

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

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

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**
Серія
БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

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

Науковий журнал
Виходить 2 рази на рік

№2. 2024

Черкаси – 2024

**Засновник, редакція, видавець і виготовлювач –
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького.
Ідентифікатор медіа в Реєстрі суб'єктів у сфері медіа R30-01521.**

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 №5 від 19.12.2024).

Журнал індексується в наукометричних базах даних Google Scholar, Ulrichsweb, Index Copernicus.

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.; Гаврилюк 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., проф.

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@ukr.net

Founder, editorial, publisher and manufacturer –
Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy
Media Identificator in the Register of Media Sector Subjects R30-01521.
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 17.03.2020 No 409

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 5 dated 19.12.2024).

The journal are indexed in an international scientific and metric databases Index Copernicus, 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 Sviatlova.

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. Gavrilyuk, 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, 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@ukr.net

Артеменко Богдан Олександрович

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
bogdan198803@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9188-9375>

Пустовалов Віталій Олександрович

ЧНУ імені Богдана Хмельницького
v_pustovalov@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8625-6175>

Хоменко Сергій Миколайович

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
skhomenko@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0918-8735>

Богдановський Ігор Васильович

Національний університет водного господарства та природокористування
bohdanovskyi.iv@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-4325-5413>

Ейдельштейн Геннадій Борисович

ХНУПС імені Івана Кожедуба

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3713-3010>

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗДОРОВ'Я ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ В УМОВАХ ВІЙНИ

У статті представлено результати аналізу наукової літератури щодо стану проблеми психофізіологічної підтримки військовослужбовців в умовах несення служби. Відомо, що науково-методичне забезпечення психологічної підготовки військовослужбовців є на належному рівні і закріплено відповідними наказами. Проте, орієнтується здебільшого на лікування чи реабілітацію вже виявлених психофізіологічних чи нервових розладів. Виявлено, що на практиці механізми психофізіологічної чи психічної підтримки військових в умовах мобілізації чи військового стану потребують перегляду, уточнення та змін. Оскільки враховують лише психічну сторону проблеми, втрачаючи з виду фізіологічні аспекти нервової чи ендокринної діяльності індивіда в умовах дії постійного і тривалого стресу під час несення служби. Отримані результати демонструють, що своєчасна діагностика змін в діяльності механізмів нервової та ендокринної регуляції за допомогою певних медичних та психічних тестів може сприяти більш точному розумінню психофізіологічного стану військовослужбовця і його можливостей до виконання різного роду завдань, в тому числі в бойовій обстановці.

Ключові слова: ВООЗ, здоров'я, психічне здоров'я, бойові дії, ПТСР, військова служба, кортизол, ендокринна система, нейрогуморальна регуляція.

Постановка проблеми. Сучасне населення економічно розвинених країн світу має високий рівень побутово-соціальних умов проживання, економічну і фінансову свободи, доступну, новітню медицину, якісні продукти харчування та можливості для активного відпочинку. Але відповідно до статистичних даних основними причинами смертності населення розвинених країн світу є серцево-судинні захворювання – найчастіша причина смерті у світі, практично кожна третя втрата життя, онкологічні захворювання – друга з таких причин, і певні види раку забирають життя кожної шостої людини у світі [1]. Логічно, що з вище описаного виникає питання, чому саме так відбувається, адже із підвищенням тривалості життя і економічного рівня благополуччя в розвиненому суспільстві основними причинами смертності, а саме понад 70% є неінфекційні і хронічні захворювання, які

розвиваються достатньо повільно і не передаються генетично, а значить мали б вчасно діагностуватися і піддаватися корекції чи лікуванню.

Перш ніж, шукати відповідь на такі питання варто розуміти, що саме криється під терміном здоров'я, його види, стани і умови або шляхи досягнення високого рівня. За визначенням ВООЗ здоров'я це стан повноцінного фізичного, психічного та соціального добробуту, а не лише відсутність хвороб чи фізичних вад [2]. Як бачимо із визначення ВООЗ, окремо виділено як вид здоров'я – психічне. На даному терміні хотілося б зупинитися більш детально, оскільки інші види здоров'я такі як фізичне і соціальне мають відразу більш зрозумілу внутрішню сутність. Так, фізичне здоров'я – відсутність фізичних показників порушення діяльності внутрішніх органів і систем (здебільшого, або ж конкретних фізичних вад – генетичних чи набутих в процесі життя), а соціальне – доступ людини до сучасних, якісних умов існування: харчування, роботи, сну, відпочинку, медицини, інформаційної свободи, віросповідання тощо. Тож, на наш погляд найбільш не розкритими на даний час залишаються питання особливостей психічного здоров'я, а також патологічні психічні чи психофізіологічні процеси, які пов'язані його із втратою, особливо ті, які формуються під впливом професійної діяльності людини, зокрема під час служби у військовий час чи виконанні бойових завдань за призначенням.

Аналіз останніх публікацій. Однак розуміння поняття здоров'я, досить суб'єктивне. Певна кількість людей живе в стані постійного, хронічного поганого самопочуття і вважає, що це є норма. Таке трапляється під впливом соціальних чинників чи родинного тиску, власного негативного особистого досвіду, який не дозволяє визначити межі хорошого здоров'я, а інколи також, через відсутність якісної підтримки з боку медичних працівників [3, 4, 5].

Літературні дані дозволяють стверджувати, що психічне здоров'я – можна охарактеризувати, як рівень психологічного благополуччя, який визначається не лише відсутністю фізичних, психічних захворювань, а й рядом соціально-економічних, біологічних та природних факторів. В той же час, такі уявлення про психічне здоров'я не дозволяють якісно розпізнавати і діагностувати розлади, які без належного лікування можуть спричинити серйозні проблеми з психікою. Аналізуючи статистичні дані, в Україні приблизно 1,2 млн. жителів (це більше 3% всього населення) страждають на певні психічні розлади, і цей показник з кожним роком зростає. Також відомо, що Україна посідає перше місце у Європі за кількістю психічних розладів, і найважливіше, що втрачає людина через нервово-психічні розлади – це працездатність [6]. Тобто, індивід в умовах втрати працездатності перестає бути повноцінним членом суспільства і ще більше поглиблюється у власні психічні чи психофізіологічні негативні стани.

Достеменно відомо, що несення військової служби на ряду із професійною спортивною діяльністю суттєво пов'язано із психічними, психофізіологічними та фізичними навантаженнями, які формують умови для розвитку цілого комплексу психічних станів та емоційних порушень [7, 8, 9]. До такого навантаження для військових можна віднести: зміну місця і ритму життя, розпорядку дня, режиму і якості сну та харчування, беззаперечність у виконанні наказів, відсторонення від цивільного життя, побутові незручності, складні погодні і часові умови несення служби, шум від роботи важкої техніки, вібрація, електромагнітне випромінювання, високий рівень відповідальності при виконанні бойових наказів у складних умовах. Перелічені вище обставини можна охарактеризувати, як додаткові стрес-чинники, які безпосередньо або опосередковано можуть впливати на психічне здоров'я військовослужбовця. Особливо важливо пам'ятати про вплив таких стрес-чинників під час виконання службових обов'язків в районах ведення бойових дій, виконання окремих бойових завдань або несення бойового чергування чи вартової служби на об'єктах критичної інфраструктури, підвищеної техногенної чи біологічної небезпеки. Такі умови суттєво підвищують психічне та психофізіологічне навантаження на індивіда, зокрема на діяльність його нервової та ендокринної систем. Надто гостро та актуально дане питання

звучить в умовах війни та після воєнного стану, адже психофізіологічні розлади набуті військовими під час несення бойової служби потребують додаткових досліджень та корекції з метою нормалізації індивіда до цивільного життя по закінченню військового стану, оскільки відомо, що майже половина військових, які брали активну участь в АТО або інших подібних ситуаціях потребують психологічної допомоги або лікування [10, 11, 12].

Відомо, що на свята людям до вподоби використання гучної піротехніки, проте для осіб, які тривалий час перебували в районах ведення бойових дій, дані гучні звуки є серйозним – **стресором**. Адже, в процесі постійних артобстрілів, танкових боїв чи бомбардувань з літаків організм військовослужбовця навчився запам'ятовувати не лише звук який передує обстрілам, а й власні фізіологічні реакції організму у відповідь на події, які викликають гострі стресові реакції [13, 14]. Як правило це великий викид адреналіну в кров, що супроводжується пришвидшенням серцебиття, збільшенням частоти дихання, звуженням кровеносних судин, збільшенням кров'яного тиску та іншими фізіологічними реакціями на стрес. Тобто в таких часто повторюваних ситуаціях у військовослужбовців мигдалина «запам'ятовує» страх як фізіологічний процес, а гіпокамп контекст – емоційну складову страху [15]. Отже, є очевидним та актуальним необхідність більш детального теоретичного аналізу проблеми стану психофізіологічного здоров'я та психологічного забезпечення військовослужбовців під час несення військової служби в умовах військового стану.

Мета дослідження – проаналізувати та дослідити стан вивченості проблеми забезпечення психофізіологічного здоров'я військовослужбовців в умовах війни.

Матеріали і методи дослідження. В ході дослідження було використано методи аналізу, систематизації та узагальнення сучасної наукової та науково-методичної літератури.

Результати дослідження та їх обговорення. Вивчення та аналіз наукової літератури дозволяє стверджувати, що нормативні документи для морально-психологічного забезпечення і підготовки військовослужбовців є сформованими на достатньому рівні та застосовуються для професійного відбору до силових структур України [16]. Прикладні компетентності працівників оборонних структур є важливою характеристикою, від якої залежить рівень фізичної підготовленості особового складу, що безсумнівно, забезпечує також їх готовність до виконання завдань за призначенням, у різних умовах службово-оперативної діяльності [17]. Відповідно до наказу Головнокомандувача Збройних Сил України «Про затвердження Інструкції з організації психологічної підготовки у ЗСУ» від 23.10.2020 №173 створено нормативну базу для організації морально-психологічної підготовки військових, яка мала б забезпечити у військовослужбовців стійкість до психотравмуючих факторів, адаптацію до специфіки їх діяльності в умовах військового стану [18]. В той же час, деякі літературні дані наштотують на думку необхідності перегляду особливостей системи психофізіологічної підготовки офіцерів у відповідності до їх функціональних обов'язків під час виконання спеціальних чи бойових завдань, а не лише під час несення військової служби в мирний час [19, 20, 21].

Окремим питанням можна винести психологічне забезпечення під час несення служби військовослужбовців строкової служби та під час мобілізаційних заходів в стані війни чи надзвичайного стану. Люди, які потрапляють на службу в такий час не проходять психічного чи психологічного відбору і не мають вибору відмовитися від служби, не рідко не маючи внутрішніх (особистісних) можливостей для виконання такого роду діяльності. Або ж навпаки мають стійкі внутрішні переконання, які заважають якісно виконувати службові обов'язки, наприклад релігійні погляди, віра чи відсутність високого рівня здоров'я, але як таких, які визначені як достатніми для мобілізації таких людей. Це в свою чергу створює прецеденти до конфліктних ситуацій, в силу психічної чи психофізіологічної неготовності до військової служби індивіда з одного боку і неможливістю діагностувати чи визначити наявність даної проблеми для військовослужбовця сержантами чи офіцерами. На фоні вище перелічених особливостей не рідко у військовослужбовців виникають стресові ситуації чи стресові стани. Тому, важливо розуміти, що таке стрес, механізм його

дії та наслідки, які він спричиняє, моментальні ефекти чи патологічні зміни психіки у довготривалій перспективі постійних впливів на людину, особливо в умовах критичних чи небезпечних для здоров'я чи життя.

З точки зору теорії еволюції біологічних видів, в тому числі людини, стрес є невід'ємним супутником їх життя та розвитку. Адже, різні види живих істот періодично потрапляють в критичні ситуації в боротьбі за територію, їжу, власне життя чи існування – як виду, в боротьбі з іншими видами, тощо. В силу таких обставин сформувався чіткий механізм внутрішньої відповіді організму на стресові чинники, за принципом «Бийся або Тікай». Тобто, в таких умовах стрес активує всі без виключення внутрішні анатомо-фізіологічні системи організму для активної відповіді – реакції на стрес-чинник. Відбувається підвищення артеріального тиску, зміни в діяльності імунної системи, надмірне виділення глюкокортикоїдного гормону кортизолу, що виробляється корою наднирників. Варто відмітити, що даний гормон виконує ряд важливих функцій для організму, зокрема безпосередньо або ж опосередковано він впливає на:

- регуляцію рівня глюкози у крові;
- підтримує діяльність нервової системи;
- активує мозкову діяльність;
- контролює рівень артеріального тиску;
- активізує механізм захисту від інфекцій.

Також, кортизол впливає на процес гліюкогенезу – утворення глюкози із неуглеводних продуктів, тобто відповідає за забезпечення енергією організму в довготривалих умовах діяльності. Весь цей механізм чудово працює в дикій природі, де тварині постійно потрібно боротися за місце в ієрархії власного виду або ж втікати від хижака чи довгий час перебувати в екстремальних кліматичних умовах, без води, без їжі тощо... Проте, на відміну від тваринного світу сучасна людина існує в цивілізованому суспільстві, де не виникає щоденно таких чи подібних проблем. Але в той же час, люди щодня піддаються психічним, нервовим стресовим навантаженням: відсутність чи нестача часу, втрата близьких людей, економічні, фінансові проблеми, поганий доступ до медицини, відсутність або неефективність соціальних гарантій, виконання бойових завдань, фізичні перенавантаження в умовах війни, недосипання, порушення режиму харчування. Зростання кількості стресових ситуацій суттєво випереджає можливості до адаптації нервової системи людини, тобто у біологічному сенсі еволюція нервової системи людини програє за темпами розвитку та кількістю стресових факторів, які виникають в житті індивіда [22].

Стає очевидним, що стресові ситуації порушують рівень гомеостазу людини, тим самим сприяють створенню умов для розвитку хвороб, як на психофізіологічному рівні так і на психічному. При тривалій або ж часто повторюваній дії стрес-чинника відповідь організму стає неповноцінною (за рахунок звикання), як наслідок розвиваються різні патологічні психічні стани, які порушують роботу анатомічних чи фізіологічних систем організму [15].

Певні психічні стрес-чинники сприяють не тільки підвищенню рівня артеріального тиску і атеросклерозу, але і суттєво впливають на їх розвиток у майбутньому. Точніше, із повторюваною або довготривалою дією стрес-чинників перелічені вище хвороби значно швидше прогресують і дають ускладнення, такі як інфаркт міокарда чи гострі порушення мозкового кровообігу (судинно-мозкові кризи чи інсульти) [22].

Відомо, що виділення гормону кортизолу організмом має циркадні (добові) ритми, проте часто повторювана або одномоментна але довготривала дія подразника підвищує чутливість нейрофізіологічної системи секреції кортизолу, що спричиняє зміни в його добових ритмах [23]. Довготривалий і підвищений рівень кортизолу в організмі провокує негативні наслідки, такі як:

- руйнування м'язової тканини;
- підвищення ламкості кісток;

- накопичення жирової тканини в області живота та на внутрішніх органах (вісцеральний жир);
- зниження вироблення тестостерону;
- ослаблення імунітету;
- розлад травлення (діарея, запори);
- прискорене серцебиття;
- безсоння, неможливість швидко заснути;
- швидка стомлюваність;
- дратівливість, агресивність;
- збої у роботі щитовидної залози, та інше...

Постійно підвищений рівень кортизолу суттєво підвищує ризик розвитку серйозних захворювань, серед яких: цукровий діабет, гіпертонія, артеріальна гіпертензія, остеопороз, безпліддя тощо. Враховуючи, що військовослужбовці практично постійно перебувають під тиском певних психічних, психофізіологічних, фізичних, побутових чи особистісних незручностей, проблем чи навантажень вплив на нейрогуморальну регуляцію діяльності організму постійно є високим, не рідко досягаючи критичних моментів в умовах ведення бойових дій чи виконання бойових завдань в складних умовах. Все вище описане дозволяє наголосити на необхідності більш детального вивчення особливостей психологічної підготовки військових в умовах бойової обстановки чи загальної мобілізації з метою оптимізації та адаптації діяльності нервової та ендокринної систем до такого роду навантажень. Адже, очевидно, що лише психологічною підтримкою з боку військового психолога (якщо такий є, а в зоні бойових дій він відсутній) проблему регуляції та адаптації до стрес-чинників не вирішити, адже зміни під впливом стресу відбуваються в першу чергу на рівні нейрогуморального забезпечення, яке вже потім визначає психічний стан військовослужбовця у відповідь на ситуацію. Дані особливості службової діяльності в умовах війни дозволяють припустити, що порушення в роботі нейрогуморального забезпечення організму військовослужбовців під впливом постійного стресу є визначальним фактором, який формує їх поведінку та провокує неадекватну реакцію, яка нерідко проявляється у порушенні дисципліни, небезпечного або неправильного поводження зі зброєю, вживання наркотичних, алкогольних чи інших заборонених речовин.

Отже, аналіз та узагальнення наукової літератури дозволяє стверджувати, що методологія психологічної підготовки військовослужбовців представлена на високому рівні. Проте, вона орієнтується на особистісному відборі людей до специфіки військової служби у силових структурах. При цьому не враховуються обставини, які виникають під час військового стану чи загальної мобілізації. Також, психологічне забезпечення військових ведеться здебільшого в односторонньому порядку зі сторони психічної підтримки особистості психологом, в умовах коли вже проявився нервовий зрив чи критичний психічний стан і не враховується стан нервової чи ендокринної систем, з боку механізмів фізіологічного забезпечення психофізіологічних реакцій організму, тобто відсутні для цього належне медичне забезпечення та відповідний лікарський персонал.

Висновки.

1. Встановлено, що науково-методичне забезпечення психологічної підготовки військовослужбовців є на належному рівні та затверджене відповідними наказами, інструкціями, постановами Генерального штабу ЗСУ, Головнокомандувача ЗСУ та Міністерства Оборони України.

2. Виявлено, що під час військового стану та загальної мобілізації механізми психологічної підготовки військових потребують перегляду, уточнення та змін, оскільки враховують лише психологічну сторону проблеми, втрачаючи з виду психофізіологічні та фізіологічні аспекти нервової чи ендокринної діяльності індивіда в умовах дії потужного і тривалого стресу.

3. Психологічне забезпечення військових орієнтується здебільшого на лікування чи реабілітацію вже виявлених психічних, нервових розладів військових, втрачаючи можливість до попередження їх виникнення. Не відводиться належна увага під час медичного забезпечення стану нейрогуморальної регуляції організму військового, натомість основна увага приділяється психічному чи психологічному стану.

4. Вважається, що своєчасна діагностика змін в діяльності механізмів нервової та ендокринної регуляції за допомогою певних медичних тестів чи діагностик дасть змогу більш точно розуміти психічний стан військовослужбовця і допоможе в правильному виборі завдань чи наказів, які солдат може виконувати в той чи інший момент служби, за різної бойової обстановки.

Перспектива подальших досліджень полягає у розробці простих і доступних механізмів діагностування та контролю рівня гормонів, які є визначальними в діяльності нейрогуморальної регуляції під час сильних стресових ситуацій чи довготривалій дії стресчинника.

Список використаної література

1. <https://phc.org.ua/news/sercevo-sudinni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya>.
2. Конституція Всесвітньої організації охорони здоров'я. <https://www.who.int/>.1948
3. Morden Andrew., Jinks Clare., Ong Bie Nio. Rethinking 'risk' and self-management for chronic illness. *Social Theory & Health*. 2011. № 10 (1). P. 78–99. doi:10.1057/sth.2011.20.
4. Taylor David., Bury Michael. Chronic illness, expert patients and care transition. *Sociology of Health & Illness*. 2007. № 29 (1). P. 27–45. doi:10.1111/j.1467-9566.2007.00516.x.
5. Wells Jennie L., Dumbrell Andrea C. Nutrition and aging: assessment and treatment of compromised nutritional status in frail elderly patients. *Clinical Interventions in Aging*. 2006. № 1. P. 67–79. doi:10.2147/cia.2006.1.1.67.
6. <https://www.msp.gov.ua/news/14055.html>
7. Організація психологічної підготовки у Збройних силах України. За редакцією генерал-майора В. Ключкова. Київ : «Центр учбової літератури». 2023. 325 с.
8. Артеменко Б.О. Вікові особливості формування психофізіологічних властивостей і фізичного розвитку спортсменів: дис. канд. біологічних наук: 00.03.13. Черкаси. 2021. 172 с.
9. Вінтоняк В. Ф., Капуста Я.В., Зміївська М. І. Психологічні механізми саморегуляції психічних станів під час підготовки жінок-військовослужбовців до бою. *Вісник Національного університету оборони України*. 2024. № 2. С. 47-57 DOI: 10.33099/2617-6858-24-78-2-47-58
10. Федак С.С. Кореляційний аналіз показників фізичного стану, здоров'я та фізичної підготовленості військовослужбовців, які брали участь у миротворчих операціях. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2014. № 1. С. 80-84.
11. Lewis C., Roberts N., Andrew M., Starling E., Bisson J. Psychological therapies for post-traumatic stress disorder in adults: systematic review and meta-analysis. *Eur J Psychotraumatol*. 2020. Vol. 11. №1. P 1729633. DOI:10.1080/20008198.2020.17-29
12. Foa B., Nembree E., Rothbaum B., Rauch S. Prolonged Exposure Therapy for PTSD: Emotional Processing of Traumatic Experiences. *Oxford University Press*. 2019. P. 146-155. DOI:10.1093/medpsych/9780190926939.001.0001
13. Ульянов К. Броньований розум. Бойовий стрес та психологія екстремальних ситуацій. К: *Наш формат*. 2024. 320 с.
14. Хміляр О. Ф. Психологія бойової мотивації воїна. *Вісник Національного університету оборони України*. 2022. Вип. № 2 С. 66-72.
15. Роберт Сапольскі. Біологія поведінки. Причини доброго і поганого в нас. К: *Наш Формат*. 2022. 672 с.
16. Андрес А., Крижановський В., Римар О. Психофізична підготовка особового складу національної гвардії України. Фізична активність і якість життя людини. 2021. С. 11-12. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2021-02-03-11>.
17. Боровик М.О., Константинов Д.В. Сучасні напрями вдосконалення системи фізичної підготовки майбутніх офіцерів Національної поліції України. Підготовка поліцейських в умовах реформування системи МВС України. Харків: ХНУВС, 2021. № 2. С. 89-92. <http://dspace.univd.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10617>
18. Хацаюк О. В. Напрямки розвитку військово-прикладних навичок застосування засобів індивідуального захисту та активної оборони курсантами-правоохоронцями / О. В. Хацаюк, О. А. Моргунов, О. А. Ярещенко // Честь і закон. - 2017. - № 4. - С. 49-55. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Chiz_2017_4_10
19. Белай С.В., Капелюшний С.А. Аналіз стану кадрового забезпечення розвитку професійного сержантського і старшинського складу частин та підрозділів Національної гвардії України. *Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. Державне управління*. 2019. <http://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/governance/article/view/114/59>

20. Осодло В. Стрес-асоційовані розлади здоров'я в умовах збройного конфлікту. Дніпро: Акцент, 2019. 210 с.
21. Korolchuk M., Korolchuk V., Myronets S., Boltivets S., Pozdnyshev Y. Comparative characteristics of stress-resistant and non-stress-resistant individual profiles /Propositos Y Representaciones, Том 9, спеціальний випуск: SI, номер статті e1102. DOI: 10.20511/pyr2021.v9nSPE2.1102. Оpubліковано: MAR 2021. (журнал наукометричної бази Web of Science Core Collection)
22. Фрадинська А. Стрес як чинник психосоматичних захворювань людини. *Збірник наукових праць національної академії державної прикордонної служби України. Серія: психологічні науки*. 2016. № 1. С. 229-239.
23. Mazgelyte E, Karciauskaite D, Linkeviciute A, Mazeikiene A et al. Cortisol Concentration with Prevalence of Major Cardiovascular Risk Factors and Allostatic Load. *Medical Sciences Monitoring*. 2019. № 25. P. 3573 – 3582.

References

1. <https://phc.org.ua/news/sercevo-sudinni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya>.
2. Конституція Всесвітньої організації охорони здоров'я. <https://www.who.int/1948>
3. Morden Andrew., Jinks Clare., Ong Bie Nio. (2011). Rethinking 'risk' and self-management for chronic illness. (*Social Theory & Health*). № 10 (1). P. 78–99. doi:10.1057/sth.2011.20. [In En].
4. Taylor David., Bury Michael. (2007). Chronic illness, expert patients and care transition. *Sotsiologhiia zdorovia ta khvoroby. (Sociology of Health & Illness)*. № 29 (1). P. 27–45. doi:10.1111/j.1467-9566.2007.00516.x. [In En].
5. Wells Jennie L., Dumbrell Andrea C. (2006). Nutrition and aging: assessment and treatment of compromised nutritional status in frail elderly patients. *Klinichni vtruchannia pry starinni (Clinical Interventions in Aging)*. № 1. P. 67–79. doi:10.2147/cia.2006.1.1.67. [In En].
6. <https://www.msp.gov.ua/news/14055.html>
7. Organization of psychological training in the Armed Forces of Ukraine. (2023). Edited by Major General V. Klochkov. Kyiv. Tsentr uchbovoi literatury (Center for Educational Literature). 325 p. [In Ukr].
8. Artemenko B.O. Age-specific features of the formation of psychophysiological properties and physical development of athletes: dissertation. Ph.D. of biological sciences: 03.00.13. Cherkasy., 2021. 172 p. [In Ukr].
9. Vintonyak V.F., Kapusta Y.V., Zmiyovska M.I. (2024). Psychological mechanisms of self-regulation of mental states during training of female military personnel for combat. *Visnyk Natsionalnoho universytetu obrony Ukrainy. (Bulletin of the National Defense University of Ukraine)*. No. 2. P. 47-57 DOI: 10.33099/2617-6858-24-78-2-47-58 [In Ukr].
10. Fedak S.S. (2014). Correlational analysis of indicators of physical condition, health and physical fitness of servicemen who participated in peacekeeping operations. *Pedahohika, psykholohiia ta medyko-biologichni problemy fizychnoho vykhovannia i sportu. (Pedagogy, psychology and medical and biological problems of physical education and sports)*. No. 1. P. 80-84. [In Ukr].
11. Lewis C., Roberts N., Andrew M., Starling E., Bisson J. (2020). Psychological therapies for post-traumatic stress disorder in adults: systematic review and meta-analysis. *Європейський журнал психотравматології (Europe Journal of Psychotraumatol)*. Vol. 11. №1. P 1729633. DOI:10.1080/20008198.2020.1729633. P. 17–29 [In En].
12. Foa B., Hembree E., Rothbaum B., Rauch S. (2019). Prolonged Exposure Therapy for PTSD: Emotional Processing of Traumatic Experiences. *Zhurnal Oksfordskoho universytetu. (Oxford University Press)*. P. 146-155. DOI:10.1093/medpsych/9780190926939.001.0001 [In En].
13. Ulyanov K. (2024). Armored mind. Combat stress and psychology of extreme situations. K: Nash format. (Our format). 320 p. [In Ukr].
14. Khmylyar O.F. (2022). Psychology of combat motivation of a warrior. *Visnyk Natsionalnoho universytetu obrony Ukrainy. (Bulletin of the National Defense University of Ukraine)*. No. 2. P. 66-72. [In Ukr].
15. Robert Sapolsky. (2022). Biology of behavior. The reasons for good and bad in us. K: Nash format. (Our format). 672 p. [In En].
16. Andres A., Kryzhanovskiy V., Rymar O. (2021). Psychophysical training of the personnel of the National Guard of Ukraine. *Fizychna aktyvnist i yakist zhyttia liudyny. (Physical activity and quality of human life)*. P. 11-12. <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2021-02-03-11>. [In Ukr].
17. Borovyk M.O., Konstantinov D.V. (2021). Modern directions of improving the system of physical training of future officers of the National Police of Ukraine. *Training of police officers in the conditions of reforming the system of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine*. Kharkiv: KhNUVS, 2021. No. 2. P. 89-92. <http://dspace.univd.edu.ua/xmlui/handle/123456789/> [In Ukr].
18. Morgunov O.A., Yareshchenko O.A., Khatsayuk O.V. (2017). Directions for the development of military-applied skills in the use of personal protective equipment and active defense by law enforcement cadets. *Chest i zakon. (Honor and law)*. No. 4 (63). P. 49-55. [In Ukr].
19. Belai S.V., Kapelyushnyi S.A. (2019). Analysis of the state of personnel support for the development of professional non-commissioned officers and non-commissioned officers of units and units of the National Guard of Ukraine. *Visnyk Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Derzhavne upravlinnia. (Bulletin of the National Academy of the State Border Service of Ukraine. Governance)*. <http://periodica.nadpsu.edu.ua/index.php/governance/article/view/114/59> [In Ukr].
20. Osodlo V. (2019) Stres-asotsiiiovani rozlady zdorov'ya v umovakh zbroinoho konfliktu. [Stress-associated health disorders in conditions of armed conflict]. Dnipro: Aktsent. [in Ukr].

