території національного природного парку «Холодний Яр», представити попередній список інвентаризації флори та здійснити її аналіз.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історія флористичних досліджень**

Аналіз літературних та інших джерел засвідчив, що флора «Холодного Яру» залишалася вивченою досить неповно, хоча її созологічна фракція в наш час уже цілком встановлена [25].

Перші відомості про рослинний покрив території Парку (в сучасних межах) серед опрацьованих джерел, були наведені у роботі Д.К. Зерова [7], де автор стисло охарактеризував грабово-дубовий деревостан лісу у північній околиці с. Головкивки, відомого нині як Атаманський парк та навів понад 40 видів флори. Найбільш цінною була вказівка про виявлення двох локусів *Clinopodium menthifolium* – нового виду флори України, який і донині залишився загадковим [30]. У наступному десятилітті Ю.Д. Клеопов більш детально дослідив лісо-рослинні умови цього ж масиву (вказаного як урочище «Гетьманський гай» Холодноярського лісництва) і навів геоботанічні описи двох його ділянок, де відзначив понад 70 видів флори [9]. Серед іншого автор підтвердив зростання у трав'яному ярусі «Гетьманського гаю» *Clinopodium menthifolium*, а також звернув увагу, що тут на верхівках лісових південних схилів у підліску росте *Cornus mas*, а у травостої – *Coronilla elegans*.

Слід звернути увагу, що із самого початку флористичних досліджень на сучасній території Парку було встановлено факт зростання трьох субсередземноморських диз'юнктивно-ареальних видів рослин реліктового характеру: *Clinopodium menthifolium*, *Cornus mas* і *Coronilla elegans*. У ході своїх досліджень Ю.Д. Клеопов звернув увагу, що острівні локалітети цілої групи подібних видів зосереджені у середньопридніпровському рефугіумі, який під час Дніпровського зледеніння був укритий льодовиком, а отже імовірний час імміграції субсередземноморського елемента на дану територію – не раніше останнього міжльодовикового періоду (Рісс-Вюрмського інтергляціалу) [8-9]. Разом подібні закономірності формування різних генетичних елементів широколистяних лісів Східної Європи дозволили автору представити неморальну флору як складний гетерогенний комплекс, окремі формації якого розвивалися внаслідок взаємодії неморальних угруповань із багатьма іншими типами рослинності (березняки, високотравні луки, степи, солончаки та ін.). Цей прогресивний погляд прийшов на зміну колись домінуючій теорії «боротьби лісу і степу» [10]. Тож певну участь у розвитку вітчизняної (і східноєвропейської загалом) фітогеографії відіграли дослідження, проведені і в лісах «Холодного Яру».

У другій половині 20 ст. було детально вивчено лісову рослинність Холодноярського масиву. Ю.Р. Шеляг-Сосонко та В.В. Курсон навели детальні описи асоціацій лісової рослинності основного масиву «Холодного Яру», котрий планувалося заповідати на правах державного заповідника [29]. Автори представили геоботанічну картосхему масиву,

відзначили едифікаторну роль *Quercus robur* з участю *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* і *Tilia cordata*, вказали у складі рослинності понад 70 видів флори.

В.В. Курсон описала в Креселецькому лісництві лісове угруповання з участю *Euonymus nanus* [12], та навела список рідкісних субсередземноморських видів, які відомі з острівних локалітетів у широколистяних лісах Придніпров'я, в т. ч.: *Clinopodium menthifolium*, *Coronilla elegans* і *Viburnum lantana* із Холодного Яру [13]. У цей же період опубліковано короткий опис ділянки грабового лісу за участю *Cornus mas* в околиці с. Медведівка [4], хоча це урочище не було включене до складу Парку. Дуже рідко поодинокі вказівки про окремі види рослин зустрічаються і в інших роботах того періоду, зокрема у багатотомному виданні «Флора УРСР 1954, 1960, 1961, 1965 років [23] та ін. [17].

Останнім часом вивчення фіторізноманіття Холодного Яру було пов'язане переважно із дослідженням видового складу рідкісних рослин і стану їх популяцій. Найбільш помітною знахідкою було виявлення у «Холодному Яру» популяції підсніжника, який при детальному вивченні виявився причорноморським *Galanthus plicatus*, відірваним від основного субевксинського ареалу на сотні кілометрів [15]. Загалом було виявлено та описано 6 локусів цього виду у Креселецькому лісництві. Вказівки про зростання у «Холодному Яру» іншого виду роду – європейського *G. nivalis* [3, 6, 14], – імовірно, стосуються саме *G. plicatus*.

Дещо пізніше в лісах «Холодного Яру» були вперше виявлені види з Червоної книги України: *Cephalanthera longifolia* [27], *Epipactis atrorubens* і *Platanthera bifolia* [25], *Epipactis purpurata* [18] та деякі інші малопоширені рослини, зокрема: *Anchusa ochroleuca* [27-28]; *Corydalis marschalliana* [15, 16, 27], *Delphinium cuneatum* [1, 27]; *Digitalis grandiflora* [1]. Стараннями багатьох авторів продовжують накопичуватися нові хорологічні відомості про поширення рідкісних видів рослин на території Парку [2, 11, 14, 21, 26], видовий склад окремих фітоценозів та ранньовесняної синузії [3, 21]. У роботі [14] було відзначено, що на території «Холодного Яру» налічується близько 467 видів трав'яних рослин, але межі території дослідження не були уточнені.

В цілому, у розглянутих літературних джерелах представлені близько 150 видів флори Парку, що, очевидно, охоплює меншу частину її таксономічного різноманіття. Виявлені в останній період на території «Холодного Яру» нові для його флори види з Червоної книги України є свідченням про актуальність подальших фітосоцологічних та флористичних досліджень цієї надзвичайно цінної і до цього часу маловивченої території.

**Аналіз флори.** Флора Чигиринщини загалом надзвичайно багата, як і інші чудові місцевості уздовж Дніпра. Проте, територія НПП «Холодний Яр» досить локальна і репрезентує майже виключно лісовий флорокомплекс. У ході даного дослідження попередній конспект флори охоплює імовірно близько 70% всього очікуваного таксономічного багатства рослинного покриву «Холодного Яру». Подальші дослідження дозволять уточнити повну флору Парку.

За результатами опрацьованих літературних джерел, власних досліджень та інших матеріалів було складено конспект флори Парку.

## КОНСПЕКТ ФЛОРИ НПП «ХОЛОДНИЙ ЯР» (у першому наближенні)

### EQUISETIDAE (ХВОЩІ)

EQUISETACEAE: *Equisetum arvense* L.

### POLYPODIACEAE (ПАПОРОТИ)

ATHYRIACEAE: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth

CYSTOPTERIDACEAE: *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.

DRYOPTERIDACEAE: *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott

**GYMNOSPERMS (ГОЛОНАСІННІ)**

PINACEAE: *Pinus sylvestris* L.

**ANGIOSPERMS, MONOCOTS (ПОКРИТОНАСІННІ, ДВОДОЛЬНІ)**

AMARYLLIDACEAE: *Galanthus plicatus* M.Bieb., *Allium oleraceum* L., *Allium rotundum* L., *Allium ursinum* L.

ARACEAE: *Lemna minor* L.

ASPARAGACEAE: *Asparagus officinalis* L., *Convallaria majalis* L., *Muscari neglectum* Guss. ex Ten., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Scilla bifolia* L., *Scilla siberica* Andrews

CYPERACEAE: *Carex acutiformis* Ehrh., *Carex digitata* L., *Carex elongata* L., *Carex hirta* L., *Carex michelii* Host, *Carex otrubae* Podp., *Carex pilosa* Scop., *Carex praecox* Schreb., *Carex remota* L., *Carex spicata* Huds.

JUNCACEAE: *Juncus compressus* Jacq., *Juncus effusus* L., *Luzula pallescens* Sw.

LILIACEAE: *Gagea fragifera* (Vill.) E.Bayer & G.López, *Gagea lutea* (L.) Ker Gawl., *Gagea minima* (L.) Ker Gawl., *Lilium martagon* L., *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* (Link) Pamp. (= *T. quercetorum* Klokov & Zoz)

MELANTHIACEAE: *Paris quadrifolia* L.

ORCHIDACEAE: *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, *Epipactis purpurata* Sm., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Platanthera bifolia* (L.) Rich.

POACEAE: *Agrostis capillaris* L., *Agrostis gigantea* Roth, *Alopecurus arundinaceus* Poir., *Avena fatua* L., *Avena sativa* L., *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P.Beauv., *Bromus arvensis* L., *Bromus benekenii* (Lange) Trimen, *Bromus tectorum* L., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Dactylis glomerata* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv., *Elymus repens* (L.) Gould (= *Elytrigia repens* (L.) Nevski), *Eragrostis minor* Host, *Eragrostis pilosa* (L.) P.Beauv., *Festuca rupicola* Heuff., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Hordeum murinum* L. subsp. *murinum*, *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult. (= *K. cristata* (L.) Pers.), *Lolium arundinaceum* subsp. *orientale* (Hack.) G.H.Loos (= *Festuca orientalis* Kern.), *Lolium giganteum* (L.) Darbysh. (= *Festuca gigantea* (L.) Vill.), *Lolium perenne* L., *Melica nutans* L., *Milium effusum* L., *Phleum phleoides* (L.) H.Karst., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Poa angustifolia* L., *Poa annua* L., *Poa bulbosa* L., *Poa compressa* L., *Poa nemoralis* L., *Poa pratensis* L., *Poa trivialis* L., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Secale cereale* L., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult. (= *S. glauca* auct. (L.) P.Beauv. p.p.), *Setaria viridis* (L.) P.Beauv., *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L.

**ANGIOSPERMS, EUDICOTS (ПОКРИТОНАСІННІ, ДВОДОЛЬНІ)**

AMARANTHACEAE: *Amaranthus retroflexus* L., *Atriplex oblongifolia* Waldst. & Kit., *Atriplex patula* L., *Atriplex tatarica* L., *Chenopodiastrum hybridum* (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch, *Chenopodium album* L.s.l., *Chenopodium betaceum* Andrz., *Chenopodium opulifolium* Schrad. ex W.D.J.Koch & Ziz, *Lipandra polysperma* (L.) S.Fuentes, Uotila & Borsch (= *Chenopodium polyspermum* L.)

APIACEAE: *Aegopodium podagraria* L., *Aethusa cynapium* L., *Angelica sylvestris* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Chaerophyllum aromaticum* L., *Chaerophyllum temulum* L., *Conium maculatum* L., *Daucus carota* L., *Eryngium campestre* L., *Eryngium planum* L., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Heracleum sibiricum* L., *Pastinaca sativa* var. *sylvestris* (Mill.) Mérat, *Pimpinella saxifraga* L., *Seseli annuum* L., *Seseli campestre* Besser, *Torilis japonica* (Houtt.) DC.

APOCYNACEAE: *Asclepias syriaca* L., *Vinca minor* L., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik.

ARISTOLOCHIACEAE: *Asarum europaeum* L.

ASTERACEAE: *Achillea millefolium* subsp. *collina* (Wirtg.) Oborný (= *A. collina* (Wirtg.) Becker ex Rchb.), *Achillea nobilis* L., *Achillea pannonica* Scheele, *Achillea setacea* Waldst. & Kit.,



*Ambrosia artemisiifolia* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia marschalliana* Spreng., *Artemisia vulgaris* L., *Bidens frondosa* L., *Bidens tripartita* L., *Carduus acanthoides* L., *Carduus crispus* L., *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem., *Centaurea diffusa* Lam., *Centaurea jacea* L. subsp. *jacea*, *Centaurea jacea* subsp. *angustifolia* (DC.) Greml. (= *C. pannonica* (Heuff.) Hayek), *Centaurea phrygia* subsp. *pseudophrygia* (C.A.Mey.) Gugler (= *C. pseudophrygia* C.A.Mey.), *Centaurea scabiosa* subsp. *apiculata* (Ledeb.) Mikheev (= *C. apiculata* Ledeb. p. fl. Taur.), *Cirsium arvense* var. *integrifolium* Wimm. & Grab. (= *C. setosum* M.Bieb.), *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Erigeron acris* subsp. *podolicus* (Besser) Nyman, *Erigeron annuus* (L.) Desf. subsp. *annuus*, *Erigeron annuus* subsp. *lilacinus* Sennikov & Kurtto, *Erigeron canadensis* L. (= *Conyza canadensis* (L.) Cronquist), *Galinsoga parviflora* Cav., *Helianthus annuus* L., *Inula helenium* L., *Jacobaea vulgaris* Gaertn. (= *Senecio jacobaea* L.), *Leucanthemum vulgare* Lam., *Matricaria chamomilla* L., *Pentanema asperum* (Poir.) G.V.Boiko & Korniy. (= *Inula aspera* Poir.), *Pentanema britannica* (L.) D.Gut.Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart.Ort. (= *Inula britannica* L.), *Tanacetum corymbosum* (L.) Sch.Bip. (= *Pyrethrum corymbosum* (L.) Scop.), *Tanacetum vulgare* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip. (= *Matricaria perforata* Mérat), *Tussilago farfara* L., *Xanthium orientale* var. *albinum* (Widder) Adema & M.T.Jansen (= *X. albinum* (Widder) Scholz & Sukopp), *Chondrilla juncea* L., *Chondrilla latifolia* M.Bieb., *Cichorium intybus* L., *Crepis foetida* subsp. *rheoadifolia* (M.Bieb.) Čelak., *Crepis tectorum* L., *Lactuca muralis* (L.) E.Mey. (= *Mycelis muralis* (L.) Dumort.), *Lactuca quercina* L., *Lactuca serriola* L., *Lapsana communis* L., *Picris hieracioides* L., *Pilosella echioides* (Lumn.) F.W.Schultz & Sch.Bip., *Pilosella floribunda* (Wimm. & Grab.) Fr., *Pilosella officinarum* Vaill., *Scorzoneroides autumnalis* (L.) Moench (= *Leontodon autumnalis* L.), *Sonchus arvensis* subsp. *uliginosus* (M.Bieb.) Nyman, *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. s.l., *Taraxacum proximum* (Dahlst.) Dahlst., *Tragopogon dubius* subsp. *major* (Jacq.) Vollm., *Tragopogon orientalis* L.

BALSAMINACEAE: *Impatiens noli-tangere* L., *Impatiens parviflora* DC.

BETULACEAE: *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Corylus avellana* L.

BORAGINACEAE: *Aegonychon purpurocaeruleum* (L.) Holub, *Anchusa ochroleuca* M.Bieb. (= *A. pseudoochroleuca* auct. non Des.-Shost.), *Asperugo procumbens* L., *Buglossoides czernjajevii* (Klokov & Des.-Shost.) Czerep., *Cynoglossum officinale* L., *Echium vulgare* L., *Myosotis arvensis* (L.) Hill, *Myosotis sparsiflora* J.C.Mikan ex Pohl, *Pulmonaria obscura* Dumort., *Symphytum tauricum* Willd.

BRASSICACEAE: *Alliaria petiolata* (M.Bieb.) Cavara & Grande, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Berteroa incana* (L.) DC., *Bunias orientalis* L., *Camelina microcarpa* Andr. ex DC., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz (= *Dentaria bulbifera* L.), *Cardamine impatiens* L., *Cardamine parviflora* L., *Cardamine quinquefolia* (M.Bieb.) Schmalh. (= *Dentaria quinquefolia* M.Bieb.), *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl, *Lepidium draba* L. (= *Cardaria draba* (L.) Desv.), *Lepidium ruderales* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Sisymbrium officinale* (L.) Scop., *Thlaspi arvense* L., *Turritis glabra* L.

CAMPANULACEAE: *Campanula bononiensis* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula rapunculoides* L., *Campanula rapunculus* L., *Campanula sibirica* L., *Campanula trachelium* L.

CANNABACEAE: *Humulus lupulus* L.

CAPRIFOLIACEAE: *Lonicera tatarica* L., *Dipsacus fullonum* L., *Dipsacus laciniatus* L., *Dipsacus pilosus* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Valeriana pratensis* Dierb. (= *V. stolonifera* Czern., *V. collina* Wallr.)

CARYOPHYLLACEAE: *Arenaria viscida* Loisel. (= *A. uralensis* Pall. ex Spreng.), *Cerastium holosteoides* Fr., *Cerastium semidecandrum* L., *Dianthus membranaceus* Borbás, *Gypsophila paniculata* L., *Holosteum umbellatum* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Rabelera holostea* (L.) M.T.Sharpley & E.A.Tripp (= *Stellaria holostea* L.), *Saponaria officinalis* L.,

*Scleranthus annuus* L., *Silene chersonensis* (Zapał.) Kleopow (= *Otites chersonensis* (Zapał.) Klokov), *Silene dioica* (L.) Clairv., *Silene latifolia* subsp. *alba* (Miller) Greuter & Burdet (= *Melandrium album* (Mill.) Garcke), *Silene noctiflora* L., *Silene vulgaris* (Moench) Garcke (= *Oberna behen* (L.) Ikonn.), *Stellaria aquatica* (L.) Scop. (= *Malachium aquaticum* (L.) Fries.), *Stellaria graminea* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Viscaria vulgaris* Roehl.

CELASTRACEAE: *Euonymus europaeus* L., *Euonymus nanus* M.Bieb., *Euonymus verrucosus* Scop.

CONVOLVULACEAE: *Convolvulus arvensis* L., *Cuscuta campestris* Yunck.