21. Korolchuk M., Korolchuk V., Myronets S., Boltivets S., Pozdnyshch Y. (2021) Comparative characteristics of stress-resistant and non-stress-resistant individual profiles / *Propositos Y Representaciones*, T.9, SI, e1102. DOI: 10.20511/pyr2021.v9nSPE2.1102.
22. Fradynska A. (2016). Stress as a factor in psychosomatic human diseases. *Zbirnyk naukovykh prats natsionalnoi akademii derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Serii: psykholohichni nauky. (Collection of scientific works of the National Academy of the State Border Service of Ukraine. Series: psychological sciences)*. No. 1. P. 229-239. [In Ukr].
23. Mazgelyte E, Karciauskaite D, Linkeviciute A, Mazeikiene A et al. (2019). Cortisol Concentration with Prevalence of Major Cardiovascular Risk Factors and Allostatic Load. *Monitorynh medychnykh nauk. (Medical Sciences Monitoring)*. № 25. P. 3573 – 3582. [In En].

Artemenko B. O., Pustovalov V. O., Khomenko S. M., Bohdanovskyi I. V., Eidelshtein G. B.

Characteristics of the psycho-physiological health of military servants in the conditions of performing the service

Introduction. *The study of the peculiarities of the psychophysiological support of military personnel in the languages of service is an actual direction of research. After all, in the conditions of war and after martial law, there is a great need for medical influence on the participants of hostilities in order to return them to normal life.*

Goal. *To analyze and investigate the state of study of the problem of ensuring the psychophysiological health of military personnel in the conditions of service.*

Methods. *In research we used the methods of analysis, systematization and generalization of modern scientific and scientific-methodological literature were used.*

Results. *It has been established that the approaches to the psychophysiological support of military personnel need to be changed and revised, because they are mostly focused on the psychological support of a person already after the formation of mental or nervous disorders.*

Originality. *It is believed that the introduction and constant use of the process of service by medical methods of diagnosis and control of the psychophysiological state of military personnel will allow more effective use of personnel in the performance of various tasks, including in combat conditions.*

Conclusion. *The obtained results demonstrate that timely diagnosis of changes in the activity of nervous and endocrine regulation mechanisms with the help of certain medical tests can contribute to a more accurate understanding of the psychophysiological state of a serviceman and his capabilities to perform various tasks, including in a combat environment.*

Keywords: *WHO, health, mental health, combat, PTSD, military service, cortisol, endocrine system, neurohumoral regulation.*

Одержано редакцією: 20.09.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 615 : 612.1

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-12-19

Бакуновський Олександр Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

alexandr.bakunovskiy@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1025>

Клименко Оксана Олександрівна

Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

klymenkooks2018@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3672-1371>

Полторацька Ілана Євгенівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

namdim@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9052-2122>

Бабак Світлана Віталіївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

s.babak.s.1234@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6985-1394>

ВПЛИВ ВІДНОВЛЕНОГО НІКОТИНАМІДАДЕНІНДИНУКЛЕОТИДУ НА ТОЛЕРАНТНІСТЬ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Мета дослідження – вивчення впливу екзогенного НАДН на витривалість та переносність фізичного навантаження. Методи досліджень – функціональні, реографічні та статистичні методи дослідження.

В результаті приймання НАДН у таблетованій формі в основній групі через три тижні значення RWC_{170} тесту зросло на 42,5 вата, що становило приріст на 25,6% і було вірогідно вищим порівняно з контрольною групою та ніж до приймання препарату ($p < 0,05$). В основній групі ЧСС після другого навантаження була вірогідно нижчою при другому обстеженні ($p < 0,05$), а відновлення ЧСС під час другого обстеження було більш швидким ніж при першому. Спостерігалася тенденція до зниження та нормалізації децю підвищеного початкового рівня АТ після 3-х тижнів прийому НАДН на 7,8%. Відмічено також підвищення функціональних можливостей серцево-судинної системи після приймання НАДН, що характеризувалося покращенням перебігом відновлення ПсАТ на 2-й і 3-й хвилини, особливо порівняно з тим, що при першому обстеженні значення ПсАТ на 2-й і 3-й хвилини відновлення були нижчими ПсАТ₀.

Висновок: приймання відновленого НАД у таблетованій формі вірогідно підвищує рівень фізичної працездатності і толерантності до фізичного навантаження навіть при тривалій дії стресогенних факторів і відсутності фізичних тренувань, позитивно впливає на стан центральної гемодинаміки та сприяє нормалізації АТ у молодих осіб з ознаками артеріальної гіпертензії. В цілому, приймання екзогенного НАДН призвело до підвищення функціональних резервів серцево-судинної системи в осіб, що не займаються фізичними тренуваннями й може бути рекомендовано для збільшення толерантності до фізичного навантаження як у спортсменів, так і у людей, які не займаються спортом.

Ключові слова: НАДН, толерантність до фізичного навантаження, серцево-судинна система, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, пульсовий артеріальний тиск, реограма, проба RWC_{170} .

Постановка проблеми. Якість життя людини залежить від фізичної працездатності, яка визначається, впершу чергу, регулярною фізичною активністю. Однак, певні біологічно активні речовини мають вплив на показники фізичної працездатності. Серед них – нікотинамідаденідинуклеотид (НАД), який є складною органічною сполукою, коферментом, що міститься у всіх живих клітинах і бере участь у всіх процесах метаболізму. Особливу цікавість для можливого застосування для підвищення рівня працездатності та у спорті викликає саме відновлена форма НАД – нікотинамідаденідинуклеотид гідрид (НАДН).

Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив ендогенних та екзогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (№ державної реєстрації 012U108187).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. НАДН є одним із найважливіших коферментів, присутніх у кожній живій клітині. Він каталізує більше тисячі метаболічних реакцій, найважливіша з яких є тригером для виробництва АТФ [1]. Крім того, він відіграє вирішальну роль у клітинній регуляції та відновленні ДНК [2], а також є стимулятором клітинної імунної системи [3]. Завдяки своєму високому окисно-відновному потенціалу НАДН має значну антиоксидантну здатність [4]. Вміст НАДН в органах і тканинах відображає потребу в ньому. Найвища концентрація виявлена в клітинах серця (90 мкг/г тканини), головного мозку (50 мкг/г тканини) і м'язів (50 мкг/г тканини) [5]. У зістареному організмі та у будь-якого пацієнта з хронічними захворюваннями може бути виявлений певний дефіцит НАДН [6] та дефіцит АТФ [7]. Це призводить до зниження доступності енергії клітин і органів. Порушення регуляції метаболізму НАДН пов'язане з різними захворюваннями, включаючи рак, метаболічні розлади та нейродегенеративні захворювання [1]. Дослідження *in vitro*, а також *in vivo* показали, що клітинний енергетичний метаболізм і виробництво АТФ можна покращити за допомогою екзогенного НАДН [8; 9]. У подвійному сліпому плацебо-контрольованому клінічному дослідженні, схваленому Управлінням продовольства та медикаментів (FDA), було продемонстровано, що приймання НАДН може покращити рівень енергії суб'єктів, які страждають від синдрому хронічної втоми [10].

Ми вважаємо, що націлювання на НАДН-залежні шляхи є потенційною стратегією терапевтичного втручання та може підвищити витривалість і ефективність фізичних вправ завдяки збільшенню здатності скелетних м'язів виробляти та використовувати НАДН, покращуючи енергетичний метаболізм і антиоксидантний захист.

Мета роботи. Дослідити вплив екзогенного НАДН на толерантність до фізичного навантаження.

Матеріал та методи досліджень. В дослідженні взяли участь 16 здорових добровольців (волонтерів) чоловічої статі – студентів 3 курсу медичного університету, які не займаються спортом, віком – 20 – 22 роки. Зріст – 169 – 185 см, маса тіла при першому обстеженні – 65 – 85 кг, при другому – 65 – 84 кг.

Рандомізовано волонтерів розподілили на дві групи по 8 осіб в кожній: дослідну та контрольну. Дослідження проводилось відповідно до правил подвійного сліпого дослідження. Волонтери з основної групи приймали активний НАДН у вигляді таблеток, що диспергують у ротовій порожнині, 3 тижні двічі на день у дозі 20 мг (2 таблетки на день загалом 40 мг) з наступного дня після обстеження на рівень толерантності до дозованого фізичного навантаження. Волонтери з контрольної групи приймали плацебо за тією ж схемою.

При проведенні дослідження дотримувалися біоетичних стандартів Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (1977 р.), відповідних постанов ВООЗ та законів України.

Обстеження проводили в першій половині дня. Безпосередньо перед проведенням обстеження вимірювали зріст і визначали масу тіла волонтера за допомогою «Ростоміра підлоговий механічний з вагами медичними електронними РПВЕ-2000». Після цього волонтер заповнював Опитувальник та оглядався лікарем, який давав допуск до функціонального тестування з фізичним навантаженням.

В якості функціональної проби на толерантність до фізичного навантаження та засобу оцінки рівня фізичної працездатності вибрали тест PWC_{170} (велоергометричний варіант за Карпманом) [11]. Фізіологічною базою тесту PWC_{170} є лінійна залежність між потужністю фізичної роботи і ЧСС у межах 170 – 190 уд*хв⁻¹, але навантаження при якому ЧСС досягає 170 уд*хв⁻¹ може бути великим для досліджуваного, тому використовують модифікації цього тесту. В практиці діагностики рівня фізичної працездатності добре зарекомендувала себе модифікація тесту PWC_{170} з застосуванням послідовно двох рівнів навантаження при яких ЧСС не досягає 170 уд*хв⁻¹. Потужність першого навантаження визначають орієнтуючись на масу тіла і рівень фізичної підготовки досліджуваного. Потужність другого

навантаження встановлюють орієнтуючись на зростання ЧСС після першого. В нашому дослідженні ми користувались таблицями орієнтовних значень потужності навантажень на велоергометрі для визначення PWC_{170} у здорових нетренованих осіб

Також вимірювали ЧСС і артеріальний тиск (АТ) в стані спокою перед початком тестування, в момент завершення першого і другого навантажень та через 1, 2 і 3 хвилини після другого тестувального навантаження з метою оцінки впливу препарату на перебіг раннього відновлення після дозованого фізичного навантаження.

Безпечність функціонального тестування з фізичним навантаженням забезпечували моніторингом електричної активності та насосної функції серця шляхом реєстрації грудної реограми за допомогою реографа «РеоКом ХАІ-Медика» [12]. Для виконання тестування було залучено 6 асистентів відповідно до методики, описаної вище і захищеної свідоцтвом про реєстрацію авторського права на науковий твір [13, 14].

Рівень фізичної працездатності визначали методом екстраполяції з застосуванням графічного способу у двовимірній Декартовій системі координат.

Командою дослідників, яка проводила тестові обстеження було надано всі індивідуальні протоколи першого і другого обстежень що містили:

- звіт про динаміку змін ЧСС і АТ під час тестування,
- звіт про перебіг відновлення після навантаження за показниками ЧСС і АТ,
- значення PWC_{170} , визначені за результатами першого і другого тестувань.

Масив даних для статистичного аналізу формувався за результатами досліджень, представлених в індивідуальних протоколах обстежень.

Статистичну обробку даних проведено за допомогою програми SPSS Statistics з використанням непараметричних методів.

Результати дослідження та їх обговорення. Виявлено, що при першому обстеженні (до приймання препарату в основній групі чи плацебо – в контрольній) толерантність до фізичного навантаження за рівнем PWC_{170} в контрольній групі була вищою, ніж в основній ($185,0 \pm 9,9$ ват проти $165,9 \pm 9,7$ ват).

При обстеженні через три тижні (друге обстеження) PWC_{170} в контрольній групі виявились дещо нижчими, ніж до приймання плацебо, проте різниця не була статистично вірогідною. В основній групі через три тижні після приймання НАДН значення PWC_{170} зросло на 42,5 вата, що становило приріст на 25,6% і було вірогідно вищим порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$) і вірогідно вищим, ніж до приймання препарату ($p < 0,05$) (рис. 1).

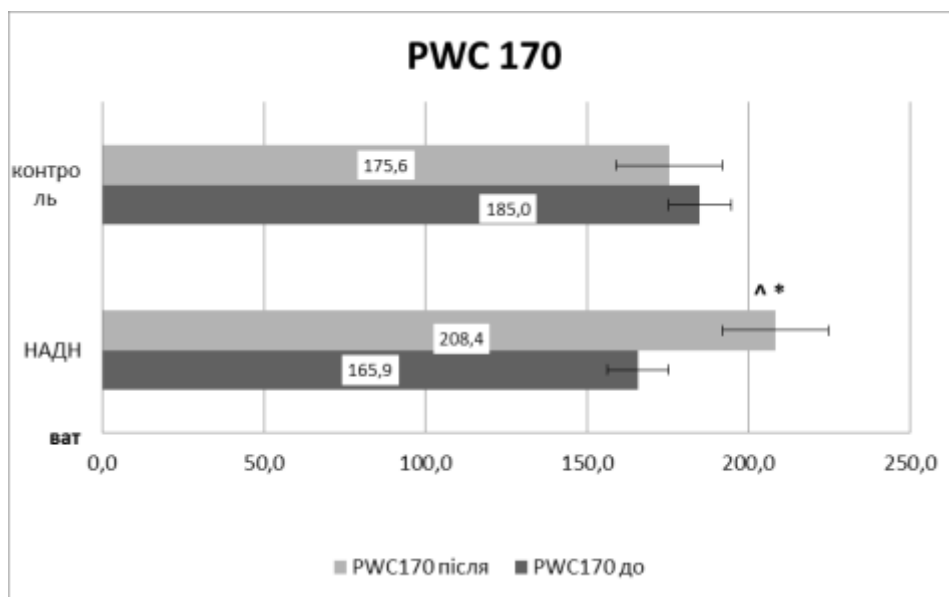


Рис. 1. Вплив НАДН на толерантність до фізичного навантаження за значенням PWC_{170} . Примітка: * – вірогідно порівняно зі станом до приймання препарату ($p < 0,05$), ^ – вірогідно порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$).

Стан центральної гемодинаміки в нашому дослідженні оцінювали за ЧСС та рівнем АТ. Графіки на рис. 2 і рис. 3 відображають динаміку змін ЧСС в обох групах при навантаженні під час тестування та в період раннього відновлення.

В основній групі ЧСС після другого навантаження була вірогідно нижчою при другому обстеженні ($p < 0,05$), тобто – після приймання препарату протягом трьох тижнів, порівняно з першим обстеженням (до прийняття препарату). Відновлення ЧСС під час другого обстеження було більш швидким ніж при першому обстеженні. В контрольній групі приймання плацебо не вплинув на характер змін ЧСС – динаміка ЧСС була однаковою при першому і другому обстеженнях [15].

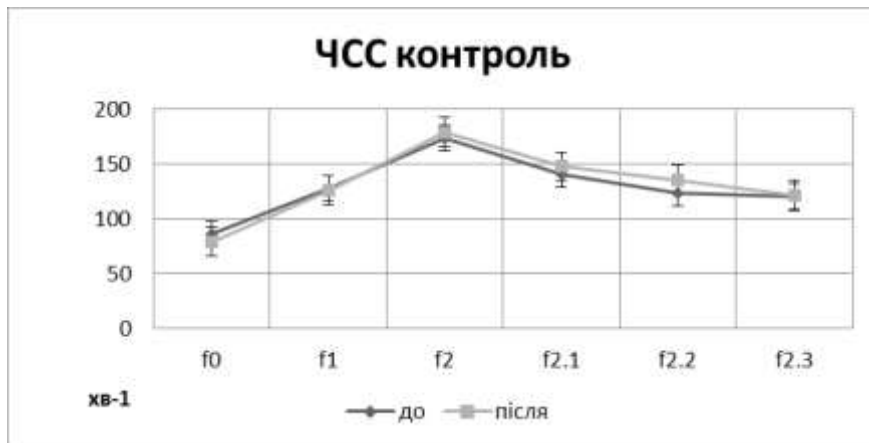


Рис. 2. Динаміка ЧСС при тестуванні й при відновленні після проби PWC_{170} (контрольна група). Примітка: f – ЧСС: індекси 0, 1, 2, 2.1, 2.3, 2.3 – перед пробєю PWC_{170} , після першого навантаження, після другого навантаження, через 1 хв, 2 хв та 3 хв після другого навантаження, відповідно.

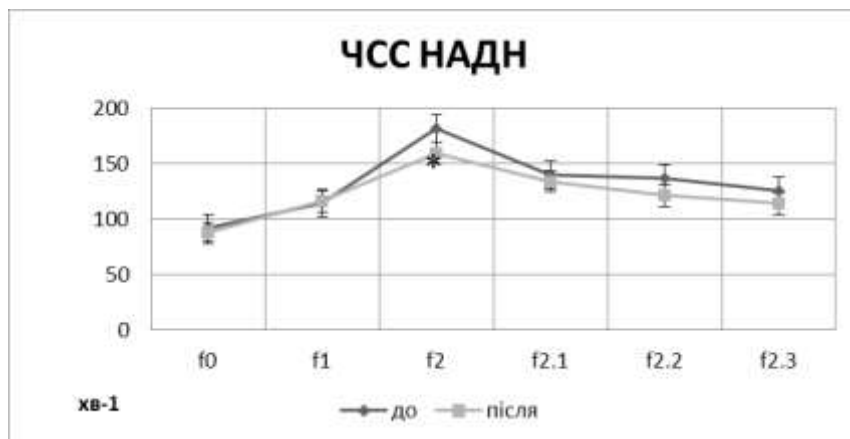


Рис. 3. Динаміка ЧСС при тестуванні й при відновленні після проби PWC_{170} (основна група). Примітка: f – ЧСС: індекси 0, 1, 2, 2.1, 2.3, 2.3 – перед пробєю PWC_{170} , після першого навантаження, після другого навантаження, через 1 хв, 2 хв та 3 хв після другого навантаження, відповідно.

В таблиці 1 наведено середні значення АТ в групах перед тестуванням, після першого і другого навантаження та під час відновлення. Основна група мала вірогідно вищий артеріальний тиск систолічний (АТС), порівняно з контрольною ($p < 0,05$). Перед другим обстеженням рівень АТС в стані спокою (АТС₀) в обох групах був дещо вищим за вікову норму, але в основній групі був вірогідно нижчим, ніж перед першим ($p < 0,05$) а в контрольній групі – спостерігалась

тенденція до зниження. Наявність гіпертензії у досліджуваних волонтерів ми можемо пояснити дією на їх організм ряду стресогенних чинників, зокрема, тривалим емоційним напруженням, пов'язаним зі значним навчальним навантаженням і недостатнім часом на сон, в поєднанні з роботою за сумісництвом. Тенденція до нормалізації АТ зі зниженням АТС₀ після 3-х тижнів приймання НАДН на 7,8 % чи приймання плацебо (3,9 %) на тлі дії згаданих вище стресогенних чинників може свідчити про антистресорний ефект НАДН і такий же, але менший, ефект плацебо.

Таблиця 1

Артеріальний тиск при фізичному навантаженні
та на перших хвиликах відновлення після проби PWC₁₇₀

		НАДН		Контроль	
		до	після	до	після
АТС ₀	мм рт ст	148,6±3,4 ^	137,0±3,1*	136,9±3,5	131,6±2,9
АТС ₁	мм рт ст	154,3±2,9	152,9±2,4	158,8±2,8	155,8±2,9
АТС ₂	мм рт ст	156,3±3,0	155,4±3,1	151,3±3,3	161,3±3,4
АТС _{2.1}	мм рт ст	148,0±2,9	154,0±3,1	143,3±3,2	151,8±2,6
АТС _{2.2}	мм рт ст	137,4±2,6	146,9±2,5 *	135,8±2,4	138,8±2,5
АТС _{2.3}	мм рт ст	131,8±2,8	135,5±2,6	132,3±2,6	140,5±2,8
АТД ₀	мм рт ст	86,9±1,6 ^	85,3±1,1	79,0±2,6	71,5±2,5
АТД ₁	мм рт ст	85,6±1,9	89,0±1,6	83,1±1,6	76,5±1,8
АТД ₂	мм рт ст	79,1±1,4	79,3±1,3	80,7±1,6	78,6±1,5
АТД _{2.1}	мм рт ст	68,6±1,9 ^	79,0±1,6 *	77,6±1,5	72,7±1,8
АТД _{2.2}	мм рт ст	77,8±1,1	73,4±1,5	77,4±1,6	74,5±1,9
АТД _{2.3}	мм рт ст	74,1±1,3	79,1±1,4	69,9±1,7	75,5±1,6

Примітка: АТС – артеріальний тиск систолічний, АТД – артеріальний тиск діастолічний. * – вірогідно порівняно зі станом до приймання препарату (p<0,05), ^ – вірогідно порівняно з контрольною групою (p<0,05).

Коректна оцінка реакції АТ на фізичне навантаження базується на аналізі змін АТС, АТД і пульсового АТ (ПсАТ). Нормальною є нормотонічна реакція, що проявляється збільшенням ПсАТ під впливом фізичного навантаження. Таке збільшення при нормотонічній реакції відбувається внаслідок підвищення АТС адекватно до потужності навантаження і зниження АТД в границях норми.

Дані про вплив приймання НАДН на ПсАТ і динаміку змін цього параметру центральної гемодинаміки в обох групах при навантаженні під час тестування та в період раннього відновлення наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Пульсовий артеріальний тиск при фізичному навантаженні
та на перших хвиликах відновлення після проби PWC₁₇₀

		НАДН		контроль	
		до	після	до	після
ПсАТ ₀	мм рт ст	61,8±1,2	51,8±1,1 *	57,9±1,4	60,1±1,3
ПсАТ ₁	мм рт ст	68,6±1,2 ^	63,9±1,6	75,6±1,6	79,3±1,2
ПсАТ ₂	мм рт ст	77,1±1,4	76,1±1,3	70,6±1,4	82,6±1,4
ПсАТ _{2.1}	мм рт ст	70,6±1,2	75,0±1,1 *	65,6±1,8	79,2±1,2
ПсАТ _{2.2}	мм рт ст	59,6±0,6	73,5±1,0 *	58,4±1,3	64,3±1,4
ПсАТ _{2.3}	мм рт ст	57,6±0,4	56,4±1,9	62,4±0,4	65,0±1,0

Примітка: * – вірогідно порівняно зі станом до приймання препарату (p<0,05), ^ – вірогідно порівняно з контрольною групою (p<0,05).

В основній групі мав місце нормотонічний тип реакції на фізичне навантаження як до приймання НАДН, так і після. Проте, при першому обстеженні значення ПсАТ на 2-й і 3-й хвилини відновлення були нижчими ПсАТ₀, що відображає послаблені можливості серцево-судинної системи адаптуватися до фізичного навантаження. Перебіг відновлення при другому обстеженні демонструє підвищення функціональних можливостей серцево-судинної системи після приймання НАДН. В контрольній групі ми спостерігали гіпертонічний тип реакції на фізичне навантаження при першому і при другому обстеженнях, що за відсутності факту інтенсивних фізичних тренувань вказує на перенапруження адаптаційних резервів під дією стресорів соціального і побутового походження.

Висновки

1. Приймання відновленого НАД у таблетованій формі протягом 3 тижнів двічі на день у дозі 20 мг вірогідно підвищує рівень фізичної працездатності й толерантності до фізичного навантаження навіть при тривалій дії стресогенних факторів і відсутності фізичних тренувань.
2. Приймання НАДН позитивно впливає на стан центральної гемодинаміки та сприяє нормалізації АТ у молодих осіб з ознаками артеріальної гіпертензії.
3. Застосування таблетованої форми НАДН протягом 3-х тижнів в добовій дозі 40 мг призвело до підвищення функціональних резервів серцево-судинної системи в осіб, що не займаються фізичними тренуваннями.

Список використаної літератури

1. Ying, W. (2006). NAD⁺ and NADH in cellular functions and cell death. *Front Biosci.* 11:3129-48.
2. Wilk, A., Hayat, F., Cunningham, R., Li, J., Garavaglia, S., Zamani, L. (2020). Extracellular NAD⁺ enhances PARP-dependent DNA repair capacity independently of CD73 activity. *Sci Rep.* 10(1):651.
3. Navas, L.E., Carnero, A. (2021). NAD⁺ metabolism, stemness, the immune response, and cancer. *Sig Transduct Target Ther.* 6(1):2.
4. Olek, RA, Ziolkowski, W, Kaczor, JJ, Greci, L, Popinigis, J, Antosiewicz, J. (2004). Antioxidant activity of NADH and its analogue--an in vitro study. *J Biochem Mol Biol.* 37(4):416-21.
5. Wengrowski, AM, Kuzmiak-Glancy, S, Jaimes, R 3rd, Kay, MW. (2014). NADH changes during hypoxia, ischemia, and increased work differ between isolated heart preparations. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 15;306(4):H529-37.
6. Birkmayer, G.D. (2001). "Enzyme-based Assay fir Determining Effects of Exogenous and Endogenous Factors of Cellular Energy Production". *Patentschrift, U.S. Patentnr.* 6, 248, 552
7. Chaudhari, SN, Kipreos, ET. (2018). The Energy Maintenance Theory of Aging: Maintaining Energy Metabolism to Allow Longevity. *BioEssays.* 40(8):1800005
8. Liu, J., Zhang, W., Wang, X., Ding, Q., Wu, C., Zhang, W. et al. (2023). Unveiling the Crucial Roles of O₂^{•-} and ATP in Hepatic Ischemia-Reperfusion Injury Using Dual-Color/Reversible Fluorescence Imaging. *J Am Chem Soc.* 145(36):19662–19675.
9. Yu, FX, Dai, RP, Goh, SR, Zheng, L, Luo, Y. (2009). Logic of a mammalian metabolic cycle: an oscillated NAD⁺/NADH redox signaling regulates coordinated histone expression and S-phase progression. *Cell Cycle.* 8(5):773-9.
10. Alegre, J, Rosés, JM, Javierre, C, Ruiz-Baqués, A, Segundo, MJ, Fernández de Sevilla, T. (2010). Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) in patients with chronic fatigue syndrome. *Revista Clinica Espanola.* 210(6):284-8.
11. Земцова, І. І. (2019). Спортивна фізіологія. – Київ : Олімп. літ., 2019. 207 с.
12. РеоКом Компьютерная система реографии. (2008). Инструкция по эксплуатации. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ» НТЦ радиоэлектронных медицинских приборов и технологий «ХАИ-МЕДИКА», 2008. 165 с.
13. Бакуновський Олександр Миколайович, Бабак Світлана Віталіївна, Полторацька Ілана Євгенівна. Свідectvo про реєстрацію авторського права на твір № 119 158 Науковий твір «Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting». Дата реєстрації 18 травня 2023 року.
14. Bakunovsky, O.M., Babak, S.V., Poltoratska I.Y. (2024). Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting. *Вісник проблем біології і медицини.* – 2024. – Вип. 1 (172). – С. 324-329.
15. Полторацька, І.Є., Бакуновський, О.М., Бабак, С.В. (2024). Вплив «NADH ORIGINAL INSTANT POWER®» на толерантність до фізичного навантаження. Від експериментальної та клінічної патофізіології до досягнень сучасної медицини і фармації : матеріали VI науково-практичної конференції студентів та молодих вчених з міжнародною участю, м. Харків, 16 травня 2024 р. X. : НФаУ, 2024. – С. 171-172.