CORNACEAE: *Cornus mas* L., *Cornus sanguinea* L. subsp. *sanguinea* (= *Swida sanguinea* (L.) Opiz), *Cornus sanguinea* subsp. *australis* (C.A.Mey.) Jáv. (= *Swida australis* (C.A.Mey.) Pojark. ex Grossh.), *Cornus sanguinea* subsp. × *hungarica* (Kárpáti) Soó (= *C. s.* subsp. *australis* × *C. s.* subsp. *sanguinea*)

CRASSULACEAE: *Hylotelephium maximum* (L.) Holub subsp. *maximum*, *Hylotelephium maximum* subsp. *ruprechtii* (Jalas) Dostál

EUPHORBIACEAE: *Euphorbia saratoi* Ardoino (= *E. virgultosa* Klokov), *Mercurialis perennis* L.

FABACEAE: *Astragalus glycyphyllos* L., *Astragalus onobrychis* L., *Caragana arborescens* Lam., *Coronilla elegans* Pančić (= *Securigera elegans* (Pancic) Lassen), *Coronilla varia* L. (= *Securigera varia* (L.) Lassen), *Lathyrus niger* (L.) Bernh., *Lathyrus sylvestris* L., *Lathyrus tuberosus* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Lotus corniculatus* L., *Medicago falcata* L., *Medicago lupulina* L., *Medicago sativa* L., *Melilotus officinalis* (L.) Lam., *Trifolium alpestre* L., *Trifolium campestre* Schreb., *Trifolium hybridum* L., *Trifolium montanum* L., *Trifolium pratense* L., *Vicia pisiformis* L., *Vicia sepium* L., *Vicia villosa* Roth

FAGACEAE: *Quercus robur* L., *Quercus rubra* L.

GERANIACEAE: *Erodium cicutarium* (L.) L'Her., *Geranium pusillum* L., *Geranium robertianum* L., *Geranium sibiricum* L.

GROSSULARIACEAE: *Ribes spicatum* E.Robson

HYPERICACEAE: *Hypericum hirsutum* L., *Hypericum perforatum* L.

JUGLANDACEAE: *Juglans regia* L.

LAMIACEAE: *Ajuga genevensis* L., *Ballota nigra* L., *Betonica officinalis* L., *Clinopodium acinos* (L.) Kuntze (= *Acinos arvensis* (Lam.) Dandy), *Clinopodium menthifolium* (Host) Merino (= *Calamintha officinalis* Moench, *C. menthifolia* Host.), *Clinopodium vulgare* L., *Galeopsis ladanum* L., *Glechoma hederacea* L., *Glechoma hirsuta* Waldst. & Kit., *Lamium amplexicaule* L., *Lamium galeobdolon* (L.) L. (= *Galeobdolon luteum* Huds.), *Lamium maculatum* (L.) L., *Lamium purpureum* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Lycopus europaeus* L., *Origanum vulgare* L., *Prunella vulgaris* L., *Salvia pratensis* L., *Salvia verticillata* L., *Scutellaria altissima* L., *Stachys germanica* L., *Stachys palustris* L., *Stachys recta* L., *Stachys sylvatica* L., *Teucrium chamaedrys* L., *Thymus pannonicus* All. (= *T. marschallianus* Willd.)

LYTHRACEAE: *Lythrum salicaria* L.

MALVACEAE: *Malva pusilla* Sm., *Malva thuringiaca* (L.) Vis. (= *Lavatera thuringiaca* L.), *Tilia cordata* Mill.

MORACEAE: *Morus alba* L.

OLEACEAE: *Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall (= *F. lanceolata* Borkh.), *Ligustrum vulgare* L.

ONAGRACEAE: *Circaea lutetiana* L., *Epilobium hirsutum* L., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Epilobium tetragonum* L.

OROBANCHACEAE: *Lathraea squamaria* L., *Melampyrum pratense* L.

PAPAVERACEAE: *Chelidonium majus* L., *Corydalis cava* (L.) Schweigg. & Körte, *Corydalis marschalliana* (Pall. ex Willd.) Pers., *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Fumaria schleicheri* Soy.-Will., *Fumaria vaillantii* Loisel.

PLANTAGINACEAE: *Digitalis grandiflora* Mill., *Linaria vulgaris* Mill., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Plantago media* L., *Plantago urvillei* Opiz (= *P. stepposa* Kuprian.), *Veronica anagallis-aquatica* L., *Veronica chamaedrys* L., *Veronica persica* Poir., *Veronica polita* Fr., *Veronica prostrata* L., *Veronica spicata* L., *Veronica sublobata* M.A.Fisch. (= *V. hederifolia* auct. non L.), *Veronica teucrium* L.

POLYGALACEAE: *Polygala comosa* Schkuhr

POLYGONACEAE: *Fallopia dumetorum* (L.) Holub, *Persicaria hydropiper* (L.) Delarbre, *Persicaria maculosa* Gray, *Polygonum aviculare* L., *Rumex confertus* Willd., *Rumex obtusifolius* subsp. *sylvestris* (Lam.) Čelak. (= *R. sylvestris* Wallr.), *Rumex patientia* L.

PORTULACACEAE: *Portulaca oleracea* L.

PRIMULACEAE: *Androsace elongata* L., *Lysimachia nummularia* L.

RANUNCULACEAE: *Aconitum lasiostomum* Rchb. ex Besser, *Anemonoides ranunculoides* (L.) Holub, *Clematis recta* L., *Delphinium consolida* L. (= *Consolida regalis* Gray), *Delphinium cuneatum* Spreng., *Ranunculus cassubicus* L., *Ranunculus ficaria* L. (= *Ficaria verna* Huds.), *Ranunculus polyanthemus* L., *Ranunculus repens* L., *Thalictrum lucidum* L., *Thalictrum minus* L.

RESEDACEAE: *Reseda lutea* L.

ROSACEAE: *Agrimonia eupatoria* L. subsp. *eupatoria*, *Agrimonia eupatoria* subsp. *grandis* (Asch. & Graebn.) Bornm., *Crataegus × kyrtostyla* Fingerh., *Crataegus monogyna* Jacq., *Filipendula vulgaris* Moench, *Fragaria vesca* L., *Fragaria viridis* Weston, *Geum urbanum* L., *Malus domestica* (Suckow) Borkh., *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Potentilla alba* L., *Potentilla argentea* L., *Potentilla recta* L. subsp. *recta*, *Potentilla recta* subsp. *obscura* (Willd.) Arcang., *Prunus avium* (L.) L., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Prunus spinosa* subsp. *dasyphylla* (Schur) Domin (= *P. stepposa* Kotov), *Pyrus communis* L. subsp. *communis*, *Pyrus communis* subsp. *pyraster* (L.) Ehrh., *Rosa canina* L., *Rosa corymbifera* Borkh., *Rosa villosa* L., *Rubus caesius* L., *Rubus idaeus* L.

RUBIACEAE: *Galium aparine* L., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Galium spurium* L., *Galium verum* L.

RUTACEAE: *Ptelea trifoliata* L.

SALICACEAE: *Populus × canescens* (Aiton) Sm., *Populus tremula* L., *Salix alba* L., *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix × fragilis* L. (= *S. × rubens* Schrank), *Salix triandra* L.

SANTALACEAE: *Viscum album* L.

SAPINDACEAE: *Acer campestre* L., *Acer negundo* L., *Acer platanoides* L., *Acer tataricum* L., *Aesculus hippocastanum* L.

SCROPHULARIACEAE: *Scrophularia nodosa* L., *Verbascum lychnitis* L., *Verbascum nigrum* L., *Verbascum phlomoides* L.

SOLANACEAE: *Solanum nigrum* L.

ULMACEAE: *Ulmus glabra* Huds., *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus minor* Mill., *Ulmus pumila* L.

URTICACEAE: *Urtica dioica* L.

VIBURNACEAE: *Sambucus ebulus* L., *Sambucus nigra* L., *Viburnum lantana* L., *Viburnum opulus* L.

VIOLACEAE: *Viola arvensis* Murray, *Viola collina* Besser, *Viola hirta* L., *Viola mirabilis* L., *Viola odorata* L., *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau, *Viola suavis* M.Bieb., *Viola tricolor* subsp. *matutina* (Klokov) Valentine

VITACEAE: *Parthenocissus vitacea* (Knerr) Hitchc.

До флористичного списку НПП «Холодний Яр» включено 428 дикорослих валідних таксонів (видів та гібридів) із 66 родин; із них 331 – аборигенні, а 97 – адвентивні. Загальні риси систематичної структури флори наведені у табл. 1.

Таблиця 1

## Систематична структура флори НПП «Холодний Яр»

Вищий таксон	Аборигенна фракція	Адвентивна фракція	Уся флора
ХВОЩІ	1	-	1
ПАПОРОТІ	3	-	3
ГОЛОНАСІННІ	1	-	1
ПОКРИТОНАСІННІ	326	97	423
у т. ч. однодольні	62	15	77
дводольні	264	82	346
Всього видів і гібридів	331	97	428

Головна пропорція аборигенної фракції флори за фактичними даними – 1:1,7:5,3. Це низькі показники, як очікувано, через локальність флори, так і через її неповну вивченість. Зокрема, у наявному переліку аборигенних видів переважають роди (198) із одним видом. Очікується, що подальші дослідження дозволять значно уточнити головну пропорцію флори.