References

1. Ying, W. (2006). NAD⁺ and NADH in cellular functions and cell death. *Front Biosci.*
2. Wilk, A., Hayat, F., Cunningham, R., Li, J., Garavaglia, S., Zamani, L. (2020). Extracellular NAD⁺ enhances PARP-dependent DNA repair capacity independently of CD73 activity. *Sci Rep.*
3. Navas, L.E., Carnero, A. (2021). NAD⁺ metabolism, stemness, the immune response, and cancer. *Sig Transduct Target Ther.*
4. Olek, RA, Ziolkowski, W, Kaczor, JJ, Greci, L, Popinigis, J, Antosiewicz, J. (2004). Antioxidant activity of NADH and its analogue--an in vitro study. *J Biochem Mol Biol.*
5. Wengrowski, AM, Kuzmiak-Glancy, S, Jaimes, R 3rd, Kay, MW. (2014). NADH changes during hypoxia, ischemia, and increased work differ between isolated heart preparations. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.*
6. Birkmayer, G.D. (2001). "Enzyme-based Assay for Determining Effects of Exogenous and Endogenous Factors of Cellular Energy Production". Patentschrift, U.S. Patentnr.
7. Chaudhari, SN, Kipreos, ET. (2018). The Energy Maintenance Theory of Aging: Maintaining Energy Metabolism to Allow Longevity. *BioEssays.*
8. Liu, J., Zhang, W., Wang, X., Ding, Q., Wu, C., Zhang, W. et al. (2023). Unveiling the Crucial Roles of O₂^{•-} and ATP in Hepatic Ischemia-Reperfusion Injury Using Dual-Color/Reversible Fluorescence Imaging. *J Am Chem Soc.*
9. Yu, FX, Dai, RP, Goh, SR, Zheng, L, Luo, Y. (2009). Logic of a mammalian metabolic cycle: an oscillated NAD⁺/NADH redox signaling regulates coordinated histone expression and S-phase progression. *Cell Cycle.*
10. Alegre, J, Rosés, JM, Javierre, C, Ruiz-Baqués, A, Segundo, MJ, Fernández de Sevilla, T. (2010). Nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) in patients with chronic fatigue syndrome. *Revista Clinica Espanola.*
11. Zemtsova, I.I. (2019). Sportyvna fiziologhiia. – Kyiv : Olimp. lit. [*Zemtsova, I. I. Sports physiology. – Kyiv: Olymp. lit.*] (in Ukr.)
12. ReoKom Kompiuternaia systema reohrafyy. (2008). Ynstruktsiia po ekspluatatsyy. – Kharkov: ReoKom Kompyuternaya sistema reografii. (2008). Instrukciya po ekspluatatsii. – Harkov: Nacionalnyj aerokosmicheskij universitet «HAI» NTC radioelektronnyh medicinskih priborov i tehnologij «HAI-MEDIKA» [*ReoKom rheography computer system. Operating instructions. - Kharkov: National Aerospace University "KHAI" National Center of Radioelectronic Medical Devices and Technologies "KHAI-MEDYKA"*] (in Rus.)
13. Bakunovskiy Oleksandr Mykolaiovych, Babak Svitlana Vitaliivna, Poltoratska Ilana Yevhenivna. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 119 158 Naukovyi tvir «Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting». Data reiestratsii 18 travnia 2023 roku. [*Oleksandr Mykolayovych Bakunovsky, Svitlana Vitaliyivna Babak, Ilana Evgenivna Poltoratska. Certificate of copyright registration for the work No. 119 158 Scientific work "Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting". The date of registration is May 18, 2023*] (in Ukr.)
14. Bakunovskiy, O.M., Babak, S.V., Poltoratska I.Y. (2024). Methods of simultaneous study of central and peripheral hemodynamics during dosed physical exertion in laboratory conditions: organization and setting. *Visnyk problem biologii i medytsyny [Bulletin of problems in biology and medicine].*
15. Poltoratska, I.Ie., Bakunovskiy, O.M., Babak, S.V. (2024). Vplyv «NADH ORIGINAL INSTANT POWER®» na tolerantnist do fizychnoho navantazhennia. Vid eksperymentalnoi ta klinichnoi patofiziologhii do dosiahnen suchasnoi medytsyny i farmatsii: materialy VI naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv ta molodykh vchenykh z mizhnarodnoiu uchastiu, m. Kharkiv, 16 travnia 2024 r. Kh.: NFaU, 2024. [*Poltoratska, I.E., Bakunovsky, O.M., Babak, S.V. The effect of "NADH ORIGINAL INSTANT POWER®" on exercise tolerance. From experimental and clinical pathophysiology to the achievements of modern medicine and pharmacy: materials of the 6th scientific and practical conference of students and young scientists with international participation, Kharkiv, May 16, 2024. Kh.: NFaU, 2024*] (in Ukr.)

Bakunovskiy O., Klymenko O, Poltoratska I, Babak S.

Effect of reduced nicotinamide adenine dinucleotide on tolerance to physical exercise

Reduced nicotinamide adenine dinucleotide is a key molecule in cellular metabolism, especially in redox reactions. It serves as a carrier of electrons in many biochemical reactions, primarily in anabolic processes, such as the synthesis of fatty acids and nucleotides. Understanding the interplay between NADH metabolism, energy production, and oxidative stress regulation may provide insight into strategies to optimize exercise training and increase exercise endurance in both trained and untrained individuals in everyday life. Therefore, the aim of the research was to study the influence of exogenous NADH on endurance and tolerability of physical activity.

For this, functional, rheographic and statistical research methods were applied.

As a result of taking NADH in tablet form in the main group, after three weeks the value of the PWC₁₇₀ test increased by 42.5 watts (25.6%) and was significantly higher compared to the control group and before taking the drug (p<0.05) in the main group. In the main group, heart rate after the second exercise was significantly lower at the second examination (p<0.05), and heart rate recovery during the second examination

was faster than at the first one. A tendency to decrease and normalization of the slightly elevated initial level of BP was observed after 3 weeks of taking NADH by 7.8%. An increase in the functional capabilities of the cardiovascular system after taking NADH was also noted, which was characterized by an improved course of PsAT recovery at the 2nd and 3rd minutes, especially compared to the fact that during the first examination, the value of PsAT at the 2nd and 3rd minutes of recovery was lower than PsAT₀.

It was concluded that taking NADH in tablet form reliably increases the level of physical performance and tolerance to physical exertion even with long-term exposure to stressogenic factors and the absence of physical training, has a positive effect on the state of central hemodynamics, and contributes to the normalization of blood pressure in young people with signs of arterial hypertension. In general, taking exogenous NADH led to an increase in the functional reserves of the cardiovascular system in non-exercising individuals and can be recommended for increasing exercise tolerance in both athletes and non-exercising individuals.

Keywords: NADH, tolerance to physical exertion, cardiovascular system, blood pressure, heart rate, pulse blood pressure, rheogram, PWC₁₇₀ test.

Одержано редакцією: 12.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

Дегтяренко-Мельник Тетяна Володимирівна

Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського

biryana3691@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4462-8863>

АКТУАЛЬНІСТЬ ПОДАЛЬШОЇ РОЗРОБКИ ПРОБЛЕМИ ПРОФЕСІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ В КОНТЕКСТІ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

У статті розглядається проблема актуальності подальших досліджень професійної придатності певних категорій осіб до виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки. Вагоме соціально-економічне та профілактичне медичне значення має забезпечення високого рівня виконання професійних завдань фахівцями різного профілю за умови збереження їх фізичного та психічного здоров'я, а зважаючи на екстремальні ситуації сьогодення подальша її розробка в контексті професійної придатності стає визначальною.

Метою статті є зазначення теоретико-методологічних засад становлення професіоналізму та окреслити значення економічного, диференціально-психологічного та індивідуально-психофізіологічного чинників для визначення придатності осіб для виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки.

Методологія дослідження. Застосовано методи теоретичного аналізу, зіставлення, порівняння, систематизації та узагальнення.

Наукова новизна. У статті окреслено, що провідними чинниками професійної придатності виступають суто індивідуалізовані психофізіологічні детермінанти, які визначають придатність особи до виконання різних видів професійної діяльності в стресогенних умовах праці. У їх визначенні провідна роль належить реалізації адекватних заходів професійного відбору за методологією організації психофізіологічної експертизи.

Висновки. Доведено, що проведення психодіагностичних обстежень та психофізіологічної експертизи в рамках професійного відбору дозволяє успішно вирішувати проблему прогнозування професійної придатності особи до виконання необхідної професійної діяльності в умовах підвищеної небезпеки праці та в екстремальних ситуаціях сучасності. Зазначається, що визначення професійної, функціональної та медичної надійності працівників соціально-важливих галузей залишається перспективним науковим напрямом, який має суттєве теоретичне і прикладне значення в плані вирішення актуальних проблем сьогодення.

Ключові слова: професійна надійність, прогнозування надійності, психофізіологічна експертиза, стресогенні умови праці, умови підвищеної небезпеки праці.

Постановка проблеми. Надійність професійної діяльності особи – це теоретико-прикладна проблема багатьох сучасних наук, зокрема гігієни праці та патофізіології, диференціальної психології та психофізіології. Актуальність цієї проблеми пов'язана насамперед із забезпеченням високого рівня виконання професійних завдань фахівцями різного профілю за умови збереження їх фізичного та психічного здоров'я, а зважаючи на екстремальні ситуації сьогодення подальша її розробка має вагоме соціально-економічне та профілактичне медичне значення. Визначення професійної надійності особи засновано на дослідженні особливостей функціонального стану організму та динаміки працездатності особи-оператора, як фахівця в різних соціально-важливих галузях. Цей науковий напрям в останнє десятиріччя набув практичної спрямованості в плані вирішення багатьох питань актуальної проблематики «людина-машина» в сучасних кризових умовах. Аналіз науково-методологічної літератури свідчить про те, що проблема професійної надійності знайшла свій самостійний статус відносно недавно, а саме – в середині ХХ століття. Активне вдосконалення технічних засобів, систем автоматизованого управління виробництвом,

виконання окремих видів трудової діяльності із застосуванням складного оснащення обумовило необхідність долучення науковців різної спеціалізації до дослідження особливостей функціонального стану персоналу під час виконання професійних обов'язків, особливо в умовах підвищеної небезпеки.

Не дивлячись на великі досягнення в розробці такого перспективного наукового напрямку – як дослідження психофізіологічних особливостей особи в контексті визначення її професійної придатності ще багато питань відносно визначення та прогнозування надійності особи при виконанні робіт в умовах підвищеної небезпеки залишаються не вирішеними. Безперечно важливість для оцінки успішності професійної діяльності певних категорій працівників має подальше дослідження механізмів психо-нейро-імуно-ендокринної регуляції у осіб-операторів з метою своєчасного виявлення можливих порушень у їх психофізичному стані при виконанні робіт в умовах стресового напруження. Формування та підтримка адаптаційних можливостей організму на певному оптимальному рівні шляхом вдосконалення спеціальної фахової підготовки операторів, а також розробка адекватних методів оцінки їх індивідуально-типологічних особливостей є вельми доцільними в плані вирішення профілактичних задач психофізіологічної експертизи. Тому в концепті розробки проблеми професійної надійності особи в плані визначення психологічних ознак та психофізіологічних характеристик індивіда поряд з описом технічних засобів його професійної діяльності виникло поняття «надійність». В теперішній час спостерігається зростання складності технічних засобів інформаційного забезпечення трудової діяльності, розширення діапазону певних видів професійної діяльності з одночасним ускладнення їх виконання. Отже, успішне здійснення особою професійних функцій вимагає від фахівця усвідомленої відповідальності, досконалого оволодіння професійно-важливими навичками, оскільки від цього в значній мірі буде залежати, як ефективність роботи, так і безпека праці його особисто та колег в колективі.

Професійна надійність вивчається в соціології, психології праці, диференціальній психофізіології, крім того до розробки цієї проблематики долучені інші галузі знань (філософія, біологія, медицина, інформатика), але маємо підкреслити доцільність запровадження саме міждисциплінарного підходу для вирішення актуальних питань професійної надійності особи.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Професійна придатність розглядається як сукупність тих індивідуально-типологічних особливостей людини, які будуть забезпечувати особі суспільно необхідну ефективність її діяльності з формуванням професійної успішності в тій чи іншій соціальних сферах. Придатність індивіда до виконання певних видів професійної діяльності, безумовно, базується на природних властивостях особистості, але до початку цієї діяльності доцільно здійснювати прогнозування успішності роботи особи в різних видах професійної діяльності, а втім слід вказати, що цей процес необхідно реалізовувати вкрай обережно. Формування придатності особи до виконання різних видів трудової діяльності по багатьох аспектах співпадає з процесом становлення професіоналізму в певних категоріях працездатного населення, які відносяться до соціально-значущих сфер суспільства. Провідним напрямом диференціальної психофізіології стало визначення тих особливостей психофізіологічного стану особи, що будуть виступати підґрунтям для формування придатності індивіда до успішного виконання певних видів професійної діяльності, що стосується насамперед тих осіб, які мають виконувати роботу в умовах підвищеної небезпеки та в екстремальних ситуаціях.

Згідно з установами вітчизняних та закордонних наукових шкіл значущі професійно важливі якості формуються у особи на підставі природних задатків індивіда в процесі самої професійної діяльності, тобто професійна надійність на основі природних задатків буде мати прояв у певному виді діяльності за умови опанування особою необхідними придбаними навичками для забезпечення продуктивної діяльності. А відтак диференціальна психофізіологія не відшукує у людини ті індивідуальні характеристики, які заздалегідь

призначені для ефективної діяльності, а досліджує процес становлення професійної придатності в ході виконання особою самої діяльності, яка сприяє формуванню певних здібностей, які набувають яскравого прояву за оптимальних умов життєдіяльності та праці. Формування професійної придатності представляє собою той активний усвідомлений особою процес, при якому позитивна мотивація особи до виконання певного виду діяльності відіграє провідну роль. Формування професійної придатності є складним багатофакторним процесом і тому важливою є організація відбору кандидатів для виконання певних видів діяльності на підставі природних властивостей особи, але ступінь та модальність їх повинні визначатися на підставі попереднього комплексного аналізу і потребує достеменного експериментального підтвердження. Такий відбір не може проводитися на підприємстві, в школі чи в спортивному закладі, оскільки потребує використання спеціального діагностичного обладнання та комплексної інтерпретації отриманих результатів із залученням психофізіологів, психологів та лікарів. А втім, навіть здійснення комплексного професійного відбору не буде гарантувати успішність діяльності особи в соціумі без забезпечення оптимальних середовищних умов для розвитку необхідних професійно важливих якостей.

Слід зазначити наступні сталі наукові положення

1. Опанування певною професією представляє собою одночасно і процес формування придатності особи до виконання окремих видів професійної діяльності, що стосується і роботи в екстремальних умовах праці.

2. Формування професійної придатності це завжди індивідуалізований процес, до якого залучаються як генетичні, так і середовищні детермінанти, він потребує залучення всіх адаптивних можливостей організму і визначає ступінь адаптивності особи до певних видів фізичного та розумового навантаження

3. Вдосконалення професійно-важливих якостей індивіда обумовлена реалізацією гармонійних взаємодій його унікального фенотипу з тими своєрідними середовищними та соціальними умовами в яких має відбуватися професійна діяльність особи, що стає найбільш актуальним при виконанні робіт в умовах підвищеної небезпеки.

Концептуальні позиції диференціальної психофізіології дозволяють розробляти актуальну проблему становлення професійної майстерності в контексті вирішення задач, як теоретичного, так і прикладного характеру. Прикладні задачі диференціальної психофізіології за вищевказаним науковим напрямом в останні десятиріччя вирішуються в рамках професійного відбору на підставі визначення тих індивідуальних психофізіологічних ознак особи, які є бажаними для певного виду професійної діяльності. Зокрема це стосується проведення психофізіологічної експертизи працівників, що мають виконувати роботу в умовах підвищеної небезпеки.

Організація професійного відбору виступає суто практичною задачею диференціальної психофізіології, а в теперішній час наукові розробки в цьому напрямі набули соціально-економічного значення. Насамперед це стосується психофізіологічного відбору на військові спеціальності та доцільності своєчасної оцінки індивідуальних якостей особи, яка має працювати в екстремальних умовах при виконанні тих видів робіт, що пов'язані з ризиком для життя. Так, введення системи психофізіологічного відбору дозволило в США скоротити в два рази відсів з льотних училищ (з 72 % до 36%) і за розрахунками спеціалістів реалізація професійного відбору дозволяє отримати 1 млн. доларів економії на кожну сотню підготовлених курсантів.

Формування професійної придатності особи відбувається під впливом таких основних чинників: соціально-економічного, диференціально-психологічного та індивідуально-психофізіологічного.

Відносно ролі першого чинника маємо враховувати, що кожна професія має бути реалізована в конкретній соціально-економічній структурі суспільства, яка обумовлює весь спектр соціально-економічних характеристик певної професії.

Соціально-економічний чинник визначає: а) перспективи професії;

б) значущість професійної діяльності у соціумі, а також в культурному житті країни; в) наявність та склад соціального пакету, а також громадського заохочення; г) перелік вимог до кваліфікації; д) фінансове забезпечення та можливості його покращення; е) готовність до подолання можливих економічних перешкод сумісно з іншими членами колективу задля успішності корпорації (компанії).

Врахування соціально-економічного чинника по-перше необхідно самому індивіду для вибору працевлаштування, а по-друге дозволяє менеджерам з персоналу приймати рішення чи підходить особа до виконання певних видів професійної діяльності та наскільки сильною є її мотивація до подолання можливих перешкод задля успішного оволодіння професією. Необхідно зауважити, що значення соціально-економічного чинника продовжує зростати внаслідок постійного змінення в суспільстві соціально-економічних характеристик певних професій, наявності в дійсний час професійної міграції населення, ускладнення комунікативних взаємозв'язків між особою і соціумом в контексті становлення професіоналізму, а також і на разі підвищення вимог до працівників, що виконують роботу в екстремальних умовах сьогодення.

Відносно диференціально-психологічного чинника слід зауважити, що науковці звертають увагу на визначення у контингентах обстежених осіб тих необхідних особистісних ознак, які є передумовою для успішного виконання людиною певних видів професійної діяльності. Для цього проводять орієнтоване психологічне тестування в різних групах юнацтва та дорослих з використанням адекватних класичних і новітніх авторських діагностичних методик. Диференціально-психологічний підхід набув успішної реалізації у визначенні особливостей професійної адаптації майбутніх лікарів, педагогів, психологів, інженерів, працівників МЧС, соціальних служб та сфери обслуговування. Найбільш важливим цей підхід в контексті прогнозування психологічної адаптації до виконання певного виду діяльності визначено для військових спеціальностей та працівників, що мають реалізовувати професійну придатність в роботі на різних видах наземного, повітряного та підземного транспорту (судноводії, автомобілісти, пілоти, машиністи потягів). Маємо зазначити доцільність впровадження широкого спектру психодіагностичних методик, який спрямовано на визначення адаптаційних можливостей обстежених осіб відносно їх рівня стресостійкості, відкритості до опанування новим досвідом, емоційного інтелекту, ступеню соціально-психологічної адаптації, стану перцептивно-когнітивних функцій, психомоторики, активності мислення, а також ступеню адаптованості особи до певних видів фізичних і розумових навантажень. Для відбору на творчі спеціальності поряд з оцінкою якостей уваги, особливостей сприйняття та уяви, здібностей до інсайту, використовують спеціальні методичні прийоми та діагностичні методики, що визначають природні задатки та набуті навички відповідно до обраної професійної спрямованості майбутніх фахівців. Необхідно відмітити, що вплив диференціально-психологічного чинника на формування професійної придатності особи бажано відслідковувати ще на етапах профорієнтації учнів випускних класів школи, оскільки це буде допомагати їм у виборі спеціальності за певним фахом і дозволить попередити розвиток проявів дезадаптованості та психоневрологічних розладів. Слід зауважити, що наявність у особи певних особистісних рис (темпераментальні характеристики, рівень вербального та невербального інтелекту, емоційно-вольовий тонус, комунікабельність, здатність до швидкого прийняття нестандартних рішень та інші властивості в структурі особистості) виступає у подальшому в якості своєрідних тригерів та мотиваційних детермінант успішної професійної діяльності.

Індивідуально-психофізіологічні чинники безперечно є провідними в контексті теоретико-методологічних засад формування професіоналізму. Міцним теоретичним та експериментальним фундаментом для вищезазначеної парадигми виступають насамперед концептуальні положення відносно генезу природних індивідуально-психологічних відмінностей між людьми, які базуються на своєрідних, притаманних для кожної особи особливостей щодо основних властивостей центральної нервової системи [4,5,6,10,16]. Генетично-детерміновані основні властивості нервової системи особи (збудливість, сила, лабільність, рухливість нервових процесів) самі по собі не мають певної професійної

спрямованості, але наявність у особи їх балансу виступає в якості первинного фундаменту, що виступає підґрунтям для надбудови вторинних психологічних властивостей в структурі особистості. Вони мають прояв в конкретних умовах життєдіяльності особи, в певних стресогенних ситуаціях і тому набувають спеціального професійного сенсу при реалізації різних складних форм психічної діяльності. Наявність індивідуальних варіацій основних властивостей нервової системи визначають ті психологічні особливості особи, які суттєво впливають на способи та успішність опанування індивідом певними професійними знаннями та вміннями.

Психофізіологічні особливості людини відіграють провідну роль у забезпеченні професійної придатності та надійності осіб, які виконують роботу в умовах підвищеної небезпеки, що знайшло відбиток у численних наукових працях знаних українських вчених – А. І. Гоженко, О. М. Кокуна, В. С. Лизогуба, М. В. Макаренко, В. В. Плохих, Е. М. Псядлю, С. І. Табачнікова, Л. М. Шафрана та інших [7,10,11,12,13,15]. Традиційним стало проведення Всеукраїнських науково-практичних конференцій на базі Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького «Індивідуальні психофізіологічні особливості людини та професійна діяльність». Найбільш вагомий внесок в розробку вищевказаного наукового напрямку було здійснено відомими професорами М. В. Макаренко і В. С. Лизогубом, їх наукові праці (2003 – 2023 рр.) стали науково-методологічним підґрунтям для подальших досліджень актуальної проблеми визначення професійної придатності осіб з врахуванням їх індивідуально-типологічних особливостей, розробка якої успішно продовжується вітчизняними науковими школами Києва, Черкас, Дніпра, Львова, Луцька, Одеси, Сум, Харкова та інших міст України.

У розвинених країнах світу проблему «людського фактору» на виробництві вирішують за допомогою психофізіологічного відбору, кінцевим результатом якого є висновок психофізіологічної експертизи. Так, у США при Міністерстві праці створено 1200 Державних центрів з профорієнтації та професійного відбору і щороку обстеження в них проходять більш як 1 млн. працездатних американців. Психофізіологічна експертиза сьогодні не тільки є важливим науковим напрямом, а й складовою інтегрального комплексу первинної психогієни, психопрофілактики та забезпечення професійної надійності, збереження здоров'я та трудового довголіття працюючих громадян. Трудову діяльність, яка пов'язана з управлінням наземним, підземним, повітряним та водним транспортом відносять до робіт, що виконуються в умовах підвищеної небезпеки, а відтак для представників цих професій здійснюють психофізіологічну експертизу в рамках професійного відбору.

Важливо підкреслити пріоритетність опрацювання проблеми професійної надійності працівників транспорту представниками наукових шкіл м. Одеса, що підтверджується виданням заснованого в 2005 році наукового журналу «Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище, професійне здоров'я, патологія» (Головний редактор проф. А. І. Гоженко; науковий редактор проф. Л. М. Шафран). Творча наснага вельми поважних видавців зазначеного журналу забезпечує високий науковий та методичний рівень подальшої розробки негайних практичних питань безпеки транспорту та збереження здоров'я працездатного населення, які вирішуються сьогодні на міждисциплінарному рівні

Акумулюючи результати приведених досліджень за обраною тематикою **метою статті** є зазначення теоретико-методологічних засад становлення професіоналізму та окреслення значення економічного, диференціально-психологічного та індивідуально-психофізіологічного чинників для визначення придатності осіб для виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки.

Виклад основного матеріалу. На базі Медичного центру «ВІВАМЕД» протягом десяти років здійснюється професійний відбір працівників морського транспорту і за цей термін часу комплексне обстеження для визначення професійної придатності здійснено у понад 3000 осіб зрілого віку. В рамках професійного відбору за певною Програмою проведено психофізіологічне обстеження, яке реалізовано нами в якості лікаря-

психофізіолога першої категорії. Психофізіологічне обстеження працівників морського транспорту проведено згідно до Програми, яка була розроблена та затверджена Головним навчально-методичним центром (ГНМЦ). Держгірпромнагляду України за участі фахівців кафедри авіаційної, морської медицини та психофізіології Української військово-медичної академії та профільних науково-дослідних інститутів АМН і МОЗ. Протоколи обстеження кожної особи в реальному вимірі часу передавались ГНМЦ (м. Київ) і за отриманими результатами комп'ютеризованого психофізіологічного обстеження певний працівник отримував заключення, в якому зазначалась професійна придатність індивіда до виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки за певною градацією (не годен; умовно годен). Статистична обробка отриманих в Медичному центрі «ВИВАМЕД» індивідуальних показників психофізіологічного стану обстежених осіб для висновку відносно професійної придатності працівника проводилася в ГНМЦ за спеціальною методикою.

В якості конкретного приклада запроваджені психофізіологічної експертизи наводимо результати оцінки професійно важливих якостей у операторів морського транспорту за обраними психофізіологічними показниками, які були визнаними придатними до виконання професійних обов'язків (в окремій вибірці - 92 особи). Фактичні дані згідно до переліку психофізіологічних показників за їх середнім значення (М) з похибкою при довірчій ймовірності 99,7 були такими: 1. Сенсомоторні реакції $51,10 \pm 0,25$. 2. Середнє значення за показником уваги $49,71 \pm 0,60$. 3. Швидкість переключення уваги $49,24 \pm 0,93$. 4. Пам'ять (зорова та слухова) $42,28 \pm 0,72$. 5. Емоційна стійкість та відчуття тривоги $49,37 \pm 0,66$. 6. Стійкість до впливу стресів $49,3 \pm 0,66$. 7. Ознаки втоми $49,62 \pm 0,66$. 8. Орієнтація у просторі $48,53 \pm 0,99$. 9. Реакція на об'єкт, який рухається $50,45 \pm 0,99$. 10. Здатність приймати рішення та дії в екстремальних умовах $47,50 \pm 0,78$. 11. Стійкість до моногонії $49,35 \pm 1,08$.

Звертає на себе увагу аналогічність середнього значення отриманих показників, які визначають стійкість до впливу стресів і наявність ознак втоми. Встановлено, що інтегральний показників за середнім його значенням в групі осіб, що були визнаними «годними» до виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки склав $49,83 \pm 0,58$ ум. од. Окремо проаналізовано отримані фактичні дані психофізіологічного обстеження за вищевказаними показниками в групі осіб, яких було рекомендовано не допускати до робіт, що пов'язані з підвищеною небезпекою. Інтегральний показник у цій групі обстежених (32 особи у вибірці) склав за середнім його значенням $42,19 \pm 0,67$ ум. од., що свідчить про його вірогідну відмінність у порівнянні з інтегральним показником в групі осіб, які були визнаними придатними до виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки. В результаті проведеного психофізіологічного обстеження операторів морського транспорту, статистичної обробки фактичних даних та аналізу отриманих результатів було отримано висновок (прерогатива ГНМЦ) про придатність або непридатність особи до виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки. Маємо підкреслити, що проведена психофізіологічна експертиза є зручним та надійним інструментом для здійснення правомірного професійного відбору.

В теперішній час успішно продовжується опрацювання системи професійного відбору працівників, які мають виконувати роботу в умовах підвищеної небезпеки. Відомі вітчизняні науковці Л. М. Шафран та Е. М. Псядло склали загальний для всіх операторів транспорту перелік професійно важливих якостей (ПВЯ), що містить 70 окремих елементів, які розподілені на 4 класи та 12 груп [13]. Перший клас ПВЯ включає три групи моторних якостей (локомоторні, нейродинамічні, психомоторні), другий клас ПВЯ – це види сприйняття та якості уваги (сенсорні, перцептивні, атенційні), до третього класу належать три групи когнітивних якостей (мнемічні, імажинативні, інтелектуальні), а четвертий клас ПВЯ складають три групи характерологічних якостей (вольові, емоційні, комунікативні). Слід погодитися з думкою вищевказаних вчених, що провідне значення для забезпечення оптимальної операторської діяльності мають психомоторні якості особи. Власні наукові праці доводять наявність високого рівня взаємозв'язків між психомоторними якостями особи

і перцептивно-когнітивними функціями особи [3]. Послідовна детальна схема проведення процедури комп'ютерного професійного відбору операторів на транспорті наведена Е. М. Псядло у окремій публікації і той же випуск журналу «Актуальні проблеми транспортної медицини» надає методичну базу розширеного психологічного та психофізіологічного обстеження операторів залізничного транспорту за авторством львівських науковців [13].

В останнє десятиріччя чимало науковців, що працюють в галузі гігієни та професійної патології праці отримали науковий ступінь за вказаною спеціальністю; їх дисертаційні дослідження були присвячені визначенню психофізіологічних особливостей спортсменів високої кваліфікації, у операторів авіаційного профілю, судноводіїв, пожежних-рятувальників, операторів-радіографістів та у фахівців інших ризиконебезпечних професій.

Визнано, що найбільш вагомий вплив на психофізичний стан особи має емоційний інтелект та особливості стрес-реактивності і відомо, що розумова працездатність та формування стресостійкості особи в екстремальних умовах залежать від індивідуально-типологічних особливостей особистості [1,2,4]. У монографії «Фізіологія, біохімія і психологія стресу» за авторством детально викладені механізми реалізації різних видів стресу і зокрема хронічного емоційного стресу від якого сьогодні потерпають всі версти населення України.

Актуальність подальшої розробки проблеми психофізіологічного забезпечення професійної діяльності не викликає сумнівів і вона набула в останні роки першорядного медико-соціального значення. Професійного відбір для фахівців соціально-значущих професій бажано здійснювати ще до початку їх професійної діяльності і проводити його в якості супроводу в системі психологічного та психофізіологічного забезпечення роботи працівників в умовах підвищеної небезпеки.

В дійсний час актуалізована необхідність проведення психодіагностичних та психофізіологічних обстежень для своєчасного виявлення стрес індукованих психоневрологічних розладів з метою розробки індивідуально-орієнтованих заходів психотерапевтичної допомоги особам, які зазнали психотравмуючих подій. Психодіагностична експертиза, яка здійснюється в рамках системи професійного відбору, охоплює собою наукову, організаційну та правову сфери суспільства. Її проведення вирішує низку важливих задач, які пов'язані зі збереженням професійного здоров'я працівників соціально-значущих професій, а також забезпечує економічні та екологічні ефекти в сучасному суспільстві, а це дозволяє зекономити людські, фінансові та матеріально-технічні ресурси. Показники професійної надійності суб'єкта діяльності є основними з погляду на безпеку та безаварійність праці в умовах підвищеної небезпеки. Надійність операторської діяльності визначається сукупністю професійних, технічних та організаційних факторів, але з позицій визначення придатності особи до виконання певного виду професійної діяльності головними детермінантами виступають психофізіологічні особливості особи, які визначають її адаптивні можливості та здатність до прийняття адекватних рішень. А від так проведення психофізіологічної експертизи в рамках системи професійного відбору дозволяє здійснювати прогнозування поведінки особи в екстремальних умовах праці та надає можливість попередити негативні наслідки можливих неадекватних дій суб'єкта діяльності.

Висновки. Отже, у формуванні професійної придатності певних категорій осіб до виконання робіт в умовах підвищеної небезпеки провідними чинниками виступають суто індивідуалізовані психофізіологічні детермінанти, які визначають придатність особи до виконання різних видів професійної діяльності в стресогенних умовах праці, а тому у їх визначенні провідна роль належать реалізації адекватних заходів професійного відбору за методологією організації психофізіологічної експертизи. Визначення професійної, функціональної та медичної надійності працівників соціально-важливих галузей залишається перспективним науковим напрямом, який має суттєве теоретичне і прикладне значення в плані вирішення актуальних проблем сьогодення. В цьому сенсі проведення психодіагностичних обстежень та психофізіологічної експертизи в рамках професійного

відбору дозволяє успішно вирішувати проблему прогнозування професійної придатності особи до виконання необхідної професійної діяльності в умовах підвищеної небезпеки праці та в екстремальних ситуаціях сучасності.

Список використаної літератури

1. Аралова Н.І. Комплекс інформаційної підтримки дослідження надійності роботи оператора систем неперервної взаємодії в умовах підвищеної ситуаційної напруги // Наука та інновації. 2016. Т. 12, № 2. С. 15—25.
2. Бринза І.В., Ільхіна Е.Л. Професійний стрес та чутливість до кризи осіб морських професій. Зб. наук. праць. Ізмаїл: РВВ ІДГУ. 2019. С. 12-16.
3. Дегтяренко Т.В. Взаємозв'язок між показниками які характеризують ступінь порушень перцептивно-когнітивних і психомоторних функцій. /Експериментальна і клінічна медицина. №2 (71). 2016. С 69-72.
4. Дегтяренко Т. В. Онтологія визначення основних властивостей нервової системи людини в концепті розробки проблеми індивідуальності. Український журнал медицини, біології та спорту. 2018. Том 3, 5(14). С. 266–274.
5. Дегтяренко-Мельник Т.В., Бринза І.В. Психофізіологія рухової діяльності. Навч. посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності: 053 Психологія. Вид. «Сфінкс». Одеса. 2024. 380 с.
6. Дегтяренко Т. В., Долгієр Є. В. Медико-педагогічний контроль у фізичному вихованні та спорті. Одеса: Атлант ВОІ СОІУ, 2018. 282 с.
7. Кокун О.М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності: монографія. К.: Міленіум, 2004. 265 с.
8. Кондратюк С. М. Прояв психомоторики у різних типах професій. Проблеми сучасної психології. 2014. Випуск 24. С. 405–417.
9. Коритко З.І. Медико-біологічні основи рухової активності. Навч. посіб. Львів: ЛДУФК ім. Боберського. 2020. 223 с.
10. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Безкопильний О.П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. Черкаси. 2014. 102 с.
11. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми. Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України Київ, 2006. – 395 с. –29.
12. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини: монографія. Черкаси: Вертикаль, 2011. 256 с.
13. Псядло Е. М. Використання комп'ютеризованого профвідбору операторів на транспорті /Актуальні проблеми транспортної медицини №1, 2005. С 71-76.
14. Сапельнікова Т. Пам'ять як фактор надійності операторської діяльності. Вісник Львівського університету. Серія психологічні науки. 2021. Випуск 8. С. 143–149.
15. Degtyarenko T. V., Yagotin R. S., V. F. Kodzhebash Psycho-motility of a person in the context of its psychophysiological support and genetic determination. Journal of Physical Education and Sport (JPES) 19 (3), Art. 221, 2019. pp. 1526–1531.
16. Dehtiarenko, T. V., Brynza, I. V. & Yahotin R. S. Psychomotorics & Individuality: monograph. Sherman Oaks, California: GS Publishing Services, 2024. 412 p.

References

1. Aralova N.I. The complex of information support for the study of the reliability of the operator of continuous interaction systems under conditions of increased situational tension. // Science and innovation. 2016. Vol. 12, No. 2. P. 15-25.
2. Brynza I.V., Ilykhina E.L. Professional stress and crisis sensitivity of maritime professions. Coll. of science works Izmail: RVV IDGU. 2019. P. 12-16.
3. Degtyarenko T.V. The relationship between indicators that characterize the degree of perceptual-cognitive and psychomotor function disorders. /Experimental and clinical medicine. 2 (71). 2016. P. 69-72.
4. Degtyarenko T. V. Ontology of defining the main properties of the human nervous system in the concept of developing the problem of individuality. Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports. 2018. Volume 3, 5(14). P. 266–274.
5. Degtyarenko-Melnyk T.V., Brynza I.V. Psychophysiology of motor activity. Education guide for applicants of higher education, specialty: 053 Psychology. View. "Sphinx". Odesa. 2024. 380 p.
6. Degtyarenko T.V., Dolgier E.V. Medical and pedagogical control in physical education and sports. Odesa: Atlant VOI SOIU, 2018. 282 p.
7. Kokun O.M. Optimizing a person's adaptive capabilities: the psychophysiological aspect of ensuring activity: a monograph. K.: Millennium, 2004. 265 p.
8. Kondratyuk S. M. Manifestation of psychomotor skills in different types of professions. Problems of modern psychology. 2014. Issue 24. P. 405–417.
9. Korytko Z.I. Medical and biological bases of motor activity. Education manual Lviv: LDUFK named after Bobersky. 2020. 223 p.

10. Makarenko M.V., Lyzogub V.S., Bezcopylniy O.P. Methodical instructions for the workshop on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. Cherkasy. 2014. 102 p.
11. Makarenko M.V. Basics of professional selection of military specialists and methods of studying individual psychophysiological differences between people. Institute of Physiology named after O.O. Bogomolets National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2006. – 395 p. -29.
12. Makarenko M.V., Lyzogub V.S. Ontogeny of psychophysiological functions of man: monograph. Cherkasy: Vertical, 2011. 256 p.
13. E. M. Psiadlo. The use of computerized professional selection of transport operators. /Current problems of transport medicine No. 1, 2005. P 71-76.
14. Sapielnikova T. Memory as a factor in the reliability of operator activity. Bulletin of Lviv University. Psychological sciences series. 2021. Issue 8. P. 143–149.
15. Degtyarenko T. V. Yagotin R. S., V. F. Kodzhebash Psycho-motility of a person in the context of its psychophysiological support and genetic determination. Journal of Physical Education and Sport (JPES) 19 (3), Art. 221, 2019. pp. 1526–1531.
16. Dehtiarenko, T. V., Brynza, I. V. & Yahotin R. S. Psychomotorics & Individuality: monograph. Sherman Oaks, California: GS Publishing Services, 2024. 412 p.

Degtyarenko-Melnyk T.

Relevance of further development of the problem of professional reliability in the context of psychophysiological examination

The article considers the problem of the relevance of further research on the professional suitability of certain categories of persons to perform work in conditions of increased danger. Ensuring a high level of performance of professional tasks by specialists of various profiles under the condition of preserving their physical and mental health is of significant socio-economic and preventive medical importance, and in view of today's extreme situations, its further development in the context of professional fitness becomes decisive.

*The **purpose** of the article is to indicate the theoretical and methodological foundations of the formation of professionalism and to outline the importance of economic, differential-psychological and individual-psychophysiological factors for determining the suitability of persons to perform work in conditions of increased danger.*

***Research methodology.** The methods of theoretical analysis, comparison, comparison, systematization and generalization are applied.*

***Scientific novelty.** The article outlines that the leading factors of professional fitness are purely individualized psychophysiological determinants that determine a person's fitness to perform various types of professional activities in stressful working conditions. In their determination, the leading role belongs to the implementation of adequate measures of professional selection according to the methodology of the organization of psychophysiological examination.*

***Conclusions.** It has been proven that conducting psychodiagnostic examinations and psychophysiological examination as part of professional selection allows to successfully solve the problem of predicting the professional suitability of a person to perform the necessary professional activity in conditions of increased occupational hazard and in extreme situations of modern times. It is noted that the definition of professional, functional and medical reliability of workers in socially important industries remains a promising scientific direction, which has significant theoretical and applied significance in terms of solving current problems today.*

***Keywords:** professional reliability, reliability forecasting, psychophysiological examination, stressful working conditions, conditions of increased occupational hazard.*

Одержано редакцією: 03.10.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 796.015.68:796.071.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-29-34

Ільїн Володимир Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

ilyin_nufvsu@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7140-0659>**Філіппов Михайло Михайлович**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

filmish@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5096-7445>**Виноградов Валерій Євгенович**

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

masterv1390@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1168-5557>

ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У СПОРТСМЕНІВ БЕЗ ОЗНАК ТА З ОЗНАКАМИ ХРОНІЧНОЇ ВТОМИ

Стаття присвячена вивченню особливостей забезпечення фізичної працездатності у спортсменів з без і з ознаками хронічної втоми (ХВ). В обстеженнях взяли участь 22 спортсмени – легкоатлети, члени збірних команд України з бігу на довгі дистанції, які були розділені на дві групи: перша – 12 спортсменів без ознак ХВ, друга – 10 спортсменів з ознаками початкового і сильного ступеня ХВ. Зміст досліджень включав: визначення газового складу видихуваного і альвеолярного повітря, легеневої вентиляції і її компонентів в процесі роботи на велоергометрі з похвилинно-поступово-зростаючою потужністю від 50 до 250 Вт протягом 5 хв і в період відновлення. Розраховували внесок аеробних і анаеробних компонентів в енергообміні. Визначено, що потужність аеробних процесів у спортсменів без ознак ХВ на 10,3 % була вищою, ніж у спортсменів з ознаками ХВ. В той же час потужність анаеробних процесів у них на 11,9 % була нижчою. Кисневий запит на роботу, її киснева вартість, кисневий борг (алактатна та лактатна його фракції) у спортсменів без ознак ХВ були достовірно нижчими, ніж у спортсменів з такими ознаками, але відсоткові співвідношення кисневого запиту на роботу й кисневого боргу у них були практично однакові. У спортсменів з ознаками ХВ спостерігалось збільшення відносного внеску анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму.

Ключові слова: фізична працездатність, спортсмени, хронічна втома, аеробний та анаеробний енергообмін.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Сучасний спорт високих досягнень – це сфера діяльності, в якій організм спортсмена піддається екстремальним фізичним та психологічним впливам [1]. Безмежне збільшення фізичних та емоційних навантажень при цьому не є раціональним, бо негативно впливає на їх здоров'я [2].

В умовах інтенсивних тривалих тренувальних та змагальних навантажень у спортсменів можуть виникати стани, які характеризуються перенапругою функціональних систем організму. Це може призвести до розвитку перетренованості та переходу сприятливих адаптивних реакцій у передпатологічні та навіть патологічні зміни [2]. В результаті перенапруги та перетренованості може проявлятися низка розладів, які знаходяться на порозі хворобливих станів. При цьому відбуваються функціональні, а іноді й органічні зміни в організмі, які призводять до значного та довготривалого зниження працездатності, розвитку гострого та хронічного стомлення [3]. Показано, що у спортсменів високої кваліфікації розвиток гострих та хронічних форм втоми в умовах тривалих

інтенсивних фізичних та психічних навантажень може сформуватись синдром хронічної втоми (ХВ) [4].

Цьому явищу передують ранні зміни фізичного, психофізіологічного та психічного стану спортсмена. Це свідчить про необхідність постійного контролю за функціональним станом спортсменів на тлі інтенсивних, об'ємних тренувальних навантажень. При появі ранніх ознак ХВ, якщо не ввести корективи в тренувальний процес, можуть виникнути серйозні багатофункціональні зміни в тканинах опорно-рухового апарату, серцевому м'язі та інших органах і системах. Виявлення цих змін може сприяти виділенню груп ризику та розробці методів профілактики ХВ на основі корекції тренувальних навантажень [5].

Тому є досить актуальною і необхідною розробка системи контролю та пошук індикаторів погіршення функціонального стану організму спортсменів, що спрямовані на виявлення ранніх ознак ХВ та оцінку ефективності методів їх корекції.

Організація та методи досліджень. В обстеженнях взяли участь 22 спортсмени – легкоатлети, члени збірних команд України з бігу на середні і довгі дистанції (кваліфікація МС і МСМК).

Під час досліджень спортсмени були розділені на дві групи. Першу групу склали 12 спортсменів (3 жінки, 7 чоловіків, середній вік $22,9 \pm 2,84$ років) без ознак ХВ, у другу ввійшли 10 спортсменів (2 жінки, 8 чоловіків, середній вік $23,1 \pm 2,76$ років) у яких були ознаки вираженого і сильного ступеню ХВ.

Фізичну працездатність визначали методом велоергометрії. Обстежувані виконували стандартну роботу східчасто-зростаючої потужності, яка щохвилини підвищувалась на 50 Вт до досягнення 250 Вт. Використовувалася наступна схема дослідження: спокій – 5 хв, навантаження – 5 хв, відновлення – 10 хв. Газовий склад вдихуваного та видихуваного повітря визначали за допомогою мас-спектрографа МХ 6202 (Україна), легеневу вентиляцію – волюметра 45084 (Німеччина). Оцінювали показники потужності, ємності, ефективності функціональних (дихальної та серцево-судинної) та енергетичних (аеробних та анаеробних) систем. За даними газоспірометрії визначали максимальне споживання кисню (МСК, л/хв).

Результати досліджень. Тестування фізичної працездатності показало (табл.1), що у спортсменів з ознаками ХВ середні по групі розрахункові величини абсолютного й питомого МСК були нижче належних величин.

Таблиця 1

Показники фізичної працездатності у спортсменів з і без ознак ХВ

Показники	З ознаками ХВ (n = 10)	Без ознак ХВ (n = 12)
O ₂ вартість роботи, л	8,965 (7,943; 9,011)	7,674 (7,217; 8,015)*
O ₂ запит на роботу, л	5,843 (4,936; 7,034)	5,046 (4,151; 5,712)*
O ₂ вартість відновлення, л	3,010 (2,438; 3,866)	2,512 (1,835; 3,012)*
Алактатний O ₂ борг, л	2,034 (1,895; 2,701)	1,632 (1,009; 2,183)*
Лактатний O ₂ борг, л	1,025 (0,894; 1,305)	0,701 (0,389; 0,756)*
O ₂ запит на роб.у % від заг. варт.	65,3 (48,5; 76,3)	67,2 (48,8; 81,2)
O ₂ ст. відновл. у% від заг.варт.	34,8 (26,5; 51,6)	31,3 (20,9; 54,3)
МСК, л/хв	4,168 (3,435; 4,721)	4,736 (3,876; 5,197)
МСК питоме, мл/хв/кг	59 (48; 65)	68 (56; 75)
МСК/належне МСК, %	93,6 (85,2; 98,9)	102,9(98,5; 104,9)
Анаер. потужн., ккал	58,5 (52,3; 67,6)	52,3 (47,1; 59,5)*
Пит. анаер. потужн., ккал/кг	0,93 (0,82; 0,97)	0,79 (0,67; 0,86)**
Аер. потужн., ккал	65,2 (53,46; 70,37)	71,9 (61,14; 82,24)*

Продовження таблиці 1

Пит. аер. потужн., ккал/кг	0,94 (0,75; 1,03)	1,04(0,87; 1,19)*
----------------------------	-------------------	-------------------

Примітки: n – кількість обстежень; медіана (1; 3 кватили); * – відмінність на рівні $p < 0,05$; ** – відмінність на рівні $p < 0,01$; вірогідність відмінностей визначалася за допомогою непараметричного рангового критерію

Значення питомих анаеробних і аеробних характеристик потужності організму у таких спортсменів відповідали середньому функціональному класу як за ємністю анаеробної працездатності так і за ефективністю аеробної працездатності [1].

Виявлено, що у спортсменів без ознак ХВ відзначалася менша киснева вартість роботи (O₂ вартість) внаслідок зниження кисневого запиту (O₂ запиту) на роботу і кисневого боргу (O₂ вартість відновлення), що свідчило про підвищення економічності реагування організму на фізичне навантаження. МСК практично досягло належних значень. Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів був вищим за середній.

Потужність аеробних процесів у спортсменів без ознак ХВ була вищою, ніж у спортсменів з ознаками ХВ на 10,3 %. В той же час потужність анаеробних процесів була нижчою на 11,9 % (рис. 1).

Можливо, це було пов'язано з тим, що на тлі зниження потужності аеробних процесів у спортсменів з ознаками ХВ в якості компенсації енергетичних потреб підвищується потужність анаеробних процесів.

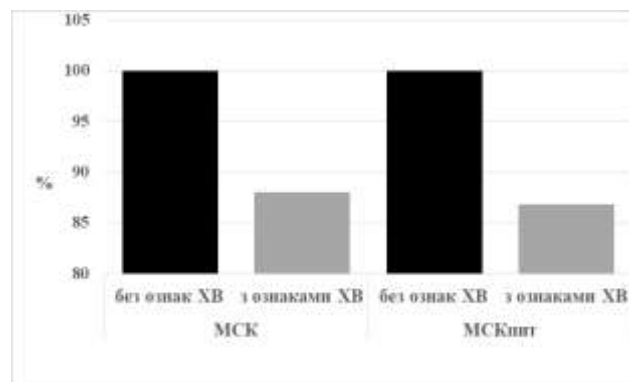


Рис.1. Зміни потужності анаеробних і аеробних процесів у відсотках у спортсменів без і з ознаками ХВ.

МСК і МСК питоме у спортсменів без ознак ХВ також були вищими відповідно на 12,0 % і 13,2 % (рис. 2).

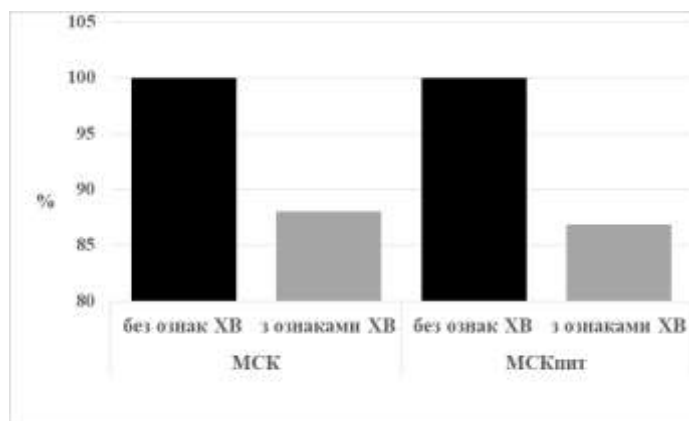


Рис. 2. Зміни МСК у відсотках у спортсменів без і з ознаками ХВ

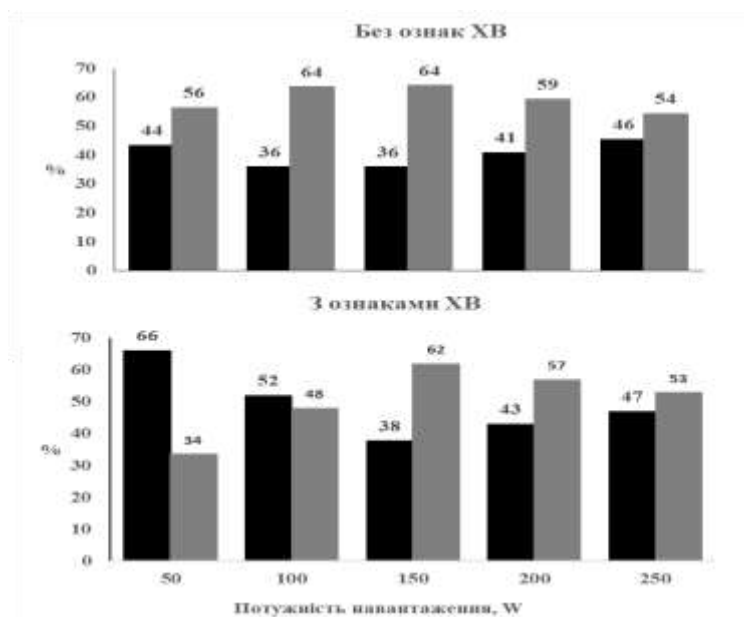
Рівень функціонального класу за потужністю аеробної працездатності в цих спортсменів був вищим за середній. Значення абсолютних і питомих анаеробних і аеробних потужностей організму відповідали за ємністю анаеробній працездатності та ефективності аеробної працездатності високому функціональному класу.

За ємністю анаеробної працездатності й ефективності аеробної працездатності у спортсменів з ознаками ХВ функціональні класи відповідали середнім рівням.

O_2 вартість роботи, O_2 запит, O_2 вартість відновлення, алактатна і лактатна фракції O_2 боргу у спортсменів без ознак ХВ були достовірно нижче, але відсоткові співвідношення O_2 запиту на роботу й O_2 вартості відновлення від загальної O_2 вартості роботи у них були практично однакові (табл. 1).

Це підтверджують дані про збільшення відносного внеску анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму спортсменів з ознаками ХВ (рис. 3).

Рис. 3. Співвідношення аеробного й анаеробного компонентів енергетичного метаболізму у спортсменів без і з ознаками ХВ в динаміці велоергометричного навантаження.



Примітки: ■ – анаеробний компонент; ■ – аеробний компонент

Обговорення. Для спортивного тренування характерна наявність стомлення навіть без істотних змін працездатності. Саме такі стани «прихованого» стомлення мають найбільшу питому вагу серед усіх інших станів, тому керування такими станами і є найважливішим завданням регулювання режимів тренувальних навантажень кваліфікованих спортсменів. В основі змін, пов'язаних із «прихованим» стомленням, лежать фактори ефективності регуляції функцій, що притамані для даного виду діяльності. Тому їх вивчення може надати нові можливості оцінювання стану втоми та його корекції [5]. Найбільш актуальним це може бути для видів спорту з високою витратою енергії, в яких максимальні межі енерговитрат є одним із найважливіших факторів спеціальної працездатності.

У ряді робіт вказується на чіткий зв'язок синдрому ХВ із погіршенням фізичного стану, зниженням працездатності [6, 7]. У той же час є дані, щодо відсутності достовірної кореляції між наявністю синдрому ХВ та ступенем зниження фізичного стану та працездатністю [8, 9].

В цьому аспекті є цікавими отримані в нашому дослідженні дані про те, що у спортсменів з ознаками ХВ знижена потужність аеробної працездатності на тлі підвищеної потужності анаеробних процесів. Внаслідок цього у таких спортсменів збільшується відносний внесок анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму, що

допомагає зберігати їх фізичну працездатність на достатньо високому рівні але за рахунок меншої економічності реакцій організму на фізичне навантаження (феномен «прихованого» стомлення). Ці зміни в перебудові енергетичного забезпечення фізичної працездатності можна розглядати як один з механізмів компенсації енергетичних потреб організму спортсменів з ознаками ХВ, а також рекомендувати як один з інформативних показників формування ХВ.