Аборигенна фракція флори Парку має неморальний характер із добре вираженими південними рисами (табл. 2). Так, видів із європейським та європейсько-субсередземноморським типами ареалів у складі флори більше третини – 35,3%. Помітна частка і субсередземноморських видів – 8,2%. Подібний характер географічного спектру є досить очікуваний для парціальних лісових флор близько до їх південної межі поширення. У той же час, у проаналізованій флорі дуже велика частка широкоареальних видів (разом – 48,3%). Це теж є наслідком розташування «Холодного Яру» в місцевості, де чимало типових європейських неморальних рослин не зустрічаються або є рідкісними. Загалом, «Холодний яр» та його околиці – типова лісостепова місцевість. Вона не є притулком північних елементів, якими у Середньому Придніпров'ї виступають болото Ірдинь або піщані тераси Дніпра та його приток (Zerov, 1924). У часи активного поширення бореальних видів у цьому регіоні на піднятих ділянках вже була сформована широколистяно-лісова рослинність, яка не сприяла розповсюдженню тут таких більш світлолюбних видів.

Таблиця 2

## Географічна структура аборигенної фракції флори НПП «Холодний Яр»

Геоелемент	Кількість видів і гібридів	%
<b>Широкоареальні</b>		
Плюрирегіональний	8	2,4
Голарктичний	18	5,4
Євразійський	89	26,9
Палеоарктичний	45	13,6
<b>Зональні та регіональні</b>		
Бореальний	7	2,1
Європейський	56	16,9
Європейсько-сибірський	4	1,2
Європейсько-субсередземноморський	61	18,4
Субсередземноморський	27	8,2
Євразійський лісостеповий	6	1,8
Євразійський степовий	10	3,0
Всього	331	100

У біоморфологічній структурі флори Парку (табл. 3) досить рівномірно представлені більшість життєвих форм, за винятком водних трав. Частка дерев'янистих морф разом становить 13,5%, що є дещо більшим від середніх показників для лісостепових флор, але очікувано для парціальної флори лісового масиву. Серед адвентивних рослин абсолютно переважають одно- і малорічні трави, що є характерним для цієї фракції загалом у флорі України. Відносно значна участь деревних рослин у складі адвентивної фракції (16,5%) пояснюється тривалим використанням деревних видів чужинного походження у практиці лісогосподарювання.

Таблиця 3

## Біоморфологічна структура флори НПП «Холодний Яр»

Життєва форма	Аборигенна фракція		Адвентивна фракція	
	Кількість видів і гібридів	%	Кількість видів і гібридів	%
Дерева	22	6,6	11	11,3
Кущі	15	4,5	5	5,2
Кущики	5	1,5	-	-
Півкущики	3	0,9	-	-
Ліани	-	-	1	1,0
Одно- і малорічні трави	66	19,9	63	64,9
Багаторічні трави	219	66,2	17	17,5
Водні трави	1	0,3	-	-
Всього	331	100	97	100

У еколого-ценотичній структурі флори Парку відображений її лісовий характер (табл. 4). Більше половини місцевих рослин (разом 56,5%) є лісовими та узлісно-чагарниковими (маргінатними). Помітну роль у складі флори Парку відіграють лучні рослини, значно менше тут – степових, піщаних і водно-болотних рослин. Серед адвентивних видів рослин традиційно висока частка належить до синантропного елементу.

Таблиця 4

## Еколого-ценотична структура флори НПП «Холодний Яр»

Флорокомплекс	Аборигенна фракція		Адвентивна фракція	
	Кількість видів і гібридів	%	Кількість видів і гібридів	%
Лісовий	122	36,9	12	12,4
Чагарниковий та узлісний	65	19,6	4	4,1
Лучний	54	16,3	5	5,2
Степовий	32	9,7	1	1
Синантропний	23	6,9	70	72,2
Болотний і прибережний	16	4,8	2	2,1
Піщаний	14	4,2	3	3,1
Кристалічних відслонень	2	0,6	-	-
Водний	1	0,3	-	-
Лесових відслонень	1	0,3	-	-
Солончаків і засолених лук	1	0,3	-	-
Всього	331	100	97	100

**Раритетна фракція.** На території Парку віддавна охороняються рідкісні види рослин, хоча за їх багатством «Холодний Яр» поступається великому регіональному осередку збереження біорізноманіття – Канівському природному заповіднику. У 2010 р. в межах Холодноярського лісового масиву (Грушківське та Креселецьке лісництва) були зафіксовані 8 видів рослин з Червоної книги України [25]. Нині цей перелік дещо змінився і на території Парку відомі наступні види рослин із національним охоронним статусом (в дужках наведені первинні джерела):

*Allium ursinum* – Креселецьке лісництво, урочище Холодний Яр, [5, 15, 21, 29]; матеріали гербарію KWU; польові описи О.В. Свистун; etc.;

*Cephalanthera longifolia* – Креселецьке лісництво [27];

*Coronilla elegans* (= *Securigera elegans*) – лісове урочище Гетьманський гай, Креселецьке лісництво, 26.08.1937 [9]; урочище Холодний яр, дубово-грабовий ліс Креселецького лісництва, 10.06.1978, В. Курсон (KW) [29];

*Epipactis helleborine* – урочище Холодний яр, Креселецьке лісництво [29]; «околиці с. Буди, Холодний яр, дубово-грабовий ліс», 18.07.1984, В.М. Вірченко, - det. 1.02.1993, М.М. Бортняк (Каталог KWU8842);

*Epipactis purpurata* – урочище Холодний яр, О. Сенчило [18]; «ліс Атаманський парк, Креселецьке л-во, кв. 76, одинично на тінистому схилі у грабняку, 49.1350, 32.3387», 12.08.2018, О. Шиндер (КВНА);

*Euonymus nanus* – лісовий масив Холодний яр, кв. 55 Креселецького лісництва, на площі близько 2 га [29]; там же, квартали 55 і 59 [29]; лісовий масив «Холодний Яр» [2, 26];

*Galanthus plicatus* – лісовий масив «Холодний Яр», кв. 5, 17 і 39 Креселецького лісництва, 2001, О.А. Спрягайло, О.В. Спрягайло (sub *Galanthus* sp., польові записи, [2]; урочище Холодний яр, кв. 5, 10, 17, 33, 36, 39 і 42 Креселецького лісництва [15]; там же, кв. 38 і 39 Креселецького лісництва [21]. – Імовірно цього ж виду стосується зразок підсніжника: «с. Мельники, ур. Холодний яр», 1987, зібрано школярами в ході акції «Підсніжник», – який був визначений як *G. nivalis* [6];

*Neottia nidus-avis* – «с. Буда, «Холодний яр», дубово-грабовий ліс, нерідко», 19.07.1984, В.М. Вірченко (Каталог KWU – №214); урочище Холодний яр, Креселецьке лісництво [29]; урочище Зубкове [21];

*Platanthera bifolia* – урочище Холодний яр [25];

*Tulipa quercetorum* (= *Tulipa sylvestris* subsp. *australis* s.l.) – урочище Холодний яр, кв. 17 Креселецького лісництва [15]; лісовий масив «Холодний Яр» [2].

Отже, на сьогоднішній день на території НПП «Холодний Яр» встановлене зростання 10 видів рослин із Червоної книги України [20].

Крім того, у лісах Холодного Яру було виявлено ще *Epipactis atrorubens* – в околиці с. Буда, загалом 6 клонів за 200-300 м від дуба Залізняка [25, 27]. Але це місцезнаходження перебуває поза існуючими межами Парку. Також, для Холодного Яру були наведені *Adonis vernalis* і *Lilium martagon* [14], але без уточнення локалітетів.

Щодо охоронних видів рослин на регіональному рівні, то у Черкаській області ще донедавна був відсутній офіційно затверджений їх список, але було розроблено науково-обґрунтований перелік [1, 28], котрий згодом був критично переглянутий і суттєво скорочений [11] та у 2021 році затверджений Черкаською обласною радою [19]. Відповідно до цього списку, на території НПП «Холодний Яр» були відзначені принаймні 17 видів і внутрішньовидових таксонів: *Aconitum lasiostomum*, *Aegonychon purpureo-caeruleum*, *Anchusa ochroleuca* (sub *A. pseudoochroleuca* auct.), *Calamintha menthifolia* (= *Clinopodium menthifolium*), *Centaurea pseudophrygia* (= *C. phrygia* subsp. *pseudophrygia*), *Cornus mas*, *Corydalis marshalliana*, *Delphinium cuneatum*, *Dentaria quinquefolia* (= *Cardamine quinquefolia*), *Digitalis grandiflora*, *Lactuca quercina*, *Muscari neglectum*, *Potentilla alba*, *Scilla siberica*, *Symphytum tauricum*, *Vinca herbacea* та *Viola collina*.

**Адвентизація флори.** Ступінь адвентизації флори «Холодного Яру» за наявними даними становить 22,7%, що є доволі високим показником для природоохоронної території. Імовірно, слід очікувати, що реальна частка аборигенних рослин у складі флори значно більша, адже у зв'язку з неповнотою її вивченості адвентивні рослини у складі синантропних угруповань вздовж доріг і по краю лісових ценозів імовірно могли бути краще вивчені. Але сильний антропогенний вплив на флору «Холодного Яру» дуже відчутний. Ця територія здавна була густонаселеною, що знаходило негативний вплив на рослинний покрив. Зокрема, в радянський час великої шкоди лісу «Холодного Яру» завдавало випасання худоби, неорганізований туризм та активні рубки [29].

Серед чужорідних адвентивних рослин, відзначених на території Парку, представлені: 48 видів і внутрішньовидових таксонів субсередземноморського походження, 21 – азійського, 18 – американського, 4 – євразійського, 3 – європейського, 3 – антропогенного. Подібний географічний спектр має значний «південний» ухил і це типово для адвентивних фракцій флор України.

За способом імміграції адвентивні рослини поділяються на дві основні групи: ксенофіти (випадково занесені та вселені самотійно) і втікачі з культури або ергазіофітофіти. У дослідженій флорі 64 чужорідні види і внутрішньовидові таксони – це ксенофіти, а 33 – втікачі з культури. Серед ксенофітів 56 – одно- і малорічних трав та 8 багаторічних трав; серед втікачів із культури – 11 дерев, 5 кущів, 1 ліана, 7 однорічних трав і 9 багаторічних трав.

Походження кількох видів у флорі Парку має дискусійний характер. Так, виявлений у Атаманському парку *Clinopodium menthifolium* довгий час розглядався як реліктовий вид у острівному локалітеті, відірваному від основного ареалу [9-10] і більше ніде не відомий у дикорослому стані в центральній частині рівнинної України. Ще один його зразок зібраний у дендропарку «Олександрія» в м. Біла Церква і, ймовірно, стосується інтродукованих рослин [30]. Нині цей вид зрідка зустрічається в культурі, тож цілком імовірним припущенням буде те, що виявлені у 1920-30-х роках місцезростання цього виду в околиці с. Головкивка були вторинними. Інший приклад – *Galanthus plicatus*, популяція якого у «Холодному Яру» є феноменом природи Середнього Придніпров'я. Першим висловленим припущенням про цей вид є його реліктовий характер у лісах Придніпров'я [15]. Пізніше з'явилися думки про заносний характер його острівного локалітету [22, 24].

Найбільш негативним наслідком адвентизації флори є розповсюдження інвазійно-активних рослин, які представлені і на території Парку. Деякі чужорідні трав'яні рослини успішно адаптувалися і стали частими або постійними елементами місцевого рослинного покриву, наприклад: *Conium maculatum*, *Erigeron annuus*, *Geranium sibiricum*, *Impatiens parviflora*, *Solanum nigrum* тощо. Але в лісових екосистемах значно небезпечнішою є натуралізація дерев'янистих чужорідних рослин, які можуть конкурувати із едифікаторами і домінантами лісових угруповань. В «Холодному Яру» серед таких видів відмічені: *Acer negundo*, *Cornus sanguinea subsp. australis*, *Parthenocissus vitacea* і *Quercus rubra*, а на узліссях небезпеку експансій створюють: *Fraxinus pennsylvanica*, *Morus alba*, *Ptelea trifoliata*, *Ulmus pumila*. Ці та інші подібні види рослин потребують особливого моніторингу.

**Висновки.** Отже, флора НПП «Холодний Яр» досить різноманітна і, хоча «Холодний Яр» і не належить до найбагатших осередків біорізноманіття у Середньому Придніпров'ї, але по-своєму унікальна і до цього часу є далекою від завершеного вивчення. Холодноярські ліси поєднують у собі риси європейських неморальних угруповань із субсередземноморськими елементами флори. Їхні флористичні особливості відіграли певну роль у розвитку вітчизняної фітогеографії завдяки роботам Ю.Д. Клеопова. На сьогоднішній день актуальними є охорона і комплексне вивчення фіторізноманіття цього чудового куточка Середньої Наддніпряни.

Важливим залишається уточнення відомостей про таксономічний склад флори Парку, і основою для цієї роботи є наявний конспект флори. Для флористичного моніторингу перспективними є пошуки популяцій рідкісних видів рослин, які давно не були підтверджені,

зокрема: *Calamintha menthifolia* і *Coronilla elegans*, та нових для флори Парку рідкісних рослин, наприклад, *Prunus fruticosa*, *P. tenella*, видів родин Iridaceae, Orchidaceae тощо. Актуальним є вивчення експансії чужорідних таксонів, зокрема моніторинг появи нових інвазійних рослин.

### Список використаної літератури

1. Башенко М.І., Гончар О.Ф., Лавров В.В., Дерій С.І. 2009. Екологічна мережа Центрального Придніпров'я. Київ: Центр екологічної освіти та інформації. 386 с.
2. Василюк О.В., Куземко А.А., Спрягайло О.А., Спрягайло О.В., Чорна Г.А., Шевчик В.Л., Ширяєва Д.В. 2019. Знахідки рослин, занесених до Червоної книги України, в Черкаській області. В зб.: *Знахідки рослин і грибів Червоної книги та Бернської конвенції (Резолюція 6), т. 1. [Серія: «Conservation Biology in Ukraine», вип. 11]*. Київ-Чернівці: Друк Арт, с. 142-153.
3. Гайова Ю.Ю. 2010. Унікальна рослинність Холодного яру. В зб.: *Перспективи розвитку території Холодного яру: Матеріали конференції* (м. Черкаси, 27 квітня 2010 р.), с. 40-41.
4. Гринь Ф.О. 1971. Дубові та широколистяно-дубові ліси. В кн.: *Рослинність УРСР. Ліси УРСР*. Київ: Наукова думка, с. 194-328.
5. Діденко І. 2009. Онтогенетична структура популяцій *Allium ursinum* L. в природних фітоценозах та в умовах Національного дендрологічного парку "Софіївка" НАНУ. *Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Серія Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*, 22-24: 118-119.
6. Діденко С.Я. 2000. Види роду *Galanthus* L. (Amaryllidaceae) в природі і в культурі в Україні: дис. .... канд. біол. наук. 03.00.05 – ботаніка. Київ. 178 с.
7. Зеров Д.К. 1924. До флори Черкаської округи (кол. Черкаський та Чигиринський повіти) Київщини. *Вісник Київського ботанічного саду*, 1: 5-26.
8. Клеопов Ю.Д. 1931. До питань, зв'язаних із знахідкою *Orobus variegatus* Ten. в лісах Правобережної України. В зб.: Четвертинний період, вип. 3 [ВАН. Труды Природничо-технічного відділу, 14]: 207-214.
9. Клеопов Ю.Д. 1938. Ботаніко-географічні етюди. 1. Про нові знахідки *Euponymus pana* M. B. і *Coronilla elegans* Panč в УРСР. *Журнал інституту ботаніки АН УРСР*, 17(25): 137-165.
10. Клеопов Ю.Д. 1938. Релікты во флоре широколистяних лесов Европейской части СССР. В кн.: *Проблема реліктов во флоре СССР (тезисы совещания)*. Вып. 2. Москва-Ленинград, с. 16-22.
11. Куземко А.А., Шевчик В.Л., Чорна Г.А., Спрягайло О.В. 2017. Список видів рослин, що потребують регіональної охорони на території Черкаської області: сучасний стан та перспективи. В зб.: *Матеріали V Наукових читань пам'яті Сергія Таращука* (м. Миколаїв, 21 квітня 2017 року), вип. 3, с. 65–67.
12. Курсон В.В. 1978. Поширення та еколого-ценотичні особливості *Euponymus pana* Vieb. на території Наддніпрянської височини. *Український ботанічний журнал*, 35(3): 318-321.
13. Курсон В.В. 1983. Про охорону рідкісних видів широколистяних лісів Наддніпрянської височини. В кн.: *Рідкісні рослини природної флори України, шляхи та методи їх охорони: Матеріали конференції*. Київ: Наукова думка, с. 61-63.
14. Ложкова І.Ю., Осипенко В.В. 2014. Фіторізноманітність Холодноярського лісового масиву. В зб.: *Актуальні питання сучасної науки: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 24-25 жовтня 2014 р.). Херсон: Гельветика, с. 44-46.
15. Мельник В.І., Діденко С.Я., Спрягайло О.В. 2006. Рівнинна популяція *Galanthus plicatus* Vieb. (Amaryllidaceae) в Україні. *Інтродукція рослин*, 3: 7-12.
16. Мельник В.І., Шиндер О.І., Діденко С.Я. 2010. Нові місцезнаходження рідкісних видів флори Придніпровської височини. *Український ботанічний журнал*, 67(3): 425-431.
17. Омельчук Т.Я. 1962. Род Лук (*Allium* L.) во флорі України: дис. ... канд. біол. наук. Київ. 270 с.
18. Парнікоза І.Ю. 2011. Знахідка *Eriopactis purpurata* Smith. на території Голосіївського лісу у м. Києві. В зб.: *Біологія: від молекули до біосфери: Матеріали 6 конференції молодих науковців* (м. Харків, 22–25 листопада 2011), с. 432-433.
19. Перелік видів рослин, що підлягають особливій охороні на території Черкаської області. Рішення Черкаської обласної ради від 10.09.2021 № 8-33/VIII. <https://oblradack.gov.ua/files/docs/Rishennja/8/8/8-33-8.zip>.
20. Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ), та видів рослин та грибів, що виключені з Червоної книги України (рослинний світ): *Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 15.02.2021 №111*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text> (October 25, 2022)
21. Савченко З.А., Волик В.П. 2010. Матеріали до вивчення рослинного покриву Холодноярських лісів у весняний період. В зб.: *Перспективи розвитку території Холодного яру: Матеріали конференції* (м. Черкаси, 27 квітня 2010 р.), с. 133–134.