Висновки

1. Потужність аеробних процесів у спортсменів без ознак ХВ була вища, ніж у спортсменів з ознаками ХВ на 10,3 %. В той же час потужність анаеробних процесів була нижчою на 11,9 %.

2. Киснева вартість роботи, кисневий запит на роботу, киснева вартість відновлення, алактатна та лактатна фракції O_2 боргу у спортсменів без ознак ХВ були достовірно нижче, чим у спортсменів в ознаками ХВ, але відсоткові співвідношення O_2 запиту на роботу й O_2 боргу від загальної вартості роботи у них були практично однакові.

3. У спортсменів з ознаками ХВ спостерігається збільшення відносного внеску анаеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму.

Список використаної літератури

1. Ровний А.С., Ільїн В.М., Лізогуб В.С., Ровна О.О. Фізіологія спортивної діяльності. Харків: ХНАДУ, 2015. 556 с. ISBN 978-617-7492-20-6
2. Steinacker J. M., Lehman M. (2002). Clinical findings and mechanisms of stress and recovery in athletes. *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* / ed. by M. Kellman. Champaign, IL: Human Kinetics. 103–118.
3. Ilyin V., Filippov M., Vynohradov V. (2024) Prevalence of chronic fatigue and chronic fatigue syndrome in ukrainian elite athletes: results from a population-based study. *Вісник Черкаського університету: серія біологічні науки* (1). 7-17. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-7-17>
4. Jaffee M. S., Winter W. C., Jones, C. C. Ling G. (2015). Sleep sturbances in athletic concussion. *Brain Injury*. 29 (2). 221–227. doi:10.3109/02699052.2014.983978
5. Vynohradov V., et al. (2022) "Influence of Taping on Athletes' Psychomotor Abilities in Sprint." *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(2), 446-456. doi:10.14198/jhse.2022.172.19
6. Blackwood S. K., MacHale S. M., Power M. J., Goodwin G. M., Lawrie S.M. (1998). Effects of exercise on cognitive and motor function in chronic fatigue syndrome and depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. (65). 541–546. doi:10.1136/jnnp.65.4.541
7. Paul L., Wood L., Behan W.M., Maclaren W.M. (1999). Demonstration of delayed recovery from fatiguing exercise in chronic fatigue syndrome. *European Journal of Neurology*. (6). 63–69. doi:10.1046/j.1468-1331.1999.610063.x
8. Bazelmans E., Bleijenberg, van der Meer J.W., Folgering H. (2001). Is physical deconditioning a perpetuating factor in chronic fatigue syndrome? A controlled study on maximal exercise performance and relations with fatigue, impairment and physical activity. *Psychological Medicine*. (31). 107–114. doi:10.1017/s0033291799003189
9. White P., Thomas J., Kangro H., Bruce-Jones W., Amess J., Crawford D., Grover S., Clare A. (2001). Predictions and associations of fatigue syndromes and mood disorders that occur after infectious mononucleosis. *Lancet*. (9297). 1946-54. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06961-6.

References

1. Rovniy A.S., Ilyin V.M., Lizogub V.S., Rovna O.O. (2015). *Physiology of sports activity X.*, KHNADU, 556 p. (in Ukrainian) ISBN 978-617-7492-20-6
2. Steinacker J. M., Lehman M. (2002). Clinical findings and mechanisms of stress and recovery in athletes. *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* / ed. by M. Kellman. Champaign, IL: Human Kinetics. 103–118.
3. Ilyin V., Filippov M., Vynohradov V. (2024) Prevalence of chronic fatigue and chronic fatigue syndrome in ukrainian elite athletes: results from a population-based study. *Visnyk Cherkas'koho universytetu: seriya biolohichni nauky*. (1). 7-17. <https://doi.org/10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-7-17>
4. Jaffee M. S., Winter W. C., Jones, C. C. Ling G. (2015). Sleep sturbances in athletic concussion. *Brain Injury*. 29 (2). 221–227. doi:10.3109/02699052.2014.983978
5. Vynohradov V., et al. (2022) "Influence of Taping on Athletes' Psychomotor Abilities in Sprint." *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(2), 446-456. doi:10.14198/jhse.2022.172.19
6. Blackwood S. K., MacHale S. M., Power M. J., Goodwin G. M., Lawrie S.M. (1998). Effects of exercise on cognitive and motor function in chronic fatigue syndrome and depression. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. (65). 541–546. doi:10.1136/jnnp.65.4.541
7. Paul L., Wood L., Behan W.M., Maclaren W.M. (1999). Demonstration of delayed recovery from fatiguing exercise in chronic fatigue syndrome. *European Journal of Neurology*. (6). 63–69. doi:10.1046/j.1468-1331.1999.610063.x

8. Bazelmans E., Bleijenberg, van der Meer J.W., Folgering H. (2001). Is physical deconditioning a perpetuating factor in chronic fatigue syndrome? A controlled study on maximal exercise performance and relations with fatigue, impairment and physical activity. *Psychological Medicine*. (31). 107–114. doi:10.1017/s0033291799003189
9. White P., Thomas J., Kangro H., Bruce-Jones W., Amess J., Crawford D., Grover S., Clare A. (2001). Predictions and associations of fatigue syndromes and mood disorders that occur after infectious mononucleosis. *Lancet*. (9297). 1946-54. doi: 10.1016/S0140-6736(01)06961-6.

Ilyin V.M., Filippov M.M., Vinogradov V.E.

Features of physical performance in athletes without and with signs of chronic fatigue

The article is devoted to the study of the peculiarities of physical performance in sportsmen without and with signs of chronic fatigue (CF). The examinations were attended by 22 athletes - track and field athletes, members of the national teams of Ukraine in long-distance running, who were divided into two groups: the first - 12 athletes without signs of CF, the second - 10 athletes with signs of initial and severe CF. The content of the research included: determination of the gas composition of exhaled and alveolar air, pulmonary ventilation and its components during work on a bicycle ergometer with minute-by-minute gradually increasing power from 50 to 250 W for 5 minutes and during the recovery period. The contribution of aerobic and anaerobic components to energy metabolism was calculated. It was determined that the power of aerobic processes in sportsmen without signs of CF was 10.3% higher than in sportsmen with signs of CF. At the same time the power of anaerobic processes in them was by 11,9 % lower. The oxygen demand for work, its oxygen cost, oxygen debt (alactate and lactate fractions) in sportsmen without signs of CF were significantly lower than in sportsmen with such signs, but the percentage ratios of oxygen demand for work and oxygen debt in them were practically the same. In athletes with signs of CF there was an increase in the relative contribution of anaerobic metabolism to the overall energy supply system of the body. Perhaps this was due to the fact that against the background of a decrease in the power of aerobic processes in athletes with signs of CF, the power of anaerobic processes increases as a compensation for energy needs. As a result, the relative contribution of anaerobic metabolism to the overall energy supply system of the body increases in such athletes, which helps to maintain their physical performance at a sufficiently high level, but at the expense of less economical reactions of the body to physical activity (the phenomenon of "hidden" fatigue). These changes in the restructuring of energy supply of physical performance can be considered as one of the mechanisms of compensation of energy needs of the organism of sportsmen with signs of CF, and also recommended as one of the informative indicators of CF formation.

Key words: *physical performance, athletes, chronic fatigue, aerobic, anaerobic and energy metabolism.*

Одержано редакцією: 18.11.24
Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 612.172.2

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-35-42

Каленіченко Олексій Володимирович

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

sport_fizkult@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1863-7109>**Дзюник Іван Сергійович**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

ivandzunik@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-7491-4116>**Федяй Ірина Олександрівна**

Харківська державна академія фізичної культури

razira1983@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7171-1622>**Коваленко Станіслав Олександрович**

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

kovstas@ukr.netORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4631-0464>

ВАРІАБЕЛЬНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ ГЕМОДИНАМІКИ ТА ЇХ СИНХРОНІЗМ У СПОРТСМЕНІВ, ЯКІ ТРЕНУЮТЬ ВИТРИВАЛІСТЬ

Проведені вимірювання на 28 спортсменах видів спорту на витривалість та 29 чоловіків із значенням $RWC170$ вище $1350 \text{ кг}\cdot\text{м}\cdot\text{хв}^{-1}$. Спортсмени, що тривалий час займались аеробними навантаженнями, мали більшу потужність регуляторних коливань ударного об'єму крові (УОК) у діапазоні барорефлексу, ніж чоловіки не спортсмени з високим рівнем фізичної працездатності. Вони також мали суттєві відмінності у структурі дихальної синусової аритмії в спокої, при регламентованому диханні та при ортопробі, в порівнянні з особами такого ж рівня фізичної працездатності, котрі не займались спортивною діяльністю. Зміни УОК на вдиху були вищими у спортсменів, а при ортопробі - їх амплітуда у них зменшувалась. Крос-спектральний аналіз коливань тривалостей інтервалу R-R та УОК показав, що в спокої особи, на яких регулярно діють аеробні навантаження, мають вищий рівень спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж чоловіки із таким же високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортом.

Ключові слова: спортсмени, дихальна синусова аритмія, спонтанна барорефлекторна чутливість

Постановка питання. Синхронізація коливань різних фізіологічних показників може бути характеристикою, що визначає функціональний стан організму людини [0]. Вельми прогностичним для цього є зв'язок повільних хвильових проявів в гемодинаміці представлених дослідженнями спонтанної барорефлекторної чутливості [2, 3] та дихального синхронізму у серцево-судинній системі [4, 5]. Перспективним вбачається визначення як синхронізму між коливаннями показників серцевого викиду, артеріального тиску, тривалості інтервалу R-R (т-R-R) так і впливу зовнішнього дихання на ці характеристики у спортсменів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість наукових робіт присвячена вивченню синхронізації коливань т-R-R та тиску крові в осіб, які займаються різними видами спорту [6, 7]. Показані суттєві відмінності у структурі флуктуацій гемодинаміки у них від неспортсменів. Разом з цим, у популяції здорових людей існує значний розкид значень показників аеробної працездатності, обумовлений генетичними факторами [9]. Однак аналіз особливостей коливань гемодинаміки у молодих людей різного рівня фізичної працездатності, що не займаються систематично фізичними вправами, не здійснювався.

Вельми цікавим було порівняти особливості коливань тривалості інтервалу R-R (т-R-R) та ударного об'єму крові (УОК) у осіб із високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортивною діяльністю, та висококваліфікованих спортсменів, які систематично виконують аеробні вправи. Такі дослідження, на нашу думку, можуть дати відповідь на питання: чим обумовлені характеристики регуляторних коливань гемодинаміки – впливом тривалих навантажень чи певною типологією?

Мета роботи. Дослідження коливань т-R-R та УОК у висококваліфікованих спортсменів видів спорту з переважним розвитком витривалості та у молодих чоловіків з високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються систематичною спортивною діяльністю.

Огляд основного матеріалу дослідження. Методика. Вимірювання проведені на 28 спортсменах видів спорту на витривалість та 29 чоловіків із значенням PWC_{170} вище $1350 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{хв}^{-1}$.

Всі особи брали участь у дослідженнях добровільно, за даними медичного обстеження були практично здоровими, не мали гострих та хронічних захворювань. Перед виконанням завдань вони інформувались відносно мети та задач вимірювань, послідовності та змісту тестових навантажень.

Процедура вимірювань для всіх осіб була стандартною. Проводили інструктаж. Далі на тіло обстежуваного встановлювали електроди та датчики і вкладали його на кушетку, де він відпочивав 10-15 хвилин. Після цього проводили 5-хвилинні записи сигналів від реографа та пневмографа.

Пробу регламентованого дихання з частотою 6 цикл/хв проводили в положенні лежачи 5 хвилин. Ритм дихання задавався словесними командами, записаними на комп'ютер. Пробу починали за 15-20 секунд до початку реєстрації. Через 5-6 хвилин після завершення цього тесту здійснювали активну ортопробу тривалістю 7 хвилин. Потім обстежуваний сідав і через 3-5 хвилин в цьому положенні знову проводили 5-хвилинний запис сигналів.

Фізичне навантаження потужністю 1 Вт на кг ваги тіла виконували впродовж 5 хвилин на велоергометрі TX-1 (HKS, Germany). Через 5 хвилин відпочинку повторювали навантаження потужністю $2 \text{ Вт} \cdot \text{кг}^{-1}$. Визначення рівня фізичної працездатності здійснювали за тестом PWC_{170} .

Сигнали диференційованої ЕКГ, реограми та базового опору, отримували від біопідсилювача PA-5-01 (Київський науково-дослідний інститут радіовимірювальної апаратури) та цифрували через 12-розрядний аналого-цифровий перетворювач ADC-1280 з вхідним діапазоном $\pm 5 \text{ В}$ (Holit Data Systems, Київ). Частота дискретизації – 860 разів за секунду. Цифровані сигнали записували на жорсткий диск комп'ютера для наступного аналізу. Для аналізу сигналів, поставлення на них критичних точок, їх експорту в електронні таблиці використовували розроблену нами програму “Bioscan” [10].

За реограмою грудної клітки визначали ударний об'єм крові за формулою Kubichek W.G. e.a. [11].

Тривалість кожного кардіоциклу розраховували за часовими параметрами найвищої точки зубця R електрокардіограми. Тривалість спіроциклу - за параметрами точки початку вдиху. Часовий ряд, що складався з цих числових даних та відповідних даних ударного об'єму крові експортувався у програму “Caspico” (А.с. України №11262).

Розраховували наступні показники варіабельності та хвильової структури тривалості інтервалу R-R: середнє значення тривалості інтервалу R-R (т-R-R); стандартне квадратичне відхилення тривалості інтервалу R-R (SDNN); HF (0,15-0,4 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні високих частот; LF (0,04-0,15 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні низьких частот; VLF (0-0,04 Гц) – потужність коливань серцевого ритму в діапазоні дуже низьких частот. Загальну потужність спектру (TP) оцінювали за сумою значень VLF, LF та HF.

Крім цього, визначали частоту найбільших за амплітудою піків на спектрограмі в діапазоні низьких (tLF) та високих (tHF) частот. Спектральний аналіз також включав визначення потужності високочастотних коливань у нормалізованих одиницях (HF_{norm}).

Оскільки для серцевого ритму здорової людини характерна суттєва хаотичність, тому для визначення індивідуальних характеристик спектру бажано проводити його оцінку за декількома реалізаціями. Для цього використовували побудову медіанної спектрограми, що здійснювали наступним чином. Індивідуальні спектрограми розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц, в яких визначали потужність спектру. За індивідуальними даними будували таблицю та визначали медіану потужності спектру в кожному з вікон. За цими медіанами і будували графік. Оцінку центральної тенденції вибірок здійснювали за медіаною тому що розподіл показників не був нормальним.

Методика розрахунку показників ритмічної структури УОК дещо відрізнялась від алгоритмів, застосованих для часових рядів т-R-R. Це пояснюється як наявністю шумових явищ при реєстрації цього показника, так і більшою хаотичністю його змін з часом. Так, спочатку здійснювали спектральний аналіз індивідуального часового ряду УОК періодограмним методом та сгладжували отриманий графік до 50 вікон з кроком 0,01 Гц. Далі від усіх значень спектральної потужності в діапазоні від 0 до 0,4 Гц віднімали найменше значення. За отриманими даними визначали потужність спектру УОК в стандартних діапазонах (VLF^{sv} , LF^{sv} , HF^{sv}), та загальну потужність – TP^{sv} , нормалізовану потужність у діапазоні високих частот (HF_{norm}^{sv}) та будували медіанні спектрограми.

Крос-спектральну потужність визначали крос-періодограмним методом у програмі „Statistica for Windows – 5.0” (модуль Times Series/Forecasting). Отримані графіки після корекції меж її елементів у відповідності до середньої тривалості інтервалу R-R розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц. На них визначали амплітуду та частоту найбільшого та найменшого піку в діапазонах 0-0,04 Гц (VLF_{min} , VLF_{max} , $tVLF_{min}$, $tVLF_{max}$), 0,04-0,15 Гц (LF_{min} , LF_{max} , tLF_{min} , tLF_{max}), 0,15-0,4 Гц (HF_{min} , HF_{max} , tHF_{min} , tHF_{max}). Крім цього, за результатами індивідуальних крос-періодограм будували медіанні графіки.

Рівень синусової дихальної аритмії визначали за способом, запропонованим С.О.Коваленком та В.О.Цибенком (Патент України №67621). Проводили визначення максимальної і мінімальної середньої тривалості кардіоциклу (та їх відхилення від значення на вдиху: RSA_{min} та видиху RSA_{max}), які і визначають величину дихальної синусної аритмії, визначення проміжку часу між цими значеннями та початком вдиху (T_{min} та T_{max}). Подібним чином проводили і аналіз змін УОК впродовж дихального циклу з визначенням мінімального (RA_{min}) та максимального (RA_{max}) значень та часу їх виникнення.

Для характеристики центральних тенденцій вибірки використовували показник медіани, а для її варіативності - стандартне квадратичне відхилення, його помилку, значення верхнього та нижнього квантилів.

Групові відмінності між вибірками визначали за U-критерієм Mann-Whitney, а парні порівняння – за методом Wilcoxon [12]. Зв'язки між досліджуваними показниками визначали за ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена.

Розрахунки вказаних показників, а також графічне представлення результатів аналізу проводили в електронних таблицях “Excel”, програмі „Statistica for Windows-5.0”.

Результати та їх обговорення. За рівнем фізичної працездатності, яка оцінювалась за тестом PWC_{170} , спортсмени та неспортсмени типологічної групи із високим її рівнем вірогідно не відрізнялись. В стані спокою, лежачи, більшість основних показників центральної гемодинаміки у них також мали однаковий рівень. Втім, спортсмени мали значуще вищий рівень середнього артеріального тиску. Такі особливості можуть вказувати на певний рівень напруження у серцево-судинній системі у спортсменів. Дійсно, вимірювання у них проводили у підготовчому періоді річної підготовки із великим обсягом аеробних навантажень.

При ортопробі у спортсменів т-R-R стає значуще більшою, ніж у неспортсменів (відповідно 871 [787; 966] мс та 791 [699; 839] мс). При дозованому фізичному навантаженні

разом із особливостями, відміченими у спокої, лежачи, достовірно різняться рівні t - R - R (відповідно 656 [632; 706] мс та 631 [595; 665] мс), серцевого індексу (відповідно 2797 [2640; 2972] мл/хв·м² та 3498 [2831; 3927] мл/хв·м²). Такі особливості свідчать про більш економічне пристосування серцево-судинної системи спортсменів до дозованого фізичного навантаження навіть у порівнянні із неспортсменами високого рівня фізичної працездатності.

Потужність коливань t - R - R у стандартних діапазонах, загальна потужність спектру та нормалізована у діапазоні 0,15-0,4 Гц у порівнюваних групах значуще не відрізнялись за всіх умов. Разом із тим спостерігались вірогідні відмінності на медіанних графіках спектрограм. Так, в спокої, лежачи, спортсмени мали більшу потужність спектру коливань t - R - R на частотах 0,04 Гц, 0,09 Гц, 0,11 Гц, 0,12 Гц. При ортопробі (рис. 1) у спортсменів цей показник був значуще більшим на частотах 0,05 Гц, 0,09 Гц, 0,11-0,16 Гц, 0,24-0,32 Гц. Це може свідчити як про більшу варіабельність ЧСС у них, так і про більшу активацію симпатичної ланки ВНС. Крім цього відмінності на частотах 0,11-0,16 Гц, цілком ймовірно, можуть обумовлюватись знаходженням частоти дихання у частини спортсменів у довгохвильовому діапазоні.

При виконанні дозованого фізичного навантаження потужність спектру вірогідно вища у спортсменів на частотах 0,04 Гц, 0,05 Гц, 0,08 Гц, 0,11 Гц, що вказує на більший рівень симпатичної активації у них при цьому.

Колівання УОК в спокої, лежачи, у спортсменів характеризувались переважанням її потужності у діапазоні LF у порівнянні з неспортсменами з високим рівнем фізичної працездатності (відповідно 13,4 [6,0; 34,8] мл² та 7,5 [3,8; 17,9] мл², $p < 0,05$). На медіанних спектрограмах УОК наявні значущі відмінності між порівнюваними групами у потужності спектру на частотах від 0,07 Гц до 0,12 Гц (рис. 2).

При виконанні ортопроби та дозованому фізичному навантаженні значуще більший рівень потужності коливань УОК в діапазоні низьких частот у спортсменів зберігається.

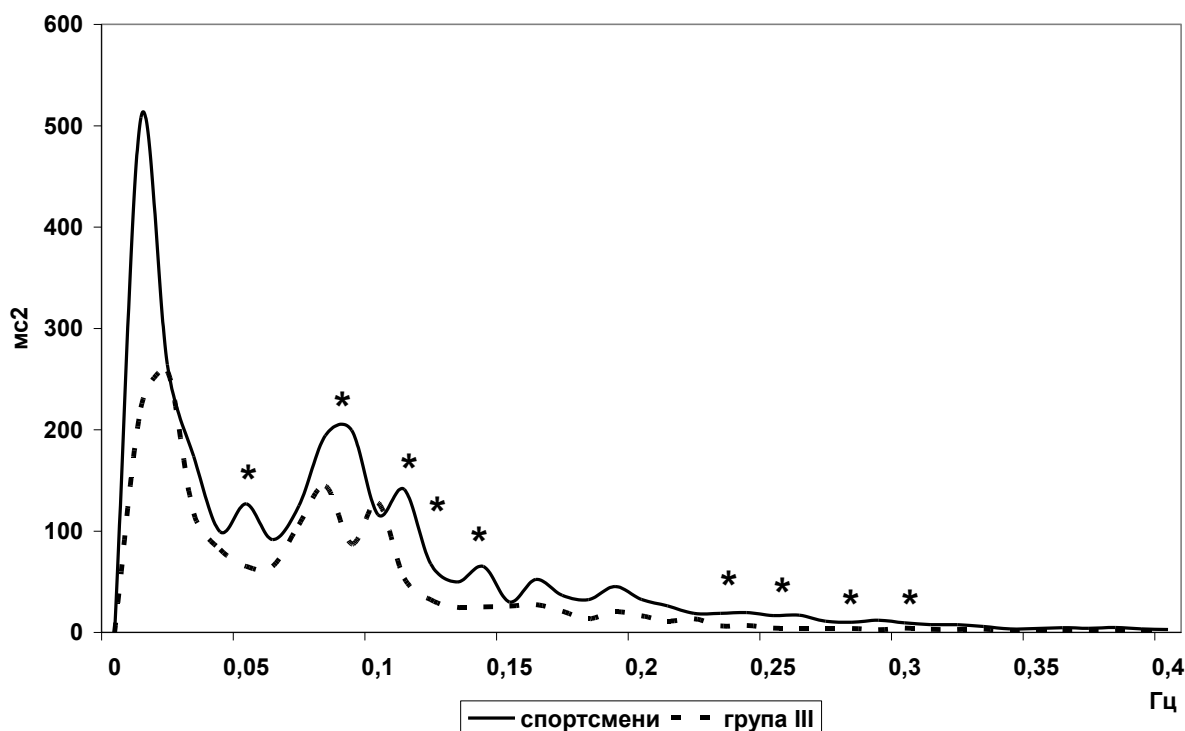


Рис. 1. Медіанні спектрограми коливань t - R - R у спортсменів видів спорту на витривалість і неспортсменів із високим рівнем фізичної працездатності при ортопробі.
* – $p < 0,05$ між відповідними елементами спектрограми у порівнюваних групах

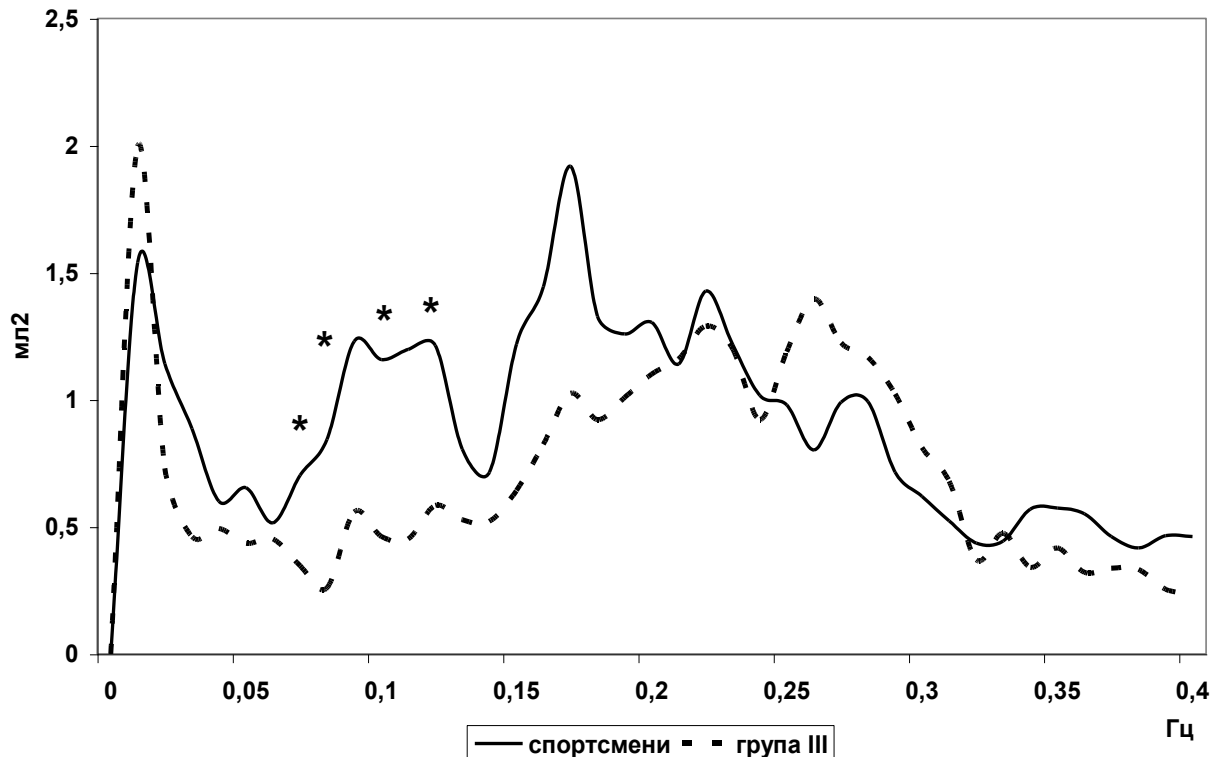


Рис. 2. Медіанні спектрограми коливань УОК у спортсменів видів на витривалість і неспортсменів із високим рівнем фізичної працездатності при ортопробі. * – $p < 0,05$ між відповідними елементами спектрограми у порівнюваних групах

Отже, спортсмени, що тривалий час займались аеробними навантаженнями, мали більшу потужність регуляторних коливань УОК у діапазоні барорефлексу.

Показники дихальної синусової аритмії (ДСА) у представників порівнюваних груп різнились у спокої, лежачи, та при регламентованому диханні. У спортсменів RSA_{\min} була значуще вищою в порівнянні із групою неспортсменів високої фізичної працездатності у спокої, лежачи (відповідно 42 [19,8; 83,7] мс та 28 [2,9; 35,8] мс), та при диханні із частотою 6 циклів за хвилину (відповідно 117,2 [65,8; 197,6] мс та 85,3 [46,3; 97,3] мс). За умов останнього тесту спортсмени також мали вищий рівень RSA (відповідно 253,5 [196,3; 324,5] мс та 209 [158,5; 215,5] мс). Ці закономірності підтверджуються і при аналізі нормалізованих змін $t-R-R$ впродовж спіроінтервалу (рис. 3).

Так, нормалізовані значення $t-R-R$ у осіб, що регулярно тренуються на витривалість, були вірогідно вищими із 3,7 с по 6,2 с від початку вдиху, ніж у порівнюваній групі.

При ортопробі вірогідних відмінностей за показниками ДСА між групами не знайдено. Разом із цим реактивність RSA_{\min} та на це навантаження у них різнилась. У спортсменів менші зміни RSA_{\min} (відповідно 3,3 [-51,8; 89,1]% та -69,1 [-83,3; -33,1]%) та RSA_{\max} (відповідно -22,2 [-59,9; 135,8]% та 150 [97,3; 738,1]% у порівнянні із неспортсменами високої працездатності.

Отже, спортсмени мали суттєві відмінності у структурі ДСА в спокої, при регламентованому диханні та при ортопробі, в порівнянні з особами такого ж рівня фізичної працездатності, котрі не займались спортивною діяльністю.

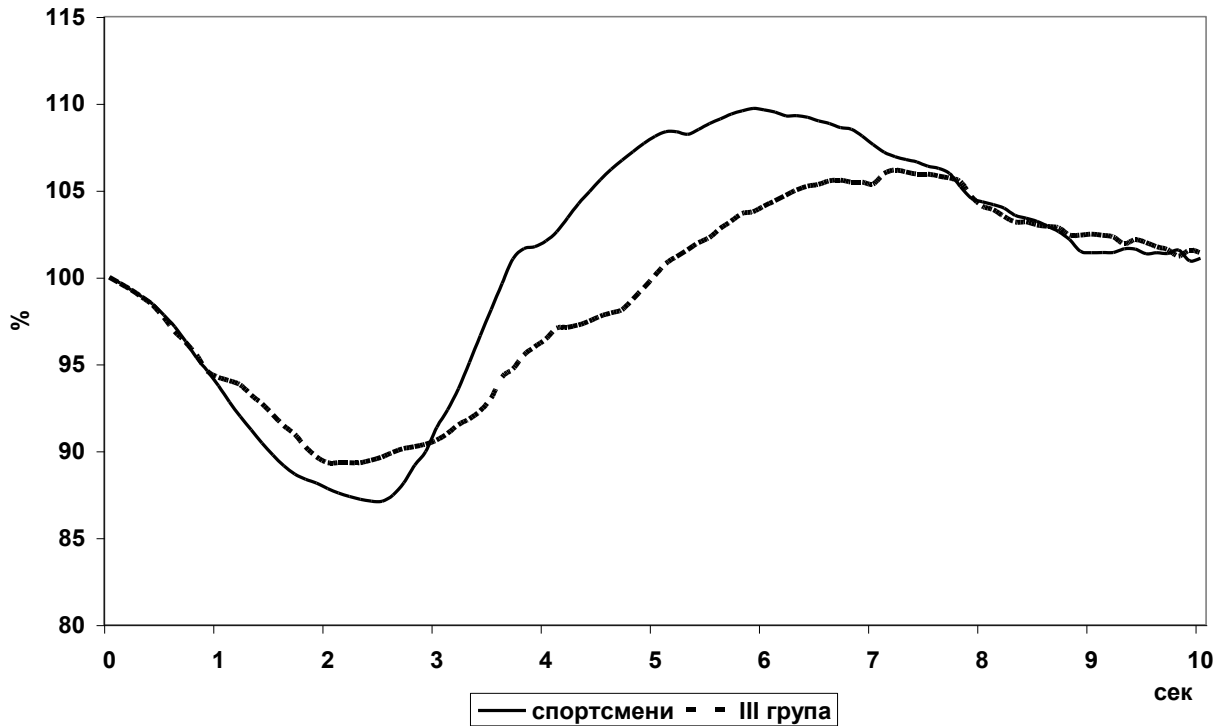


Рис. 3. Нормалізовані зміни t-R-R впродовж спіроінтервалу при регламентованому диханні 6 циклів за хвилину у спортсменів та неспортсменів із високим рівнем фізичної працездатності.

Аналіз змін УОК впродовж дихального циклу показав, що в основному існують відмінності у порівнюваних групах за рівнями RA_{min} майже у всіх умовах (рис. 4).

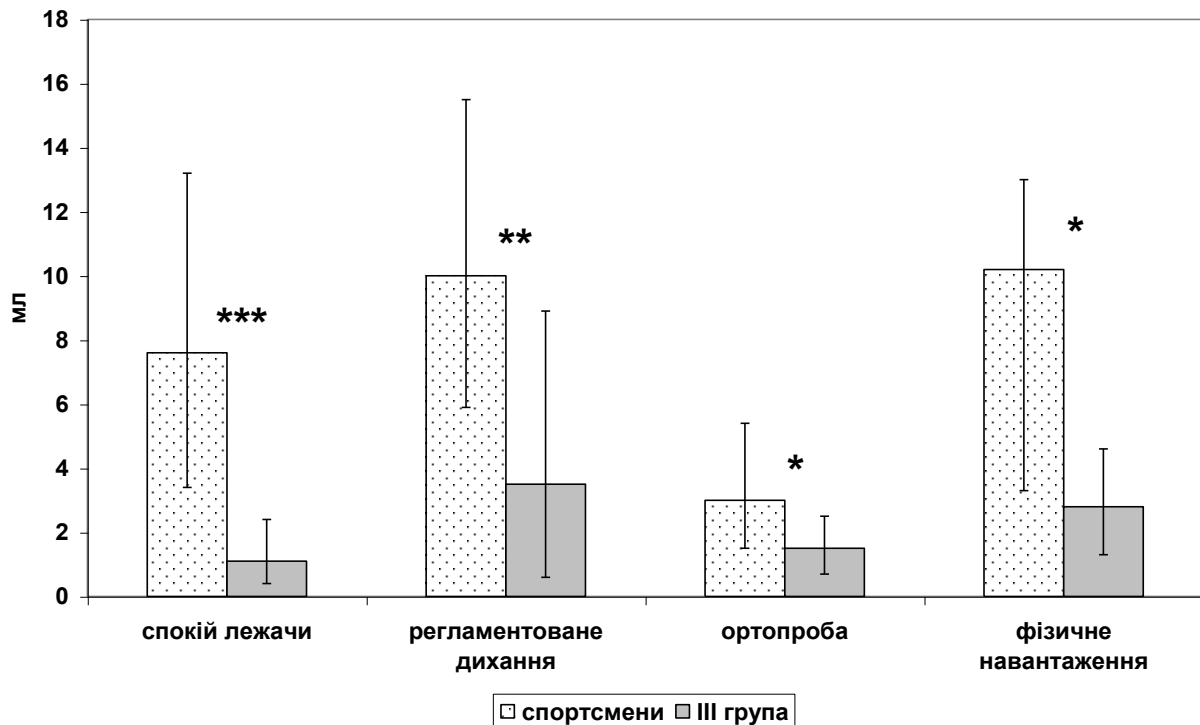


Рис. 4. Показник RA_{min} у спортсменів та осіб із високим рівнем фізичної працездатності за різних умов. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ між групами

При цьому зміни УОК на вдиху були вищими у спортсменів, а при ортопробі - їх амплітуда у них зменшувалась.

Таким чином, у осіб, що систематично виконували вправи на витривалість, спостерігали дещо парадоксальне явище (виходячи із отриманих і описаних вище у роботі даних) суттєвого зниження УОК, що у недостатній мірі компенсується прискоренням серцевого ритму у цей період часу. Цілком можливо, що компенсаторні можливості серця у них дозволяють наявність таких особливостей регуляції.

Крос-спектральний аналіз коливань т-R-R та УОК показав наявність значущих відмінностей між спортсменами та особами із високим рівнем фізичної працездатності за показником LF_{max} у спокої, лежачи (відповідно 21,6 [5,9; 29,1] мс·мл та 4,2 [1,4; 10,4] мс·мл, $p < 0,001$), та при регламентованому диханні із частотою 6 циклів за хвилину (відповідно 279,5 [129,3; 548,3] мс·мл та 197,4 [18,9; 303] мс·мл, $p < 0,05$).

Отже, в спокої особи, на яких регулярно діють аеробні навантаження, мають вищий рівень спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж чоловіки із таким же високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортом.

Висновки

1. Спортсмени, що тривалий час займались аеробними навантаженнями, мали більшу потужність регуляторних коливань УОК у діапазоні барорефлексу, ніж чоловіки не спортсмени з високим рівнем фізичної працездатності.
2. Спортсмени мали суттєві відмінності у структурі дихальної синусової аритмії в спокої, при регламентованому диханні та при ортопробі, в порівнянні з особами такого ж рівня фізичної працездатності, котрі не займались спортивною діяльністю. Зміни УОК на вдиху були вищими у спортсменів, а при ортопробі - їх амплітуда у них зменшувалась.
3. Крос-спектральний аналіз коливань т-R-R та УОК показав, що в спокої особи, на яких регулярно діють аеробні навантаження, мають вищий рівень спонтанної барорефлекторної чутливості, ніж чоловіки із таким же високим рівнем фізичної працездатності, що не займаються спортом.

Список використаної літератури

1. Коваленко С. О. (2017) Характеристика та теоретичні основи методів аналізу варіабельності серцевого ритму. Український журнал медицини, біології та спорту. № 2. С. 223–233.
2. Man T, Tegegne BS, van Roon AM, Rosmalen JGM, Nolte IM, Snieder H, Riese H. (2021) Spontaneous baroreflex sensitivity and its association with age, sex, obesity indices and hypertension: a population study. *Am J Hypertens.* 34(12):1276-1283. doi: 10.1093/ajh/hpab122.
3. Schumann A, Gupta Y, Gerstorff D, Demuth I, Bär KJ. (2024) Sex differences in the age-related decrease of spontaneous baroreflex function in healthy individuals. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 326(1):H158-H165. doi: 10.1152/ajpheart.00648.2023.
4. Sevoz-Couche C, Laborde S. (2022) Heart rate variability and slow-paced breathing: when coherence meets resonance. *Neurosci Biobehav Rev.* Apr;135:104576. doi: 10.1016/j.neubiorev.2022.104576.
5. Ritz T. (2024) Putting back respiration into respiratory sinus arrhythmia or high-frequency heart rate variability: Implications for interpretation, respiratory rhythmicity, and health. *Biol Psychol.* 2024 Jan;185:108728. doi: 10.1016/j.biopsycho.2023.108728.
6. Ellingson CJ, Shafiq MA, Ellingson CA, Neary JP, Dehghani P, Singh J. (2024) Assessment of cardiovascular functioning following sport-related concussion: A physiological perspective. *Auton Neurosci.* Apr;252:103160. doi: 10.1016/j.autneu.2024.103160.
7. Ellingson CJ, Singh J, Ellingson CA, Sirant LW, Krätzig GP, Dorsch KD, Piskorski J, Neary JP. (2022) Alterations in Baroreflex Sensitivity and Blood Pressure Variability Following Sport-Related Concussion. *Life (Basel).* Sep 8;12(9):1400. doi: 10.3390/life12091400.
8. Lester GR, Abiusi FS, Bodner ME, Mittermaier PM, Cote AT. (2022) The Impact of Fitness Status on Vascular and Baroreceptor Function in Healthy Women and Men. *J Vasc Res.* 59(1):16-23. doi: 10.1159/000518985.
9. Kemper HCG. (2020) Change in the Mindset of a Paediatric Exercise Physiologist: A Review of Fifty Years Research. *Int J Environ Res Public Health.* Apr 22;17(8):2888. doi: 10.3390/ijerph17082888.
10. Коваленко С.О., Кушніренко О.Є., Носенко Л.І. (2000) Програмна система первинної обробки кардіографічних сигналів // Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки. – Черкаси. Вип. 22. С.73-78.
11. 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.
12. Glantz SA. (2012) *Primer of biostatistics.* 7th edition, McGraw-Hill: Medical, New York, 320 p.

References

1. Kovalenko SO (2017) Kharakterystyka ta teoretychni osnovy metodiv analizu variabelnosti sertsevoho rytmu. Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu. № 2. P. 223–233.
2. Man T, Tegegne BS, van Roon AM, Rosmalen JGM, Nolte IM, Snieder H, Riese H. (2021) Spontaneous baroreflex sensitivity and its association with age, sex, obesity indices and hypertension: a population study. *Am J Hypertens.* 34(12):1276-1283. doi: 10.1093/ajh/hpab122.
3. Schumann A, Gupta Y, Gerstorff D, Demuth I, Bär KJ. (2024) Sex differences in the age-related decrease of spontaneous baroreflex function in healthy individuals. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 326(1):H158-H165. doi: 10.1152/ajpheart.00648.2023.
4. Sevoz-Couche C, Laborde S. (2022) Heart rate variability and slow-paced breathing: when coherence meets resonance. *Neurosci Biobehav Rev.* Apr;135:104576. doi: 10.1016/j.neubiorev.2022.104576.
5. Ritz T. (2024) Putting back respiration into respiratory sinus arrhythmia or high-frequency heart rate variability: Implications for interpretation, respiratory rhythmicity, and health. *Biol Psychol.* 2024 Jan;185:108728. doi: 10.1016/j.biopsycho.2023.108728.
6. Ellingson CJ, Shafiq MA, Ellingson CA, Neary JP, Dehghani P, Singh J. (2024) Assessment of cardiovascular functioning following sport-related concussion: A physiological perspective. *Auton Neurosci.* Apr;252:103160. doi: 10.1016/j.autneu.2024.103160.
7. Ellingson CJ, Singh J, Ellingson CA, Sirant LW, Krätzig GP, Dorsch KD, Piskorski J, Neary JP. (2022) Alterations in Baroreflex Sensitivity and Blood Pressure Variability Following Sport-Related Concussion. *Life (Basel).* Sep 8;12(9):1400. doi: 10.3390/life12091400.
8. Lester GR, Abiusi FS, Bodner ME, Mittermaier PM, Cote AT. (2022) The Impact of Fitness Status on Vascular and Baroreceptor Function in Healthy Women and Men. *J Vasc Res.* 59(1):16-23. doi: 10.1159/000518985.
9. Kemper HCG. (2020) Change in the Mindset of a Paediatric Exercise Physiologist: A Review of Fifty Years Research. *Int J Environ Res Public Health.* Apr 22;17(8):2888. doi: 10.3390/ijerph17082888.
10. Kovalenko S.O., Kushnirenko O.Ie., Nosenko L.I. (2000) Prohramna systema pervynnoi obrobky kardiohrafichnykh syhnaliv // Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii: Biolohichni nauky. Cherkasy. Vyp.22. C.73-78.
11. 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.
12. Glantz SA. (2012) Primer of biostatistics. 7th edition, McGraw-Hill: Medical, New York, 320 p.

Kalenichenko O., Dziunyk I., Fediai I., Kovalenko S.

Hemodynamic fluctuations and their synchronization in endurance athletes

Introduction. Synchronization of oscillations of various physiological parameters can be a characteristic that determines the functional state of the human body. The connection of slow wave manifestations in hemodynamics represented by studies of spontaneous baroreflex sensitivity and respiratory synchronism in the cardiovascular system is very predictive of this.

Methods of the study. The measurements were performed on 28 endurance sports athletes and 29 men with a PWC170 value above 1350 kg-m-min⁻¹. The cross-spectral power of fluctuations in the duration of the RR interval and the stroke volume (determined by the reographic method) and the level of changes in these indicators during the respiratory cycle at rest, during regulated breathing, orthoprobe, and dosed physical activity were calculated.

Main results of the study. Athletes who had been engaged in aerobic exercise for a long time had a greater power of regulatory oscillations of stroke blood volume in the baroreflex range than non-athletes with a high level of physical performance. Athletes had significant differences in the structure of respiratory sinus arrhythmia at rest, during regulated breathing and during orthoprosthesis, compared with individuals of the same level of physical performance who were not involved in sports activities. Changes during inspiration were higher in athletes, and their amplitude decreased during orthoprosthesis. Cross-spectral analysis of fluctuations in the duration of the RR interval and stroke blood volume showed that at rest, individuals regularly exposed to aerobic exercise have a higher level of spontaneous baroreflex sensitivity than men with the same high level of physical performance who do not engage in sports

Scientific novelty of the study results. The aim is to find out the synchronization of hemodynamic parameters in endurance sports athletes compared to people of high working capacity who do not systematically engage in sports

Conclusions and specific suggestions of the author. Prospects for future research are seen in the study of the synchronism of hemodynamic parameters in different states of athletes.

Одержано редакцією: 22.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 612.8

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-43-50

Колесник Анна Сергіївна

Сумський державний університет

kas100188@gmail.com

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

Кожемяко Тетяна Володимирівна

Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

kozhemako@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-4197>

Бріжата Ірина Анатоліївна

Сумський державний університет

brizhata@i.ua

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9988-4285>

Бугаєнко Тетяна Вікторівна

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка

bugaenkotv@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3745-0593>

ЗВ'ЯЗОК ГЕНЕТИЧНО-ДЕТЕРМІНОВАНИХ ІНДИВІДУАЛЬНО-ТИПОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ З ХАРАКТЕРОМ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ФУНКЦІЙ ДІТЕЙ 5-7 РОКІВ

У статті досліджено зв'язок генетично-детермінованих індивідуально-типологічних властивостей центральної нервової системи (ЦНС) з формуванням психофізіологічних функцій дітей 5-7 років. Проведено аналіз вікової динаміки нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних функцій. Виявлено закономірності розвитку індивідуально-типологічних властивостей і їх роль у формуванні психомоторних функцій та навчальної діяльності. Дослідження показали, що формування та удосконалення індивідуально-типологічних, нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних особливостей у дітей дошкільного та шкільного віку відбувається безперервно, а їх розвиток характеризується нерівномірністю та гетерохронністю, що визначає сенситивний період онтогенезу для ефективного впровадження навчальної діяльності. Експериментально обґрунтовано характеристики, згідно з якими, особи з вищим рівнем досліджуваних характеристик мали вищі рівні активації механізмів регуляції серцевого ритму, функцій пам'яті та реакцій серцево-судинної системи, ніж особи з нижчими типологічними характеристиками.

Ключові слова: індивідуально-типологічні властивості, нейродинамічні функції, сенсомоторні реакції, психофізіологічні функції, онтогенез, діти, початкова діяльність, гетерохронність розвитку.

Постановка проблеми. У відповідності до останніх директивних документів МОН України [10,13, 14] і ситуації, що склалась зараз в освітньому процесі [7, 15] актуальною проблемою навчання та виховання є збереження здоров'я дітей. Тому особливу актуальність набуває проблема вивчення особливостей становлення та формування психофізіологічних функцій дітей дошкільного та молодшого шкільного віку з урахуванням індивідуальних особливостей нервової системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Початкова освіта як перший рівень загальної середньої освіти спрямована на всебічний розвиток дитини, її здібностей, талантів і компетентностей з урахуванням вікових та індивідуальних особливостей.

Варто відзначити, що 6-річні діти не завжди здатні виконувати завдання на рівні 7-річних, іноді відмовляючись від їх виконання або виконуючи їх навмання. Це було підтверджено нашими спробами застосувати методику зворотного зв'язку, яка не дала

значущих результатів [6, 18]. Тому багаторазове повторення матеріалу на кожному уроці може призвести до перевантаження у дітей зі слабкою нервовою системою, погіршуючи їх пам'ять та увагу.

Негативний вплив таких психофізіологічних умов частково підтверджується низькими результатами виконання ПЗМР, РВ₁₋₃ та РВ₂₋₃, отриманими нами при дослідженнях з дітьми 5-7 років [2, 18].

Дослідження М. В. Макаренка, В. С. Лизогуба, Л. І. Юхименко, Ю. О. Петренка та С. М. Хоменка показали, що психофізіологічні якості, зокрема пам'ять і увага, тісно пов'язані з індивідуально-типологічними властивостями нервової системи та є результатом інтегративної діяльності мозку [9, 12, 17].

Л. І. Кудій та С. О. Коваленко довели, що варіабельність серцевого ритму є надійним методом для діагностики ступеня напруження центральних регуляторних механізмів і їх взаємозв'язку з індивідуально-типологічними властивостями ВНД [5]. Отже, аналіз сучасних досліджень підкреслює важливість врахування психофізіологічних особливостей дітей та індивідуально-типологічних властивостей нервової системи в освітньому процесі для запобігання перевантаженню та покращення навчальних результатів.

Виявлення раніше неврегульованих частин загального питання. Проведений аналіз літератури показав, що автори роблять акцент на дослідженні одного чи групи показників (морфо-функціональних особливостей, окремих показників нервової системи, психічних властивостей, функцій дихання, крові, серцево-судинної, ендокринної системи) фактично не враховують того, що індивідуальна структура особистості дитини – це, перш за все, система, яка об'єднує різні аспекти і, відповідно показники, властивості функції індивідуальності, які мають певні зв'язки між собою та утворюють функціональні та структурні одиниці. Виходячи з цього основною теоретичною концепцією цього експериментального дослідження були наступні складові (чинники):

- системний підхід до дослідження індивідуально-типологічних, нейродинамічних, сенсомоторних властивостей та психофізіологічних функцій дітей дошкільного та молодшого шкільного віку;
- опора на загальні закономірності розвитку та формування різних систем організму;
- застосування математичних методів обробки результатів за умови визначення особливостей індивідуального розвитку.

Мета дослідження полягала у вивченні вікової динаміки індивідуально-типологічних властивостей центральної нервової системи та їх зв'язку з психофізіологічними функціями дітей 5-7 років для визначення сенситивних періодів формування навчальної діяльності.

Огляд основного матеріалу досліджень. Методика. З використанням сучасних методів та апаратури досліджували закономірності та особливості вікової динаміки індивідуально-типологічних властивостей, нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних функцій у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку. Для визначення основних показників використовували методику М.В. Макаренка. Сенсомоторні властивості характеризували за часом латентного періоду (ЛП) у режимах простої зорово-моторної реакції (ПЗМР), реакції вибору одного з трьох (РВ₁₋₃) та двох з трьох (РВ₂₋₃) подразників. Визначення властивостей функціональної рухливості (ФРНП) і сили (СНП) основних нервових процесів проводили з використанням режиму «нав'язаного ритму» (поступово зростаюче навантаження). Визначення врівноваженості нервових процесів (ВНП) передбачало реєстрацію точності сенсомоторних реакцій. Психофізіологічні властивості (слухова та зорова пам'ять, увага) тестували бланковими методиками. Регуляторні характеристики серцевого ритму (ЧСС, Мо, АМо, ІН) дозволяли оцінити спрямованість вегетативних впливів на ритм серця.

В дослідженні ми намагались обґрунтувати роль індивідуально-типологічних, нейродинамічних властивостей ЦНС у характері прояву психофізіологічних функцій пам'яті, уваги, регуляторних механізмів серцево-судинної системи та розумовій діяльності. Для

вирішення цих важливих задач використали адекватні методики та провели дослідження на групах дітей дошкільного та молодшого шкільного віку 5, 6 та 7 років.

Результати дослідження. Дослідженнями встановлено, що індивідуально-типологічні властивості ЦНС (ФРНП, СНП, ВНП) у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку за показниками кількості помилок, швидкості диференціювання гальмівних і збудливих сигналів, точності реакцій характеризувались поступовим підвищенням досліджуваних властивостей.

Загальною рисою розвитку психофізіологічних функцій в онтогенезі дітей дошкільного та молодшого шкільного віку є встановлена нами вікова динаміка розвитку індивідуально-типологічних властивостей ВНД за показниками (СНП, ФРНП, ВНП). Так, дійсно, віковий період дітей 5-7 років характеризується поступовим підвищенням нейродинамічних функцій, що підтверджується дослідженнями В. С. Лизогуба, М. В. Макаренка, С. М. Хоменка, Т. В. Куценко, О. В. Багінської. Індивідуально-типологічні властивості ВНД, нейродинамічні функції (СНП, ФРНП, ВНП), та сенсомоторні (ПЗМР, РВ₁₋₃, РВ₂₋₃) та психофізіологічні властивості (слухова та зорова пам'ять, увага) і регуляторні характеристики серцевого ритму (ЧСС, Мо, АМо, ІН) у дітей 7-річного віку характеризуються вищим функціональним розвитком, ніж обстежуваних п'яти-шестирічного віку. Сенсомоторні властивості різної складності (ПЗМР, РВ₁₋₃, РВ₂₋₃) у дітей 7-річного віку мають значущо коротші латентні періоди, порівняно з дітьми 5-річного віку.

Біологічне значення цього етапу розвитку нейродинамічних функцій та сенсомоторних властивостей, на наш погляд, слід розглядати, як закономірність, що полягає у поступовому розгортанні спадкової інформації, яка забезпечує морфологічний та функціональний потенціал для майбутньої навчальної діяльності [1, 4, 16, 18]. Він тісно пов'язаний з тими морфологічними і функціональними перебудовами, що відбувається у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку і проходить шляхом удосконалення нейронної та структурної організації головного мозку на всіх рівнях [8, 11, 19, 22, 23].

Вперше, у результаті проведених досліджень нами встановлено, що формування та удосконалення індивідуально-типологічних, нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних властивостей у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку проходить неперервно і характеризується нерівномірністю та гетерохронністю у їх розвитку. Необхідно звернути увагу на те, що ми виявили у дітей 5 та 7 років формування функціональної рухливості нервових процесів відбувається раніше і носить випереджаючий характер, ніж становлення сили нервових процесів (працездатності головного мозку). Так, діти 7-річного віку виконували навантаження з більшою швидкістю, меншою кількістю помилок та вищою точністю реакцій, ніж особи 5-річної вікової групи. Крім того, нами встановлено, що розвиток індивідуально-типологічних, нейродинамічних властивостей та психофізіологічних функцій визначається рівнем їх складності та функціональної значимості. Функціональна рухливість нервових процесів та прості сенсомоторні реакції (ПЗМР, РВ₁₋₂) досягають свого максимального рівня значно раніше, ніж складні зорово-моторні реакції (РВ₂₋₃) та сила нервових процесів.

У процесі дослідження нам вдалось встановити, що розвиток нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних функцій у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку проходить гетерохронно. Діти 7 років мають статистично вищий рівень розвитку нейродинамічних, сенсомоторних властивостей, активації регуляції серцево-судинної системи та психічних функцій порівняно з дітьми 5 та 6 років, що вказує на високу пластичність психофізіологічних функцій і можливу їх часткову корекцію засобами навчання та виховання.

Іншою закономірністю та особливістю цього етапу онтогенезу було те, що розвиток нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних функцій у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку проходить нерівномірно. У дітей п'яти-семирічного віку нейродинамічні функції, особливо, функціональна рухливість нервових процесів, досягає

вищого рівня і раніше розвивається, ніж сила нервових процесів та регуляторні функції серцево-судинної системи. На етапі досліджуваного онтогенезу можна виділити 7-річний період, який характеризується більш інтенсивним розвитком нейродинамічної функції і період уповільнених змін у дітей 5 та 6 років.

Виявлені особливості, нерівномірного та гетерохронного розвитку дозволяють виділити сенситивні періоди онтогенезу у формуванні та становленні нейродинамічних та індивідуально-типологічних функцій, які є найбільш сприятливими для здійснення навчальної діяльності.