22. Спрягайло О.В., Спрягайло О.А. 2018. Проектований Національний природний парк «Холодний Яр» як важливий резерват реліктових та рідкісних видів рослин. В зб.: *Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин: Матеріали 5 конференції (м. Херсон, 25-28 червня 2018 р.)*, с. 78-81.
23. *Флора УРСР: у 12 т. 1936–1965*. Київ: В-во АН УРСР.
24. *Червона книга України. Рослинний світ*. Під ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг. 912 с.
25. Шевчик В.Л. 2010. Значення Холодноярського лісового масиву для охорони червонокнижних видів судинних рослин на Черкащині. В зб.: *Перспективи розвитку території Холодного Яру: Матеріали Всеукраїнської конференції (Черкаси, 27 квітня 2010 р.)*, с. 21-24.
26. Шевчик В.Л. 2019. Знахідки рослин, занесених до Червоної книги України та Резолюції 6 Бернської конвенції, в угрупованнях середнього Придніпров'я та західного Полісся. В зб.: *Знахідки рослин і грибів Червоної книги та Бернської конвенції (Резолюція 6), т. 1. [Серія: «Conservation Biology in Ukraine», вип. 11]*. Київ-Чернівці: Друк Арт, с. 441-447.
27. Шевчик В.Л., Бакалина Л.В., Полішко О.Д. 2009. Про поширення деяких рідкісних видів рослин на Черкащині. *Вісник Черкаського університету. Сер. Біологічні науки*, 156: 135-148.
28. Шевчик В.Л., Куземко А.А., Чорна Г.А. 2006. Список рідкісних видів судинних рослин, що підлягають охороні в межах Черкаської області. *Заповідна справа в Україні*, 12(1): 11–17.
29. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Курсон В.В. 1979. Рослинність "Холодного яру". *Український ботанічний журнал*, 36(1): 67-72.
30. Шиндер О.І. 2018. Хорологічні особливості *Clinopodium menthifolium* (Lamiaceae) і *Sedum borissovae* (Crassulaceae) – рідкісних видів флори Правобережжя України. В зб.: *Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження Глобальної стратегії збереження рослин: Матеріали 5 конференції (м. Херсон, 25-28 червня 2018 р.)*, с. 93-96.

### References

1. Bashchenko M., Gonchar O., Lavrov V. & Deriy S. 2009. *Ecological network of the Central Prydniprovyia*. Kyiv: Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii. 386 pp.
2. Vasylyuk O.V., Kuzemko A.A., Spryahaylo O.A., Spryahaylo O.V., Chorna H.A., Shevchik V.L., & Shyryayeva D.V. 2019. Znakhidky roslyn, zanesenykh do Chervonoï knyhy Ukrainy, v Cherkaskiy oblasti. In: *Znakhidky roslyn i hrybiv Chervonoï knyhy ta Bernskoi konventsii (Rezolyutsiya 6), vol. 1. [Series: «Conservation Biology in Ukraine», issue 11]*. Kyiv-Chernivtsi: Druk Art, pp. 142-153.
3. Gaïova J.Yu. 2010. Unikalna roslynnist Kholodnoho yaru. In: *Perspektyvy rozvytku terytorii Kholodnoho yaru: Materialy konferentsii (Cherkasy, 27 April 2010)*, pp. 40-41.
4. Hryn F.O. 1971. Dubovi ta shyrokolistyano-dubovi lisy. In: *Roslynnist URSR. Lisy URSR*. Kyiv: Naukova dumka, pp. 194-328.
5. Didenko I. 2009. Ontogenetic structure of *Allium ursinum* L. populations in natural phytocenoses and in the conditions of the National Dendrological Park "Sofiivka" of the National Academy of Sciences. *Visnyk KNU im.T.Shevchenka. Seriya Introduktsiia ta zberezhennia roslynnoho riznomanittia (Bulletin of the Taras Shevchenko National University. Introduction and conservation of plant diversity)*, 22-24: 118-119.
6. Didenko S.Ya. 2000. Species of the genus *Galanthus* L. (Amaryllidaceae) in nature and under cultivation conditions in Ukraine: Dr. Sci. Diss. Kyiv. 178 pp. (manuscript).
7. Zerov D.K. 1924. Do flory Cherkaskoi okruhy (kol. Cherkaskyi ta Chyhyrnskyi povity) Kyivshchyny. *Vistnyk Kyivskoho botanichnoho sadu (Bulletin of the Kyiv Botanical Garden)*, 1: 5-26.
8. Kleopov Yu.D. 1938 Botanical-Geographic Studies. 1. New Finds of *Evonymus nana* and *Coronilla elegans* in the Ukrainian SSR. *Botanichnyi zhurnal AN URSR (Ukrainian Botanical Journal)*, 17(25): 137-165.
9. Kleopov Yu.D. 1938. Relikty vo flore shirokolistvennykh lesov Evropeyskoy chasti SSSR. In: *The problem of relics in the flora of the USSR (meeting abstracts). Issue 2*. Moscow; Leningrad, pp. 16-22.
10. Kleopov J.D. 1931. Ueber einige Fragen, die mit dem Funde von *Orobanchia variegata* Ten. in den Wäldern der rechtsufrigen Ukraine in Verbindung stehen. In: *Die Quartärperiode, lief. 3 [Académie des Sciences d'Ukraine. Mémoires de la Classe des Sciences Naturelles et Techniques, N14]*: 207-214.
11. Kuzemko A.A., Shevchik V.L., Chorna H.A., & Spryahaylo O.V. 2017. Spysok vydiv roslyn, shcho potrebuyut rehionalnoi okhorony na terytorii Cherkaskoi oblasti: suchasnyi stan ta perspektyvy. In: *Materialy V Naukovykh chytan pam'yati Serhiya Tarashchuka (Mykolayiv, 21 April 2017), issue 3*, pp. 65–67.
12. Kurson V.V. 1978. Distribution and ecological and cenotic peculiarities of *Euonymus nana* Bieb. growing in the territory of the Naddneprovian Upland. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal (Ukrainian Botanical Journal)*, 35(3): 318-321.
13. Kurson V.V. 1983. Pro okhoronu ridkisnykh vydiv shyrokolistyanykh lisiv Naddnipyrianskoi vysochyny. In: *Ridkisini roslyny pryrodnoi flory Ukrainy, shlyakhy ta metody yikh okhorony: Materialy konferentsii*. Kyiv: Naukova dumka, pp. 61-63.