Дійсно, інтенсивний, нерівномірний та гетерохронний характер розвитку нейродинамічних функцій вносив корективи у формування та становлення інших психофізіологічних функцій починаючи з 5-річного віку. Це обумовлено тим, що нами встановлено поступове посилення функціональної взаємодії індивідуально-типологічних властивостей та психофізіологічних функцій. У 7-річному віці існує зв'язок між генетично-детермінованими індивідуально-типологічними властивостями (ФРНП, СНП та ВНП) ЦНС з сенсомоторними (ПЗМР, РВ₁₋₃, РВ₂₋₃) властивостями, психофізіологічними функціями (слуховою пам'яттю та об'ємом уваги), регуляторними механізмами серцево-судинної системи (ЧСС, Мо, Амо, ІН). Тоді, як у дітей 5 років кореляційний, факторний та кластерний аналіз не виявили статистично значущих зав'язків індивідуально-типологічних властивостей нервової системи з більшістю досліджуваних психофізіологічних властивостей. Крім того генетично детерміновані індивідуально-типологічні властивості вищої нервової діяльності проявляються у характері психофізіологічних властивостей, пам'яті, уваги та механізмах регуляції серцевого ритму дітей 7 років. Експериментально обґрунтовано, що особи з високим рівнем досліджуваних типологічних властивостей характеризувалися вищим рівнем активації механізмів регуляції серцевого ритму, функцій пам'яті та швидкості розгортання компенсаторних реакцій, ніж особи з низькими градаціями типологічних властивостей.

Як бачимо, з наших результатів дослідження, що формування властивостей уваги та пам'яті у дітей 7 років знаходились у залежності від індивідуально-типологічних властивостей нервової системи. Вищий рівень розвитку функціональної рухливості та сили нервових процесів сприяв більш інтенсивному формуванню психофізіологічних функцій, зорової та слухової пам'яті, уваги та регуляторних механізмів серцевого ритму, ніж у дітей п'ятирічного та шестирічного віку досліджуваних індивідуально-типологічних властивостей.

Дослідження зв'язку індивідуально-типологічних властивостей ЦНС та нейродинамічних функцій з психофізіологічними властивостями показало, що у процесі розумової діяльності у дітей 5 років формується функціональна система, яка забезпечує навчальну діяльність за рахунок переважного морфо-функціонального дозрівання досліджуваних функціональних систем. Тоді як у дітей молодшого шкільного віку, у 7 років така функціональна система розумової діяльності формується шляхом інтегративних процесів різних функціональних психофізіологічних систем, а не тільки їх удосконалення. Показано роль генетично-детермінованих індивідуально-типологічних властивостей СНП, ФРНП та ВНП у реалізації психомоторних функцій та успішності навчальної діяльності. Констатовано, що типологічні властивості СНП, ФРНП та ВНП для осіб молодшого шкільного віку є базовими властивостями ЦНС і визначають характер формуванні функціональної системи навчальної діяльності.

Наведені результати ще раз підтверджують роль типологічних властивостей у характері психофізіологічних функцій пам'яті та уваги, сенсомоторних реакцій різної ступені складності у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Необхідно звернути увагу на те, що логічно впливає з результатів представлених у даному дослідженні. У відповідності до отриманих даних та даних літератури [3, 6, 16, 20, 21] можна вважати, що у дітей дошкільного та молодшого шкільного віку поступово розвивається серцево-судинна система та удосконалюються механізми її регуляції, підвищується її реактивність. Максимального

розвитку серцево-судинна система та механізми її регуляції, а також реактивні можливості досягають у 7-річному віці. Важливою особливістю досліджуваного вікового періоду онтогенезу є те, що механізми регуляції серцевого ритму представляють собою неперервний поступовий розвиток, який обумовлений генетичною програмою. Слід підкреслити, що індивідуально-типологічні властивості ЦНС не змінюють, в цілому, біологічну, генетичну програму, а вносять певні особливості в удосконалення функціональних внутрісистемних і міжсистемних зв'язків. Результатами нашої роботи показано, що простежується певний зв'язок між поступовим підвищенням інтегративних процесів індивідуально-типологічними властивостями та регуляторними функціями автономної нервової системи. У 5-річному віці такий статистично значущий зв'язок був виявлений між ФРНП та АМо та СНП з АМо; у 6-річному віці встановлено зв'язки СНП з МО, СНП з ЧСС, ФРНП з ЧСС; у 7-річному віці СНП з ЧСС та СНП з Мо.

Одним з важливих результатів, які були отримані у нашій роботі слід вважати і те, що в онтогенезі дітей дошкільного та молодшого шкільного віку експериментально обґрунтовано, що особи з високим рівнем досліджуваних типологічних властивостей характеризувалися вищим рівнем активації механізмів регуляції серцевого ритму, функцій пам'яті та швидкості розгортання компенсаторних реакцій серцево-судинної системи, ніж особи з низькими градаціями типологічних властивостей.

Встановлені закономірності та особливості динаміки розвитку індивідуально-типологічних властивостей, нейродинамічних, сенсомоторних та психофізіологічних функцій в онтогенезі осіб дошкільного та молодшого шкільного віку розвивають концептуальні положення про роль високо генетично-детермінованих індивідуально-типологічних властивостей ВНД в реалізації психомоторних функцій та успішності навчальної діяльності. (схема1).

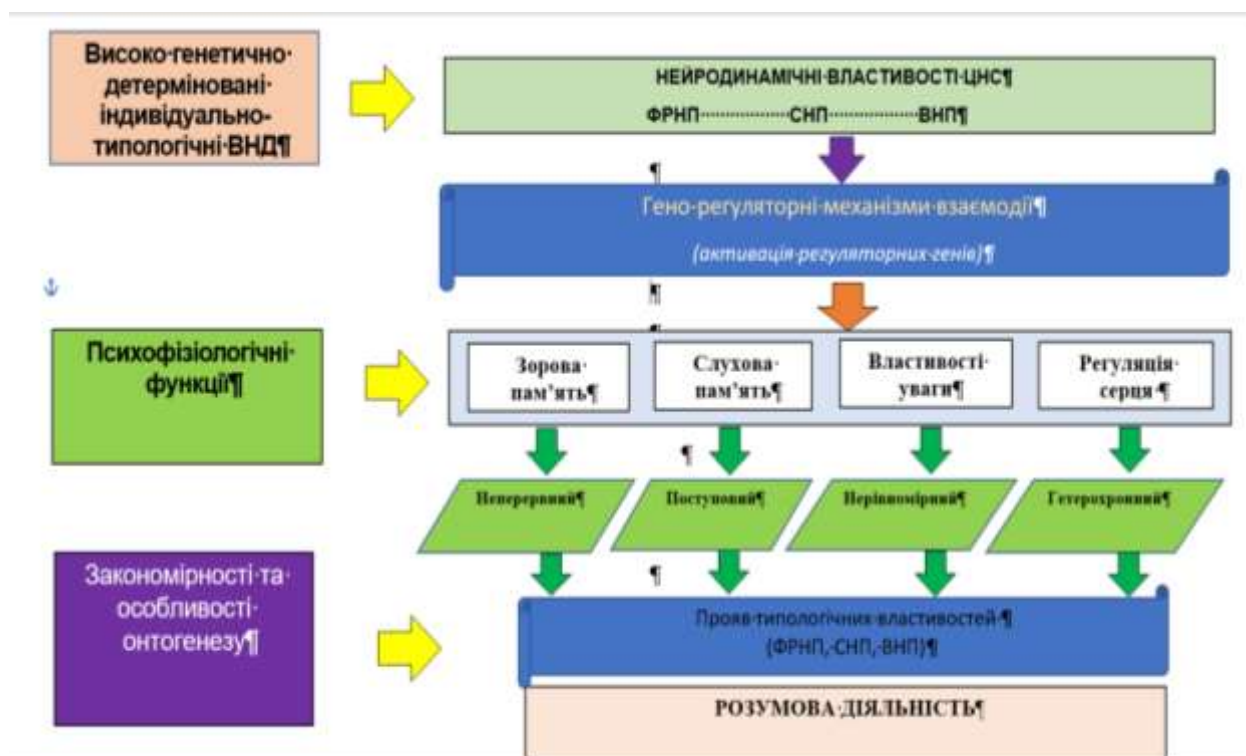


Схема 1. Структурно – логічна схема функціонального зв'язку психофізіологічних функцій дітей 5-7 років з індивідуально-типологічними властивостями нервової системи

Список використаної літератури

1. Вербенко М. М., Калиниченко І. О. Вплив графомоторного навантаження на функціональний стан серцево-судинної системи у дітей 6–7 років. *Вісник проблем біології і медицини*. Полтава : УМСА, 2010. С. 264–269.

2. Калиниченко І. О., Колесник А. С. Особливості нейродинамічних та психофізіологічних функцій дітей 5-7 років з різним рівнем зорового та слухового сприйняття. *Вісник Черкаського університету ім. Б. Хмельницького*. 2022. С. 12-21.
3. Калиниченко І. О., Колесник А. С. Оцінка показників уваги у дітей дошкільного віку з різним рівнем довільної оперативної пам'яті. *Вісник Одеського національного університету*. 2022. С. 163-172.
4. Калиниченко І. О., Колесник А. С. Профілактика шкільної дезадаптації у дітей з різним аналізаторним комплексом нервових зв'язків : методичні рекомендації. Суми : Сум ДПУ імені А. С. Макаренка, 2021. 33 с.
5. Коваленко С. О., Кудій Л. І. Варіабельність серцевого ритму : методичні аспекти. Черкаси : Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. 298 с.
6. Колесник А. С., Юхименко Л. І. Зв'язок між вегетативними та нейродинамічними функціями у дітей 5-7 років. *Вісник Черкаського університету ім. Б. Хмельницького. Серія: «Біологічні науки»*. 2023. Випуск 1. С. 36-45.
7. Кремень В. Г. Національна доповідь про стан і перспективи розвитку освіти в Україні (До 30-річчя незалежності України) : монографія. Київ: КОНВІ ПРИНТ, 2021. 384 с.
8. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Обґрунтування структури і класифікації властивостей нервової системи. *Вісник Черкаського університету*. 2019. № 1. С. 49-58.
9. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Онтогенез психологічних функцій людини. Черкаси: Вертикаль, видавець ПП Кандич С. Г., 2011. 256 с.
10. Національна стратегія розбудови здорового і безпечного середовища у новій українській школі : наказ президента України. Відомості Верховної Ради України, 2020, №195. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/195/2020#n10>
11. Пасічник В., Пітин М. Показники діяльності кардіореспіраторної системи дітей дошкільного віку. *Фізична активність, здоров'я і спорт : науковий журнал*. Львів. 2017. № 2 (28). С. 22–34.
12. Петренко Ю. Нейродинамічні та психічні функції у дітей молодшого шкільного віку з різним рівнем фізичного розвитку: автореф. дис...канд. біол. наук: 03.00.13. Київський національний ун-т ім. Т. Шевченка. К., 2006. 20 с.
13. Про освіту : Закон України від 5 вересня 2017 р. № 38-39. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення 09.09.2020)
14. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти “Нова українська школа” на період до 2029 року : розпорядження Кабінету міністрів України від 14 грудня 2016 р. № 988-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80#Text> (дата звернення 15.10.2020)
15. Топузов О. М., Ляшенко О. І., Засєкіна Т. М. Про експериментальну роботу інституту педагогіки напн україні з реалізації ідей нової української школи : мат. доповіді на засіданні Президії Національної академії педагогічних наук України, 19 жовтня 2023 р. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2023. 5(2), 1-8. 5212.
16. Хоменко С. М. Аналіз розподілу даних за допомогою Excel : метод. посіб. Черкаси: П.П. Гордієнко Є. І., 2007. 100 с.
17. Хоменко С. М. Розумова діяльність за умов переробки зорової інформації різного ступеня складності та успішність навчання учнів з різними типологічними властивостями вищої нервової діяльності : автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.13. Київський Національний університет ім. Т. Шевченка. К., 2005. 22 с
18. Юхименко Л. І., Колесник А. С., Бугаєнко Т. В., Вайда О. В. Особливості нейродинамічних та сенсомоторних реакцій у дітей 5-7 років. *Медицинський науково-практичний журнал*. Харків, 2023. №3 (120). С. 94-98.
19. Bidzan-Bluma I., Lipowska M. Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018. 15(4). P. 800.
20. Gleichmann D. C., Solis I., Stephen J. M. Troubled hearts: Association between heart rate variability and depressive symptoms in healthy children. *Applied psychophysiology and biofeedback*. 2020. 45(4). P. 283-292.
21. Goto M., Nagashima M., Baba R., et al. Analysis of Heart Rate Variability Demonstrates Effects of Development on Vagal Modulation of Heart Rate in Healthy Children. *J. Pediatr*. 1997. №130. P. 725–729.
22. Kolesnyk A., Barna C., Kashuba L., Biriukova T., et al. The Neurovegetative Status of Children 5-7 Years Old. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2022. 13(4). P. 421-435.
23. Linares R., Pelegrina S. The relationship between working memory updating components and reading comprehension. *Cogn Process*. 2023. 24(2). P. 253-265.

References

1. Verbenko, M. M. & Kalynychenko, I. O. (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*. Poltava: UMSA, 264–269. (in Ukr.)
2. Kalynychenko, I. O., & Kolesnyk, A. S. (2022). Features of neurodynamic and psychophysiological functions in children aged 5–7 with different levels of visual and auditory perception. *Bulletin of Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University*, 12–21. (in Ukr.)
3. Kalynychenko, I. O. & Kolesnyk, A. S. (2022). Assessment of attention indicators in preschool children with different levels of voluntary working memory. *Bulletin of Odessa National University*. 163-172. (in Ukr.)

4. Kalynychenko, I. O. & Kolesnyk, A. S. (2021). Prevention of school maladjustment in children with different analytical complex of nerve connections: methodical recommendations. Sumy: Sumy DPU named after A.S. Makarenko, 33. (in Ukr.)
5. Kovalenko, S. O., & Kudii, L. I. (2016). Variability of heart rate: Methodical aspects. Cherkasy: Bohdan Khmelnytsky Cherkasy National University, 298 (in Ukr.)
6. Kolesnyk, A. S. & Yukhymenko, L. I. (2023). The relationship between autonomic and neurodynamic functions in children aged 5-7 years. *Bulletin of Cherkasy University named after B. Khmelnytskyi. Series: "Biological Sciences"* № 1. 36-45. (in Ukr.)
7. Kremen, V. H. (2021). National report on the state and prospects of education development in Ukraine. Kyiv: CONVY PRINT, 384. (in Ukr.)
8. Makarenko, M. V. & Lyzohub, V. S. (2019). Justification of the structure and classification of properties of the nervous system. *Herald of Cherkasy University*. №. 1. 49-58. (in Ukr.)
9. Makarenko, M. V., & Lyzohub, V. S. (2011). Ontogenesis of human psychological functions. Cherkasy: Vertekal, Publisher Kandych S. H., 256. (in Ukr.)
10. National strategy for building a healthy and safe environment in a new Ukrainian school: order of the President of Ukraine. Information of the Verkhovna Rada of Ukraine, 2020, №. 195. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/195/2020#n10> (in Ukr.)
11. Pasichnyk, V. & Pityn, M. (2017). Indicators of activity of the cardiorespiratory system of preschool children. *Physical activity, health and sport: scientific journal*. Lviv. №. 2 (28). 22–34. (in Ukr.)
12. Petrenko, Yu. (2006). Neurodynamichni ta psykhični funktsii u ditei molodshoho shkilnoho viku z riznym rivnem fizychnoho rozvytku: Avtoref. dys. kand. biol. nauk: 03.00.13. Taras Shevchenko National University of Kyiv, 20. (in Ukr.)
13. On education: Law of Ukraine dated September 5, 2017 N№. 38-39. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (in Ukr.)
14. On the approval of the Concept of State Policy Implementation in the Reform of General Secondary Education "New Ukrainian School" for the period until 2029: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 14, 2016. №. 988 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/988-2016-%D1%80#Text> (in Ukr.)
15. Topuzov, O M., Liashenko, O. I. & Zasiakina, T. M. (2023). About the experimental work of the Institute of Pedagogy of the National Academy of Sciences of Ukraine on the implementation of the ideas of the new Ukrainian school: Mat. of science reports at the meeting of the Presidium of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine, October 19, 2023. *Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*. 5(2), 1-8. 5212. (in Ukr.)
16. Khomenko, S. M. (2007). Analysis of data distribution using Excel: method. manual Cherkasy: PP. Hordiienko Ye. I., 100. (in Ukr.)
17. Khomenko, S. M. (2005). Mental activity in conditions of processing visual information of varying complexity and academic performance of students with different typological properties of higher nervous activity: Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences: 03.00.13. Taras Shevchenko National University of Kyiv, 22. (in Ukr.)
18. Yukhymenko, L. I., Kolesnyk, A. S., Buhaienko, T. V., & Vaida, O. V. (2023). Features of neurodynamic and sensorimotor reactions in children 5-7 years old. *Medical scientific and practical journal*. Kharkiv, No. 3 (120). 94-98. (in Ukr.)
19. Bidzan-Bluma, I. & Lipowska, M. (2018). Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 15(4). 800.
20. Gleichmann, D. C., Solis, I., & Stephen, J. M. (2020). Troubled hearts: Association between heart rate variability and depressive symptoms in healthy children. *Applied psychophysiology and biofeedback*. 45(4). 283-292.
21. Goto, M., Nagashima, M., Baba, R., et al. (1997). Analysis of Heart Rate Variability Demonstrates Effects of Development on Vagal Modulation of Heart Rate in Healthy Children. *J. Pediatr*. №130. 725–729.
22. Kolesnyk, A., Barna, C., Kashuba, L., Biriukova, T., et al. (2022). The Neurovegetative Status of Children 5-7 Years Old. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 13(4). 421-435.
23. Linares, R., & Pelegrina, S. (2023). The relationship between working memory updating components and reading comprehension. *Cogn Process*. 24(2). 253-265.

Kolesnyk A. S., Kozhemiako T. V., Brizhata I. A., Buhaienko T. V.

Relationship of genetically-determined individual-typological properties with the character of psycho-physiological functions of children 5-7 years old.

Introduction. Primary education as the first level of general secondary education is aimed at comprehensive development of the child, his abilities, talents and competences, taking into account age and individual characteristics. Therefore, the problem of studying the characteristics of the development and formation of psychophysiological functions of preschool and primary school children, taking into account the individual characteristics of the nervous system, is gaining particular relevance.

Purpose. *Study of the age dynamics of individual typological properties of the central nervous system and their connection with the psychophysiological functions of children 5-7 years old to determine the sensitive periods of the formation of educational activities.*

Research methods. *With the use of modern methods and equipment, the regularities and features of the age dynamics of individual-typological properties, neurodynamic, sensorimotor and psychophysiological functions in children of preschool and primary school age were studied. Research is aimed at establishing the regularities of the formation of these functions and substantiating the role of neurodynamic characteristics of the central nervous system in the manifestation of memory, attention, regulation of the cardiovascular system and mental activity.*

Main research results. *The study revealed the heterochronic nature of the development of neurodynamic, sensorimotor and psychophysiological functions in children aged 5–7 years. At the age of 7, there is a higher level of functional mobility, memory, attention and regulatory mechanisms of the cardiovascular system, which indicates the integration of functional systems and the sensitivity of this period for learning. Typological properties of the central nervous system, such as functional mobility and strength of nervous processes, determine the success of the formation of psychophysiological functions and educational activities. Based on the obtained results, it was established that the mechanisms of regulation of the cardiovascular system, which reaches its maximum development at the age of 7, are gradually improved in children of preschool and primary school age. Heart rate regulation is characterized by a gradual development determined by the genetic program, which is influenced by the individual and typological properties of the central nervous system, which contribute to the improvement of internal and intersystem connections.*

Conclusions and specific projections. *One of the important results of the study is the establishment that in children of preschool and elementary school age, individuals with a high level of typological properties demonstrated higher activation of heart rhythm regulation mechanisms, better memory and faster compensatory reactions of the cardiovascular system. The obtained data confirm the role of genetically determined individual-typological properties of HNA in the formation of psychomotor functions and the success of educational activities.*

Key words: *individual-typological properties, neurodynamic functions, sensorimotor reactions, psychophysiological functions, ontogenesis, children, initial activity, heterochrony of development.*

Одержано редакцією: 10.09.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

UDC 612.821

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-51-58

Lyzohub Volodymyr Serhiyovych

Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University

v_lizogub@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3001-138X>**Salivonchuk Ivan Ivanovych**

Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University

911salivon@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-5379-518X>**Pustovalov Vitaliy Oleksandrovych**

Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University

v_pustovalov@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8625-6175>**Kozhemiako Tetyana Volodymyrivna**

Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University

kozhemako@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-4197>

STATOKINETIC STABILITY OF FOOTBALL PLAYERS AND ITS RELATIONSHIP WITH INDIVIDUAL-TYOLOGICAL PROPERTIES OF THE NERVOUS SYSTEM

The article presents the results of the study of statokinetic stability and individual typological properties of the nervous system of highly qualified football players. Statokinetic stability was determined on the “MPFI stabilograph-1” stabilograph and the StabiliS software package according to the quality factor of the balance regulation function (KFR), the trajectory length of the pressure center oscillation (Length), the average speed of the pressure center movement (AvgSpeed), the average range of the pressure center oscillation (Range), the average frequency of the spectrum of the pressure center oscillation in the mediolateral and anteroposterior planes (wAvgFMA, Hz). Individual typological properties of the nervous system, namely, the strength of nervous processes (SNP), were determined on the “Diagnost-1M” device.

The relationship between SNP and the trajectory length of the pressure center oscillation (Length) of the stabilogram was established. The rank correlation coefficient R_x between the SNP and Length indicators in football players was 0.36 ($p=0.027$). The results of the stabilogram of football players according to the characteristics of KFR, Length, AvgSpeed, Range and wAvgFMA showed that football players with an above-average level of SNP demonstrated a higher level of statokinetic stability than individuals with a below-average level of the studied typological property ($p<0.036$).

Therefore, the most adequate characteristics of the effective implementation of statokinetic stability of football players are its connection with the individual-typological properties of the nervous system, namely the SNP. It is possible that the individual-typological features of the organization of the nervous system and the SNP determine the strategy of football players' game activity.

Keywords: *individual typological properties, statokinetic stability, strength of nervous processes, football players.*

Introduction. Knowledge about the state of statokinetic stability of their body is necessary to solve the problems of special training of football players, increase its efficiency, optimize the load [1; 2]. The vertical position of the football player's body is stable due to the high position of the center of gravity from the support and constant movement in space. Under any conditions that destabilize the balance of the statokinetic neural network system, mechanisms that correct the stability of the body are included. Research of the regulation mechanisms of statokinetic stability is an urgent task of physiology and treatment of various disorders of the central nervous system and

musculoskeletal system [3; 4]. This problem is also relevant for the diagnosis of functional states of a person in various types of work, military and sports activities [5; 6; 7; 8; 9]. A high level of postural stability is also necessary for performing everyday safe actions and for reducing the risk of falling [10]. For many sports, balance is one of the leading coordination abilities. Therefore, monitoring the ability to maintain balance is critically important both for a comprehensive analysis of the level of sportsmen training and for the team recruitment and selection [11]. As noted by a number of authors, statokinetic stability depends on the state of visual and vestibular function [12; 13], auditory sensory system [14], endurance and muscle coordination [15]. It is known that the visual system solves the problem of stabilizing statokinetic stability by several mechanisms. First, the visual system participates in assessing the magnitude, speed and direction of body movement in space [10]. Second, it can indirectly affect the quality of regulation of statokinetic stability through the nonspecific influence of the visual analyzer on the tonic contraction of postural muscles or through the vestibular system [5].

The results of recent studies indicate that statokinetic stability of football players is of great importance for ensuring effective game activity [16]. It has been established that the level of development of individual components of statokinetic stability depends on the nature of motor activity, type of sport, sportsman's qualification and heredity [7]. The criteria for a differentiated approach to assessing statokinetic stability can be differences in physical, technical or functional preparedness of football players, game role, and personal characteristics [17; 18]. It is also known that statokinetic stability can be influenced by individual typological properties of the nervous system [19]. The interaction of neurodynamic characteristics and statokinetic functions has not been studied for a long time for some reason despite the understanding of the natural origin of genetically determined individual typological properties of the CNS, their relative constancy, reliability and ease of registration. The results of the study can be considered, on the one hand, as a variant of modulation of central functions on statokinetic function, and on the other, as a means of integral influences of the properties of the main nervous processes on the activity of the postural activity system in the context of intersystem interaction of the organism, which is an urgent task of physiology and medicine. We assume that such criteria are met by the individual-typological properties of the nervous system: functional mobility, strength and balance of nervous processes.

The analysis of the literature shows that most scientific works lack thorough information about the nature and features of statokinetic stability depending on the typological characteristics of football players. There are no works in which individual typological properties of the nervous system act as a criterion for differentiating statokinetic stability. That is why knowledge about the relationship between statokinetic stability of football players and typological properties of the main nervous processes is of not only theoretical but also practical interest. This provides an opportunity to deepen the understanding of the features of the formation of individual typological properties of the nervous system, and on the other hand, provides grounds to predict the statokinetic stability of football players. A number of questions remain unanswered regarding the statokinetic stability of highly qualified football players and its relationship with individual typological properties of the nervous system in the process of game activity. The mechanisms of the features of the relationship between the statokinetic stability of football players and the typological properties of the nervous system are also unknown.

In general, the analysis of scientific works on the problem indicates the existence of an objective contradiction between the need to implement a differentiated approach to organizing the training process of football players and the insufficient scientific elaboration of the issue, considering the peculiarities of the individual typological properties of the nervous system of football players.

Therefore, the aim of the work was to establish or refute the relationship between the indicators of statokinetic stability of highly qualified football players and the individual typological properties of the nervous system.

Research methods. We studied the statokinetic stability and individual typological properties of the nervous system of 39 Premier League football players. Using the "MPFI

stabilograph-1” stabilograph platform and the StabiliS software package, we determined the statokinetic stability indicators of football players based on the quality coefficients of the balance regulation function (KFR, %), the trajectory length of pressure center oscillation (Length, mm), the average speed of the pressure center movement (AvgSpeed m/s), the average range of the pressure center oscillation (Range, mm), the average frequency of the spectrum of the pressure center oscillation in the mediolateral and anteroposterior planes (wAvgFMA, Hz).

Individual typological properties of the nervous system, and the strength of nervous processes (SNP) were determined according to the method of Makarenko M.V. et al. on the “Diagnost-1M” device [20; 21]. Experiments were performed on the IBM RS AT 386 computer system. The subject had to differentiate exciting and inhibitory stimuli, which were addressed to the left and right hands, as quickly as possible within 5 minutes. The SNP was assessed according to the results of the processed information amount. The more signals the subject processed in 5 minutes, the higher the level of SNP. The experimental material was processed by the method of variational statistics using the Statgraphics, Microsoft Excel programs.

Research results. As a result of the research, it was found that the indicators of statokinetic stability of football players had a significant relationship with SNP. Thus, the rank correlation coefficient R_x between the indicators of SNP and the level of the trajectory length of the pressure center oscillation (Length) in highly qualified football players was 0.36 ($p = 0.027$). This indicates that the higher the SNP of the subject, the higher the level of statokinetic stability and, conversely, football players with low indicators of the studied typological property of nervous processes were characterized by a greater length of the trajectory of the pressure center oscillation.

To verify or refute the existence of a connection between the results of the SNP study in football players, we determined its average level, which was 618.2 ± 13.5 signals. The highest SNP indicator was 738 signals, and the lowest was 530 signals. Using the signal deviation method, football players were divided into three groups according to the SNP indicator: with below-average ($<M - 0.5\sigma$), average ($M - 0.5\sigma - M + 0.5\sigma$) and above-average ($>M + 0.5\sigma$) SNP levels.

According to the results of the distribution of the subjects by the level of SNP, it was found that the majority of football players were characterized by an average level of strength of nervous processes (587 - 675 signals). Among highly qualified football players, there were 42% of such individuals (Fig. 1).