14. Lozhkova I.Yu., & Osypenko V.V. 2014. Fitoriznomanitnist Kholodnoyarskoho lisovoho masyvu. In: *Aktualni pytannya suchasnoi nauky: Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Kyiv, 24-25 October 2014)*. Kherson: Helvetyka, pp. 44-46.
15. Melnyk V.I., Didenko S.Ya., & Spriahailo O.V. 2006. Plain population of *Galanthus plicatus* Bieb. (Amaryllidaceae L.) in Ukraine. *Introduktsiia roslyn (Plant Introduction)*, 3, 7-12.
16. Melnyk V.I., Shynder O.I., & Didenko S.Ya. 2010. New locations of rare species for the flora of the Dnieper Upland. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal (Ukrainian Botanical Journal)*, 67(3): 425-431.
17. Omelchuk T.Ya. 1962. Genus Onion (*Allium* L.) in the flora of Ukraine: Dr. Sci. Diss. Kyiv. 270 pp. (manuscript).
18. Parnikoza I.Yu. 2011. Znakhidka *Epipactis purpurata* Smith. na terytorii Holosiivskoho lisu u m. Kyievi. In: *Biolojiya: vid molekuly do biosfery: Materialy 6 konferentsii molodykh naukovtsiv (Kharkiv, 22–25 November 2011)*, pp. 432-433.
19. Perelik vydiv roslyn, shcho pidlihaiut osoblyvii okhoroni na terytorii Cherkaskoi oblasti. Rishennia Cherkaskoi oblasnoi rady vid 10.09.2021 № 8-33/VIII. Available at: <https://oblradack.gov.ua/files/docs/Rishennja/8/8/8-33-8.zip>. (Accessed October 25, 2023)
20. *Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine N111 dated February 15, 2021*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text> (Accessed October 25, 2022)
21. Savchenko Z.A., & Volyk V.P. 2010. Materialy do vyvchennya roslynnoho pokryvu Kholodnoyarskykh lisiv u vesnyanyi period. In: *Perspektyvy rozvytku terytorii Kholodnoho yaru: Materialy konferentsii (Cherkasy, 27 April 2010)*, pp. 133–134.
22. Spriahailo O.V., & Spriahailo O.A. 2018. Proektovanyi Natsionalnyi pryrodnyi park «Kholodnyi Yar» yak vazhlyvyi rezervat reliktovykh ta ridkisnykh vydiv roslyn. In: *The Plant Kingdom in the Red Data Book of Ukraine: Implementing the Global Strategy for Plant Conservation. Proceedings of the 5th International Conference (Kherson, 25-28 June 2018)*, pp. 78-81.
23. *Flora of the Ukrainian SSR*, vols. 1–12. 1936–1965. Kyiv: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR.
24. *Chervona knyha Ukrainy. Roslynni svit*. 2009. Ed. Ya. Didukh. Kyiv: Hlobalkonsal'tynh. 912 pp.
25. Shevchyk V.L. 2010. Znachennya Kholodnoyarskoho lisovoho masyvu dlya okhorony chervonoknyzhnykh vydiv sudynnykh roslyn na Cherkashchyni. In: *Perspektyvy rozvytku terytorii Kholodnoho Yaru: Materialy Vseukrainskoi konferentsii (Cherkasy, 27 April 2010)*, pp., c. 21-24.
26. Shevchyk V.L. 2019. Znakhidky roslyn, zanesenykh do Chervonoi knyhy Ukrainy, v Cherkaskiy oblasti. In: *Znakhidky roslyn i hrybiv Chervonoi knyhy ta Bernskoi konventsii (Rezolyutsiya 6), vol. 1. [Series: «Conservation Biology in Ukraine», issue 11]*. Kyiv-Chernivtsi: Druk Art, pp. 441-447.
27. Shevchyk V.L., Bakalyna L.V., & Polishko O.D. 2009. Pro poshyrennya deyaknykh ridkisnykh vydiv roslyn na Cherkashchyni. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii Biologichni nauky (Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series)*, 156: 135-148.
28. Shevchyk V.L., Kuzemko A.A., & Chorna H.A. 2006. Spysok ridkisnykh vydiv sudynnykh roslyn, shcho pidlyahayut okhoroni v mezhakh Cherkaskoi oblasti. *Zapovidna sprava v Ukraini*, 12(1): 11–17.
29. Shel'jag-Sosonko Ju.R., & Kurson V.V. 1979. Vegetation of Kholodny Jar. *Ukrainian Botanical Journal*, 36(1): 67-72.
30. Shynder O.I. 2018. Khorolohichni osoblyvosti *Clinopodium menthifolium* (Lamiaceae) i *Sedum borissovae* (Crassulaceae) – ridkisnykh vydiv flory Pravoberezhzhya Ukrainy. In: *The Plant Kingdom in the Red Data Book of Ukraine: Implementing the Global Strategy for Plant Conservation. Proceedings of the 5th International Conference (Kherson, 25-28 June 2018)*, pp. 93-96.

**Shynder O.I., Shevchyk V.L., Spriahailo O.A., Spriahailo O.V., Galushko O.S. Analysis of the Flora of the Kholodnyi Yar National Nature Park: Preliminary Results**

*The article summarizes for the first time the information on the taxonomic composition of the flora of the Kholodnyi Yar National Nature Park, analyzes it and presents its main characteristics. The history of the study of the flora of the territory of the Kholodnyi Yar National Nature Park is analyzed. It is indicated that the history of floristic research in this area began in 1923 with the work of D.K. Zerov, in which the author briefly characterized the hornbeam-oak forest stand in the northern outskirts of the village of Holovkivka, now known as the Atamansky Park, and listed more than 40 flora species. In the following decade, Yu.D. Kleopov studied in more detail the forest vegetation conditions of the same massif (indicated as the "Hetman's Grove" tract of the Kholodnoyarsky forestry) and provided geobotanical descriptions of its two sections, where he noted more than 70 species of flora.*

*It was noted that the development of national (and Eastern European in general) phytogeography was to some extent influenced by the research conducted in the forests of Kholodnyi Yar. In particular, the author points out the remark of Yu.D. Kleopov on the patterns of formation of various genetic elements of broadleaf*

forests of Eastern Europe and modern nemoral flora as a complex heterogeneous complex that developed in interaction with other types of vegetation after the Riss-Wurm interglacial.

The further sequence of floristic studies on the territory of the Kholodnyi Yar forest massif is described. It is noted that the most notable finding was the discovery of a population of snowdrop in Kholodnyi Yar, which, upon detailed study, turned out to be the Black Sea *Galanthus plicatus*, which is separated from the main sub-Euxine area by hundreds of kilometers. The findings of other protected plant species on the territory of the NNP, in particular *Allium ursinum*, *Cephalanthera longifolia*, *Coronilla elegans*, *Epipactis helleborine*, *Epipactis purpurata*, *Euonymus nanus*, *Neottia nidus-avis*, *Platanthera bifolia*, *Tulipa quercetorum*, etc. are indicated. A preliminary floral list of the Kholodnyi Yar NNP was compiled and presented.

As of today, 428 species and intraspecific plant taxa have been recorded in the flora of Kholodnyi Yar, 331 of which are aboriginal and 97 are adventitious. 10 plant species are listed in the Red Book of Ukraine (2021), and 17 have a regional conservation status.

It has been found that the aboriginal fraction of the Park's flora is nemoral in nature with well-defined southern features (Table 2). Thus, species with European and European-Sub-Mediterranean habitat types make up more than a third of the flora - 35.3%. The share of sub-Mediterranean species is also notable - 8.2%. Such a character of the geographical spectrum is quite expected for partial forest flora close to their southern limit of distribution. At the same time, the analyzed flora has a very high proportion of wide-ranging species (48.3% in total).

In the biomorphological structure of the Park's flora (Table 3), most life forms are fairly evenly represented, with the exception of aquatic grasses. The share of woody morphs in total is 13.5%, which is slightly higher than the average for forest-steppe flora, but is expected for the partial flora of a forest area. The relatively significant contribution of woody plants to the adventitious fraction (16.5%) is explained by the prolonged use of woody species of alien origin in forest management practices. According to available data, the degree of adventitiousness of the Kholodnyi Yar flora is 22.7%, which is a rather high indicator for a protected area.

This area has long been densely populated, which had a negative impact on the vegetation. In particular, in Soviet times, grazing, unorganized tourism, and active logging caused great damage to the Kholodnyi Yar forest.

Among the alien adventitious plants recorded in the Park are: 48 species and intraspecific taxa of sub-Mediterranean origin, 21 of Asian origin, 18 of American origin, 4 of Eurasian origin, 3 of European origin, and 3 of anthropogenic origin. Such a geographical spectrum has a significant "southern" bias and is typical for the adventive fractions of the flora of Ukraine.

**Key words:** Flora, floral list, Kholodnyi Yar, history of research, protected species.

Одержано редакцією: 5.12.2023  
Прийнято до публікації: 14.12.2023

### Відомості про авторів

**Безкопильна Світлана Вікторівна** – доктор філософії, викладач, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького.

**Гаврилюк Максим Никандрович** - кандидат біологічних наук, доцент, директор ННІ природничих та аграрних наук, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

**Галушко Ольга Сергіївна** - магістрант, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Голиш Григорій Михайлович** – кандидат історичних наук, доцент, директор наукової бібліотеки ім. М. Максимовича, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького.

**Дроздовська Світлана Богданівна** - доктор біологічних наук, професор, професор кафедри медико-біологічних дисциплін Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Дудник Інна Олександрівна** - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри спортивних дисциплін, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Завгородній Микола Олегович** - молодший науковий співробітник Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

**Зубенко Ольга Григорівна** - кандидат біологічних наук, старший викладач, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Каленіченко Олексій Володимирович** кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри спортивних дисциплін, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Карауш-Кармазін Наталія Миколаївна** – кандидат хімічних наук, доцент, кафедра хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

**Коваленко Станіслав Олександрович** доктор біологічних наук, професор, професор кафедри спортивних дисциплін, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Коваль Юлія Віталіївна** - викладач, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,

**Кожемяко Тетяна Володимирівна** – кандидат біологічних наук, доцент, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького.

**Козловська Марія Геннадіївна** - молодший науковий співробітник Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

**Колесник Анна Сергіївна** - магістрант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Комолафе Дамілола Олувасеївна** - аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України,

**Коробко Олександр Олександрович** - кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач, Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького

**Кропта Руслан Віталійович** - кандидат наук з фізичної культури і спорту, завідувач лабораторією функціональних, фізичних та технічних резервів спортсменів Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту, Київ

**Лизогуб Володимир Сергійович** – доктор біологічних наук, професор, директор Науково-дослідного інституту фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького.

**Лук'янцева Галина Володимирівна** - доктор біологічних наук, професор кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Луць Юлія Петрівна** - аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Мелешко Юрій Васильович** - в.о. директора Черкаської філії ДУ «Держгрунтохорона»

**Новікова Тетяна Петрівна** - кандидат сільськогосподарських наук, викладач, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

**Панченко Олександр Олександрович** - кафедра хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Панченко Юлія Михайлівна** - викладач кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Портниченко Алла Георгіївна** - доктор медичних наук, завідувач відділом, Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

**Портніченко Володимир Ілліч** - доктор медичних наук, завідувач відділом, Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

**Пустовалов Віталій Олександрович** – кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент, завідувач кафедри спортивних ігор, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет ім. Б.Хмельницького.

**Салівончик Іван Іванович** - аспірант, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Седукін Данило Всеволодович** - молодший науковий співробітник лабораторії функціональних, фізичних та технічних резервів спортсменів Державного науково-дослідного інституту фізичної культури і спорту, Київ

**Спрягайло Оксана Анатоліївна** - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Спрягайло Олександр Васильович** – кандидат біологічних наук, доцент, проректор з наукової та інноваційної діяльності, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького.

**Федорчук Світлана Володимирівна** - кандидат біологічних наук, ст. наук. співр. Науково-дослідного інституту, Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Федяй Ірина Олександрівна** – PhD, доцент кафедри медико-біологічних основ спорту та фізичної культури, Харківська державна академія фізичної культури

**Філіппов Михайло Михайлович** - доктор біологічних наук, професор кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України

**Хоменко Сергій Миколайович** – кандидат біологічних наук, доцент, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет ім. Б.Хмельницького.

**Цапенко Петро Костянтинович** - кандидат біологічних наук, науковий співробітник Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

**Циганник Роман Анатолійович** - аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

**Шафорост Юлія Анатоліївна** - кафедра хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна

**Шевчик Василь Леонович** - кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Канівський природний заповідник ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету ім. Т.Шевченка

**Шиндер Олександр Іванович** - кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України

**Шпанюк Віталій Васильович** – аспірант, Науково-дослідний інститут фізіології ім. М. Босого, Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького.

**Юхименко Лілія Іванівна** - доктор біологічних наук, доцент, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

## ЗМІСТ

<b>Голиш Г.М., Коробко О.О.</b> Білоножко Володимир Якович: до 70-річного ювілею	4
<b>Панченко О.О., Шафорост Ю.А., Карауш-Кармазін Н.М., Гаврилюк М.Н.</b> до 80-річчя від дня народження та 60 років наукової діяльності професора Бориса Пилиповича Мінаєва	9
<b>Kropta R., Sedukin D.</b> Individual-typological characteristics of the body composition of athletes in the kicking martial arts	17
<b>Lyzohub V.S., Pustovalov V.O., Kozhemiako T.V., Bezcopylna S.V., Khomenko S.M., Shpaniuk V.V.</b> Individual features of the physical performance of sportsmen with different typical properties of the nervous system	26
<b>Колесник А.С., Юхименко Л.І.</b> Зв'язок між вегетативними та нейродинамічними функціями у дітей 5-7 років	36
<b>Комолафе Д.О., Філіппов М.М.</b> Порівняння фізіологічних показників, за якими визначають фізичну працездатність підлітків і дорослих в лабораторних та "польових" умовах	46
<b>Коробко О.О., Зубенко О.Г., Новікова Т.П., Мелешко Ю.В.</b> Чисельність окремих груп ґрунтової мікробіоти за дії гербіциду, регулятора росту рослин і мікробного препарату в ризосфері нуту	55
<b>Лизогуб В.С., Салівончик І.І., Коваль Ю.В., Дудник І.О.</b> Формування статокінетичної стійкості в онтогенезі	64
<b>Луць Ю.П., Лук'янцева Г.В., Федорчук С.В.</b> Прояв нейродинамічних властивостей кіберспортсменів у зв'язку із рівнем стресу, саморегуляції, адаптивності та інтелекту	76
<b>Панченко Ю.М., Дроздовська С.Б.</b> Зміни рівня іризину у крові жінок із ожирінням під впливом різних програм оздоровчого фітнесу	87
<b>Цапенко П.К., Завгородній М.О., Козловська М.Г., Портніченко А.Г., Портніченко В.І.</b> Вплив блокади кальцієвих каналів І-типу на патерн дихання та газообмін при моделюванні інсулінорезистентності у щурів	95
<b>Циганник Р.А., Каленіченко О.В., Федяй І.О., Коваленко С.О.</b> Особливості змін центральної гемодинаміки при градуальній пасивній ортопробі	102
<b>Шиндер О.І., Шевчик В.Л., Спрягайло О.А., Спрягайло О.В., Галушко О.С.</b> Аналіз флори національного природного парку «Холодний Яр»: попередні результати	109
<b>Відомості про авторів</b>	124

## CONTENT

<b>Holysh G.M., Korobko O.O.</b> On the 70h Anniversary of Birthday of the Bilonozhko Volodymyr Yakovych	4
<b>Panchenko O.O., Shaforost Yu.A., Karaush-Karmazin N.M., Gavrilyuk M.N.</b> On the 80th Anniversary of Birthday and 60 years of Scientific Activity of the Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Science and Technology Worker of Ukraine – Boris Filipovych Minaev	9
<b>Kropta Ruslan, Danylo Sedukin</b> Individual-typological characteristics of the body composition of athletes in the kicking martial arts	17
<b>Lyzohub V.S., Pustovalov V.O., Kozhemiako T.V., Bezcopylna S.V., Khomenko S.M., Shpaniuk V.V.</b> Individual Features of Physical Performance of Sportsmen with Different Typological Properties of the Nervous System	26
<b>Kolesnyk A.S., Yukhymenko L.I.</b> Relationship between vegetative and neurodynamic functions in children of 5-7 years	36
<b>Komolafe D. O., Filippov M. M.</b> Comparison of Physiological Indicators that Determine the Physical Capacity of Teenagers and Adults in Laboratory and "Field" Conditions	46
<b>Korobko O.O., Novikova T.P., Zubenko O.G., Meleshko U.V.</b> The number of certain groups of soil microbiota under the influence of herbicide, plant growth regulator and microbial preparation in the rhizosphere of chickpea	55
<b>Lyzohub V.S., Salivonchyk I.I., Koval Y.V., Dudnyk I.O.</b> Formation of statokinetic stability in ontogenesis	64
<b>Luts Yu.P., Lukyantseva H.V., Fedorchuk S.V.</b> Manifestation of neurodynamic properties of cyber sportsmen depending on the level of stress, self-regulation, adaptability and intelligence	76
<b>Panchenko Yu., Drozdovska S.</b> Changes in the Level of Irisin in the Blood of Women with Obesity Under Different Fitness Programs	87
<b>Tsapenko P.K., Zavhorodnii M.O., Kozlovska M.G., Portnychenko A.G., Portnichenko V.I.</b> Effect of l-type calcium channel blockade on respiratory pattern and gas exchange in rats on induced insulin resistance	95
<b>Tsyhannyk R.A., Kalenichenko O.V., Fediai I.O., Kovalenko S.O.</b> Peculiarities of changes in central hemodynamics during graded tilt-test	102
<b>Shynder O.I., Shevchyk V.L., Spriahailo O.A., Spriahailo O.V., Galushko O.S.</b> Analysis of the Flora of the Kholodnyi Yar National Nature Park: Preliminary Results	109
<b>Information about the authors</b>	124



**ВІСНИК  
ЧЕРКАСЬКОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія біологічні науки  
№ 2. 2023

Відповідальний за випуск  
*Лизогуб В. С.*

Відповідальний секретар:  
*Светлова О. Д.*

Комп'ютерне верстання  
*Хоменко С. М.*

Підписано до друку 21.12.2023.  
Формат 84x108/16. Папір офсет. Друк офсет. Гарнітура Times New Roman.  
Умовн. друк. арк. 8,06. Обл. вид. арк. 9,1.  
Замовлення № \_\_\_\_ . Тираж 300 прим.