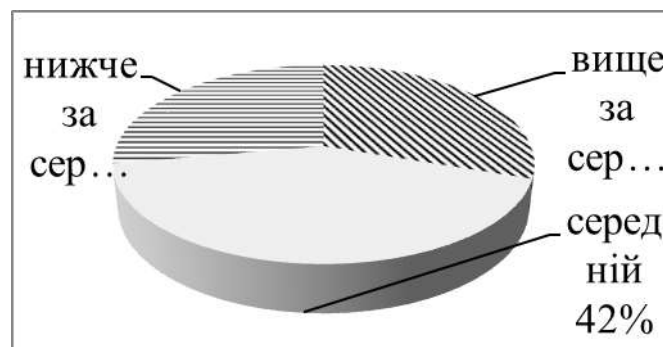


Figure 1. Distribution of football players by the level of nervous processes strength below average - 28%, above average – 30%, average – 42%

The number of sportsmen with below- (530-586 signals), and above-average (676 -738 signals) SNP indicators was significantly less. Among highly skilled football players, 30.2% of the subjects were classified as above-average SNP and performed signal processing tasks more than 676 signals in 5 min., while 27.8% of individuals performed test tasks and differentiated less than 586 signals and were classified as below-average SNP.

In groups of football players with different gradations of SNP separately and for the team as a whole, statokinetic stability indicators were determined and analyzed using a stabilograph based

on KFR, Length, AvgSpeed, Range and wAvgFMA. Table 1 presents the results of statokinetic stability in football players with different levels of SNP.

Table 1.**Statokinetic stability in football players with different levels of nervous process strength**

Levels of the SNP property	Statokinetic stability indicators				
	Length, mm	AvgSpeed, m/s	KFR, %	Range, mm	wAvgFMA, Hz
Above-average	412.1 ±26.7	7.9 ±0.44	81.3 ±1.62	17.4 ±1.46	0.281 ±0.01
Average	445.8 ±25.6	8.3 ±0.43	79.5 ±1.85	19.3 ±1.45	0.291 ±0.02
Below-average	456.7 ±28.6	8.6 ±0.45	75.4 ±1.34	23.4 ±1.65	0.318 ±0.01

Note: * statistically significant differences between groups of subjects with high, medium and low levels of SNP at the $p < 0.05$ level.

Table 1 shows that the presented results of the state of statokinetic stability in highly qualified football players in connection with the level of SNP characterize the qualitative aspect of the relationship between the studied indicators. Higher levels of SNP corresponded to higher values of statokinetic stability. Conversely, sportsmen with low levels of SNP were characterized by low statokinetic stability. Thus, football players with above-average levels of SNP (676-738 signals) were also characterized by a high level of statokinetic stability. In this group of subjects, the indicators of Length, AvgSpeed, Range and wAvgFMA in the mediolateral and anteroposterior planes were statistically significantly lower, and the KFR indicator was higher than in individuals with below-average levels of SNP ($p = 0.013 - 0.043$). Football players with an average level of SNP occupied an intermediate position in terms of statokinetic stability indicators.

Since football players with high and average SNP were also characterized by a higher level of statokinetic stability than individuals with a below-average gradation of the typological property of the nervous system, it would not be entirely correct to draw a conclusion about the features of the provision. However, we obtained advantages in all indicators of statokinetic stability in subjects with higher SNP. The results presented in Table 1 confirm the validity of such a generalization. In individuals with high SNP, the indicators of statokinetic stability were higher than in subjects with a low gradation of the typological property under study.

Thus, the results of the correlation and comparative analysis show that the statokinetic stability of highly qualified football players depends on the individual typological properties of the nervous system. Individual typological properties of the nervous system, SNP determine the participation of various mechanisms of statokinetic stability of football players. It was found that football players with a high and average level of SNP were characterized by high statokinetic stability than individuals with a low studied typological property of the nervous system.

Discussion of the results. The conducted studies have shown that in highly skilled football players, there is a connection between statokinetic stability and individual-typological properties of the nervous system. If the necessary physical, anthropometric, functional and other characteristics were available, individuals with the high SNP achieved better results in statokinetic stability than those whose indicators of individual-typological properties of the nervous system were lower.

The main generalization of the results of our work is that the obtained indicators of statokinetic stability and characteristics of the nervous system of the subjects are in a corresponding dependence on biological determinants, which is reflected in the high indicators of statokinetic stability and neurodynamic properties of football players [18; 22]. The existence of a connection between the individual typological properties of the higher divisions of the nervous system and indicators of statokinetic stability formed the basis of the idea we formulated about a dynamic

multi-circuit neurodynamic system with hierarchically organized mechanisms for the regulation of neurometabolic processes and motor properties [23]. Based on the results of our study, we can generalize that the typological properties of the main nervous processes (SNP) have a genetic influence on the statokinetic stability of football players, which creates the necessary functional conditions for effective playing activity. Considering our data and theoretical analysis of scientific sources [24], there are good reasons to generalize that football players with above-average and average levels of SNP were characterized by higher statokinetic stability than individuals with below-average levels that ensures their achievement of high results in game activity in comparison with representatives with low typological properties of the nervous system.

Actually, the improvement of coordination mechanisms in the structures of the brain, central and peripheral apparatus, the change in lability, coordination and rhythm acquisition opens up opportunities for increasing statokinetic stability through physical education and sports [25]. Considering that the typological properties of the nervous system, SNP, and statokinetic stability are genetically determined, attention should also be paid to the fact that the high level of the studied properties in highly qualified sportsmen may be the result of natural selection. It is likely that in the process of long-term sports improvement, there is a selection of football players with high indicators of statokinetic stability and SNP and the elimination of those who have low properties. Therefore, in groups of highly qualified football players, there were significantly more representatives with a high level of development of the typological properties of the nervous system and with more pronounced characteristics of statokinetic stability.

Our study is based on the understanding that the individual-typological properties of nervous processes, namely SNP, are highly genetically determined properties, and the characteristics of the statokinetic function are stable and reliable psychophysiological properties [26]. They can change under the influence of phenotypic environmental factors, sports and training, therefore, studying their interaction in highly qualified athletes makes it possible, on the one hand, to consider it as a variant of modulation of central functions, and on the other hand, as a means of integral influences of the properties of basic nervous processes, SNP on statokinetic stability within the framework of intersystem interaction of the organism. Based on the results of our research and analysis of the literature, we proposed a hypothesis according to which the formation of statokinetic stability in football athletes is influenced by gene-regulatory mechanisms that are determined and adjusted by the individual typological properties of the nervous system (SNS), and are also modulated by afferent impulses from the proprioceptors of working muscles during training and competitive loads.

Therefore, the individual typological properties of the HNA, the strength of nervous processes constitute the neurodynamic basis of the statokinetic stability of football players. Statokinetic stability in football players depends on the level of development of highly genetically determined properties of the main nervous processes.

The results can be the basis for selection into sports sections and used to optimize the training process and prevent adverse changes in the body.

Conclusions:

1. The features of statokinetic stability of football players with different levels of nervous process strength were studied. A relationship between the strength of nervous processes and statokinetic stability indicators was revealed for highly qualified football players. The rank correlation coefficient R_{xy} between SNP indicators and the trajectory length of the pressure center oscillation (Length) in highly qualified football players was 0.36 ($p=0.027$).
2. It was found that football players with high and average levels of SNP were characterized by higher indicators of statokinetic stability than individuals with low levels of the studied typological property.
3. The results of statokinetic stability in football players according to its characteristics revealed that football players with a higher level of SNP demonstrated a higher level of statokinetic stability than individuals with a low level of the studied typological property.

Список використаної літератури

1. Лисенчук Г.А. Управление подготовкой футболистов: монография / Г.А. Лисенчук. – К. : Олимп. лит. – 2003. – 217 с.
2. Николаенко В.В. Многолетняя подготовка юних футболистов. Путь к успеху: учеб-метод. пособ./ В.В. Николаенко, В.Н. Шамардин. – К.: Саммит-книга, 2015. – 360 с.
3. Brown T. C., McGee A. W. Monocular deprivation during the critical period alters neuronal tuning and the composition of visual circuitry. *PLoS biology*. 2023. 21(4). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002096>
4. Korver A. M., Smith R. J., Van Camp G., Schleiss M. R., Bitner-Glindzicz M. A., Lustig L. R., Usami S. I., Boudewyns A. N. Congenital hearing loss. *Nature reviews. Disease primers*. 2017. 3, 16094. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.94>
5. 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>
6. Лисенчук Г. А., Хмельницька, І. В., Крупеня, С. В., Литвиненко, О. М., Борецька Н. О. Комп'ютерні системи контролю моторики у фізичному вихованні школярів із депривацією слуху. Фізичне виховання та спорт. 2021.(2), 54-62. DOI: <https://doi.org/10.26661/2663-5925-2020-2-08>
7. Коваленко Я., Балобан В. Статодинамічна стійкість тіла спортсменок, котрі займаються художньої гімнастикою, перебуває в етапі спеціалізованої базової підготовки. *Наука у олімпійському спорті*. 2018. No 4, С.70-78. DOI:10.32652/olympic2018
8. Безкопильна С.В., Мінаєв Б.П., Безкопильний О.О., Каленіченко О.В., Гречуха С.В. Вікові особливості статокінетичної стійкості у спортсменів та не спортсменів. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біол. Науки.* - 2023, № 1. С. 11–22. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-34.
9. Компанієць О. А. Професійна працездатність льотного складу за показниками постурографії. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2008, № 4, С. 55–59
10. Hamzehpour F., Absalan A., Pirasteh E., Sharafi Z., Arbabsarjoo H. 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*. 2021. 32(5), 303–307. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728754>
11. Matsuda S, Demura S, Uchiyama M. Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *J Sports Sci*. 2008;26(7):775–779.
12. 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.* - Луцьк, 2017. Вип. 27. С. 98–103.
13. Лозова Ю.В. Визначення вестибулярної функції у дітей хворих на гнійний середній отит. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Медицина»*. 2022; 44: 49-64. doi:10.26565/2313- 6693-2022-44-04
14. 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. DOI 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57.
15. Asslander L.I., Peterka R.J. Sensory reweighting dynamics in human postural control // *J. Neurophysiol*. 2014. V. 111. Ne 9. P. 1852
16. Шамардин В.М. Технологія управління системою багаторічної підготовки футбольних команд вищої кваліфікації спорту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора наук з фіз. виховання і спорту: спец. 24.00.01 «Олімпійський та професійний спорт» / В.М. Шамардин. – Львів, 2013. – 35 с.
17. Коробейнікова Л. Г. Психофізіологічні стани організму людини в період тренувань та змагань з олімпійських видів боротьби: дис. ... д-ра. біол. наук : 03.00.13. Київ, 2014. – 384 с.
18. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті: монографія / Георгій Коробейніков, Євген Приступа, Леся Коробейнікова, Юрій Бріскін. Львів: ЛДУФК, 2013. – 312 с.
19. Лизогуб В.С., Салівончик І.І., Коваль Ю.В., Дудник І.О. Формування статокінетичної стійкості в онтогенезі *Вісник Черкас. універ. Серія Біологічні науки*. 2023; № 2: 61-77 (Україна). doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-64-77
20. Пат. 96496 Державна служба інтелектуальної власності України, МПК А 61В5/16. Спосіб психофізіологічної оцінки функціонального стану слухового аналізатора / Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Галка М.С., Юхименко Л.І., Хоменко С.М. – № а 2010 02225; заявл. 01.03.2010; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.
21. Макаренко М.В. Зв'язок успішності психомоторної діяльності з викликаною активністю мозку людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи. *Фізіологічний журнал.* – 2014. – (№3). – С. 65-66.
22. Козина Ж.Л. Система индивидуализации подготовки спортсменов в игровых видах спорта: Монография / Козина Ж.Л. Lambert Academic Publishing (Україна). – 2011. – 532 с.
23. Volodymyr Lyzohub, Ivan Salivonchuk, Yuliya Koval, Olha Paliichuk Role of visual information in maintaining statokinetic stability on steady and unsteady platform. *Вісник Черкас універ. Серія Біологічні науки*. 2024. – № 1: 35-45 (Україна). doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-34-45

24. Ровний А.С., Лизогуб В.С. Психосенсорні механізми управління рухами спортсменів: монографія. – Харків: ХНАДУ, 2016. – 359 с.
25. Платонов В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. Київ : Олімпійська література, 2017. – С. 185-187.
26. 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.

References

- Lysenchuk H.A. Management of football training: a monograph / H.A. Lysenchuk. - K.: Olympic. lit. – 2003. – 217 p.
- Nikolayenko V.V. Long-term training of young football players. The way to success: teaching methodical manual/V.V. Nikolayenko, V.N. Shamardin. - K.: Summit book, 2015. – 360 p.
- Brown T. C., McGee A. W. Monocular deprivation during the critical period alters neuronal tuning and the composition of visual circuitry. *PLoS biology*. 2023. 21(4). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002096>
- Korver A. M., Smith R. J., Van Camp G., Schleiss M. R., Bitner-Glindzicz M. A., Lustig L. R., Usami S. I., Boudewyns A. N. Congenital hearing loss. *Nature reviews. Disease primers*. 2017. 3, 16094. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.94>
- Liakh Yu., Usova O., Romaniuk A., Melnychuk V., Liakh M., Antipov A. Computer stabilometry in the assessment of a person's functional state. *Physical education, sports and health culture in modern society*. 2019. No. 2. P. 66-72. DOI: <https://doi.org/10.29038/2220-7481-2019-02-66-72>
- Lysenchuk H. A., Khmelnytska, I. V., Krupenia, S. V., Lytvynenko, O. M., Boretska N. O. Computer systems for motor control in physical education of schoolchildren with hearing deprivation. *Physical Education and Sports*. 2021 (2), p. 54-62. DOI: <https://doi.org/10.26661/2663-5925-2020-2-08>
- Kovalenko Ya., Baloban V. Statodynamic stability of the body of sportswomen engaged in rhythmic gymnastics at the stage of specialized basic training. *Science in Olympic Sports*. 2018. No. 4, pp. 70-78. DOI:10.32652/olympic2018
- Bezcopylna S.V., Minaev B.P., Bezcopylny O.O., Kalenichenko O.V., Hrechukha S.V. Age-related features of statokinetic stability in sportsmen and non-sportsmen. *Bulletin of Cherkasy University. Series: Biol. Sciences*. - 2023, No. 1. Pp. 11–22. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-27-34
- Kompaniyets O. A. Professional working capacity of flight crew according to posturography indicators. *Ukrainian Journal of Occupational Medicine Problems*. 2008, No. 4, pp. 55–59.
- Hamzehpour F., Absalan A., Pirasteh E., Sharafi Z., Arbabsarjoo H. 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*. 2021. 32(5), 303–307. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728754>
- Matsuda S, Demura S, Uchiyama M. Centre of pressure sway characteristics during static one-legged stance of athletes from different sports. *J Sports Sci*. 2008;26(7):775–779.
- Alioshyna A., Ivanitskyi R., Bychuk O. Development and correction of the motor sphere of children with hearing impairments in the process of physical education. Current stage. *Youth scientific bulletin of the Lesia Ukrayinka Eastern European National University*. - Lutsk, 2017. Issue 27. Pp. 98–103.
- Lozova Y.V. Determination of vestibular function in children with purulent otitis media. *Bulletin of the V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Medicine"*. 2022; 44: 49-64. doi:10.26565/2313- 6693-2022-44-04
- Koval Yu.V., Yukhymenko L.I., Chystovska Yu.Yu., Paliychuk O.V. Age-related features of the formation of statokinetic stability in individuals with auditory function deprivation. *Bulletin of Cherkasy University. Series Biological Sciences*. – 2023. - No. 1. – P. 46-57. DOI 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-1-46-57.
- Asslander L.I., Peterka R.J. Sensory reweighting dynamics in human postural control // *J. Neurophysiol*. 2014. V. 111. Ne 9. P. 1852
- Shamardin V.M. Management technology of the system of long-term training of football teams of the highest qualification of sports: author's abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Sciences in Physical Education and Sports: Speciality 24.00.01 "Olympic and Professional Sports" / V.M. Shamardin. – Lviv, 2013. – 35 p.
- Korobeynikova L. H. Psychophysiological states of the human body during training and competitions in Olympic wrestling: Dissertation ... Dr. Biol. Sciences: 03.00.13. Kyiv, 2014. – 384 p.
- Assessment of psychophysiological states in sports: Monograph / Georgy Korobeinikov, Yevhen Prystupa, Lesia Korobeinikova, Yuriy Briskin. Lviv: LSUPC, 2013. – 312 p.
- Lyzohub V.S., Salivonchuk I.I., Koval Y.V., Dudnyk I.O. Formation of statokinetic stability in ontogenesis. *Bulletin of Cherkasy University. Series Biological Sciences*. 2023; No. 2: 61-77 (Ukraine). doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-64-77
- Pat. 96496 State Intellectual Property Service of Ukraine, MPK A 61V5/16. Method of psychophysiological assessment of the functional state of the auditory analyzer / Makarenko M.V., Lyzohub V.S., Galka M.S., Yukhymenko L.I., Khomenko S.M. – No. a 2010 02225; appl. 01.03.2010; publ. 10.11.2011, Bull. No. 21.
- Makarenko M.V. The relationship between the success of psychomotor activity and the evoked brain activity of people with different individual typological properties of the higher parts of the central nervous system. *Physiological Journal*. - 2014. - (№3). - P. 65-66.

22. Kozyna Zh.L. The individualization system of sportsmen's training in game sports: Monograph / Kozyna Zh.L. Lambert Academic Publishing, (Ukraine). - 2011. - 532 p.
23. Volodymyr Lyzohub, Ivan Salivonchuk, Yuliya Koval, Olha Paliichuk. **Role of visual information in** maintaining statokinetic stability on steady and unsteady platform. Bulletin of Cherkasy University. Series Biological Sciences. 2024. - № 1: 35-45 (Ukraine). doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-1-34-45
24. Rovny A.S., Lyzohub V.S. Psychosensory mechanisms of controlling the movements of sportsmen: Monograph. – Kharkiv: KhNASU, 2016. – 359 p.
25. Platonov V.N. Motor qualities and physical training of sportsmen. Kyiv: Olympic Literature, 2017. – P. 185-187.
26. Lyzohub V. S. Modern approaches to the selection of highly qualified football players based on indicators of neurodynamic properties of the higher divisions of the central nervous system. Slobozhansky Science and Sport Bulletin. 2017. (№2). – P. 81-85.

Лизогуб В. С., Салівончик І. І., Пустовалов В. О., Кожемяко Т. В.

Статокінетична стабільність футболістів та її зв'язок з індивідуально-типологічними властивостями нервової системи

У статті представлені результати дослідження статокінетичної стійкості та індивідуально-типологічних властивостей нервової системи висококваліфікованих футболістів. Статокінетичну стійкість визначали на стабілографі «МПФИ стабілограф-1» і пакету програмного забезпечення StabiliS за показниками коефіцієнту якості функції регулювання рівноваги (KFR), довжини траєкторії коливання центру тиску (Length), середньої швидкості переміщення центру тиску (AvgSpeed), середнього розмаху коливання центру тиску (Range) середньої частоти спектру коливання центру тиску у медіолатеральній та антеріопостеріорній площині ($wAvgFMA$, g). Індивідуально-типологічні властивості нервової системи, а саме силу нервових процесів (СНП) встановлювали на приладі «Діагност-ІМ».

Встановили зв'язок СНП та довжини траєкторії коливання центру тиску (Length) стабілограми. Коефіцієнт рангової кореляції R_{xy} між показниками СНП та Length у футболістів дорівнював 0,36 ($p=0,027$). Результати стабілограми футболістів за характеристиками KFR, Length, AvgSpeed, Range та $wAvgFMA$ показали, що футболісти з вище за середній рівень СНП демонстрували вищий рівень статокінетичної стійкості, ніж особи з нижче за середній рівень досліджуваної типологічної властивості ($p<0,036$).

Отже, найбільш адекватними характеристиками ефективної реалізації статокінетичної стійкості футболістів є її зв'язок з індивідуально-типологічними властивостями нервової системи, а саме СНП. Можливо, що індивідуально-типологічні особливості організації нервової системи та СНП визначають стратегію ігрової активності футболістів.

Ключові слова: індивідуально-типологічні властивості, статокінетична стійкість, сила нервових процесів, футболісти.

Одержано редакцією: 27.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 796.412:616.1(045)

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-59-68

Лук'янцева Галина Володимирівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

lukjantseva@gmail.com

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

Бакуновський Олександр Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

alexandr.bakunovskiy@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1025>

Пастухова Вікторія Анатоліївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

pastuhova_v@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-913X>

Дроздовська Світлана Богданівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

sdrozдовska@gmail.com

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

Бабак Світлана Віталіївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

svitsvb@i.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6985-1394>

Ільїн Володимир Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

ilyin_nufvsu@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7140-0659>

Малюга Сергій Сергійович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

sergey.malyuga@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8833-3269>

ВПЛИВ СТАТО-ДИНАМІЧНИХ ВПРАВ НА ПАРАМЕТРИ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ ПРИ ЗАНЯТТЯХ СИЛОВИМ ФІТНЕСОМ

Дана робота присвячена проблемі встановлення особливостей впливу стато-динамічних вправ на параметри функціонування серця і кровоносних судин в період швидкого відновлення після виконання фізичної роботи у осіб, які займаються силовим фітнесом. Встановлено, що система кровообігу нетренованих юнаків реагує на стато-динамічні вправи так само, як на м'язову роботу динамічного характеру, що може бути пов'язано з відсутністю гіпертрофії скелетних м'язів і неможливістю розвинути достатній рівень статичного тонічного зусилля. На протизагу цьому, реактивні зміни системи кровообігу юнаків, які займаються фітнесом, у відповідь на стато-динамічні вправи, в цілому співпадають з динамікою параметрів роботи серця і кровоносних судин у відповідь на статичну роботу – одразу після виконання вправ знижуються величини параметрів нагнітальної функції серця з подальшим компенсаторним їх зростанням. Таким чином, у юнаків, які практикують заняття силовим фітнесом, при виконанні стато-динамічних вправ зафіксовано прояви феномену статичних зусиль (т.зв. феномен Лінгарда).

Ключові слова: система кровообігу; серце; кровоносні судини; гемодинаміка; спорт.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Представлена робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри медико-біологічних дисциплін

Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив екзогенних та ендогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (державний реєстраційний номер 012U108187).

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Силовий фітнес як комплекс м'язових вправ з різними навантаженнями, спрямований на розвиток силових характеристик, фізичної витривалості, підвищення м'язового тону і збільшення м'язової маси [1, 2]. До арсеналу засобів сучасного силового фітнесу входять динамічні, статичні і стато-динамічні вправи [3, 4]. Втім, наразі найбільш широко відомими і тими, які найбільш часто застосовують для нарощування м'язової маси, є методики статичних і динамічних вправ [5, 6]. Але останнім часом, у практиці спорту вищих досягнень і у фітнесі, з метою підвищення рівня силових здібностей, стали широко використовуватися технології застосування стато-динамічного фізичного навантаження [7, 8].

При використанні стато-динамічних вправ, інтенсивність м'язового навантаження становить від 10 до 60% від повторюваного максимуму; вправи виконуються без повного розслаблення м'язів, до появи сильного больового відчуття. Відмінною рисою означеного режиму вправ, є спрямування на збільшення сили та витривалості в окисних м'язових волокнах. Програми тренувань в мікроциклах з використанням силових вправ динамічного, статичного і стато-динамічного характеру в різні дні мікроциклу дозволяють достовірно поліпшити швидко-силові можливості [9]. Суттєві фізіологічні відмінності між різними типами фізичних вправ визначають особливості перебігу реакцій на них у вісцеральних системах, в тому числі – відмінну динаміку гемодинамічної відповіді.

Наукових публікацій, присвячених дослідженню впливу стато-динамічних вправ на особливості перебігу змін у серцево-судинній системі в період швидкого відновлення після фізичного навантаження, в спеціальній літературі вкрай мало, що актуалізувало появу нашої роботи.

Мета. Встановлення особливостей впливу стато-динамічних вправ на параметри системи кровообігу в період швидкого відновлення у осіб, які займаються силовим фітнесом.

Матеріали та методи дослідження. Нами було обстежено 26 осіб чоловічої статі (20 р.) без шкідливих звичок, гострих захворювань або хронічної патології. З метою формування груп, застосовували пробу Мартіне. Згідно з отриманими результатами, для подальшої роботи відбирали лише осіб з нормотонічною реакцією системи кровообігу (24 особи). Для дослідження реакції системи кровообігу на стато-динамічні вправи, визначали максимальну станову силу, з застосуванням станового динамометра ДС-200. Обстежені юнаки були розподілені на 2 групи – нетреновані особи (група Н) і юнаки, які займаються силовим фітнесом (група Ф). Дослідження проведено згідно з біоетичними стандартами Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини і біомедицину (1977 р.), а також згідно з відповідними постановами ВООЗ та законами України. Моделювання стато-динамічних вправ (СДВ) проводили за допомогою станового динамометра наступним чином. Для забезпечення рівномірності динамічної складової м'язового силового зусилля прикріплювали до рукоятки станового динамометра складену вчетверо по довжині стрічку для фітнесу з дуже високим рівнем опору, (X-heavy) таким чином, щоб мати два вільні кінці довжиною по 11 см [10]. Обстежена особа, захоплювала обома кистями (захватом «в кулак») вільні кінці гумової стрічки, залишаючи по 5 – 6 см стрічки між власними кистями та рукояткою станового динамометра, потім, зігнувши руки в ліктьових суглобах під кутом 90°, приступала до виконання стато-динамічних вправ. Саме стато-динамічне навантаження тривало 20 секунд, і полягало в 20-разовому відтворенні силового м'язового зусилля, в діапазоні від 25% до 50% від максимальної станової сили, за рахунок плавних почергових рухів згинання і розгинання в поперековому відділі хребта, за відсутності рухів в попередньо зігнутих в ліктьових суглобах рук.

Перед СДВ і на 1-й, 2-й і 3-й хвилині після завершення вправ, у всіх юнаків підраховували частоту серцевих скорочень (ЧСС) пальпаторно на лівій сонній артерії. Одночасно з цим, в положенні стоячи, записували тетраполярну грудну реоплетизмограму за

допомогою комп'ютеризованого діагностичного комплексу «Кардіо+». Нагнітальну функцію серця і ЗПО ми аналізували за параметрами, нормованими до площі поверхні тіла обстежуваних (УІ, СІ), а не за абсолютними значеннями систолічного та серцевого викиду, з метою нівелювання антропометричних відмінностей між юнаками з різних груп. Проводили аналіз наступних параметрів гемодинаміки - частота серцевих скорочень (ЧСС), ударний об'єм крові (УО), ударний індекс (УІ), хвилинний об'єм крові (ХОК), серцевий індекс (СІ), індекс хвилинної роботи серця (ІХРС), індекс ударної роботи серця (ІУРС), об'ємна швидкість вигнання крові (ОШВ), питомий периферійний опір (ППО), загальний периферійний опір (ЗПО). Крім того, визначали показники функціонування кровоносних судин – дикротичний індекс (ДикрІн), діастолічний індекс (ДіастІн), тонус артерій великого калібру (ТАВК), тонус артерій середнього і малого калібру (ТАДСК), а також тонус артерій усіх калібрів (ТВА).

Статистичну обробку даних проведено за допомогою комп'ютерної програми IBM SPSS Statistics (версія 26). У зв'язку з тим, що в кожній з 12 осіб груп Н і Ф вимірювання усіх параметрів проводили тричі, відповідно, повторюваність вимірювання складала $n=36$. Це визначило використання при статистичній обробці одержаних показників параметричні методи оцінки.

Результати досліджень та їх обговорення. У таблиці 1 представлена динаміка змін роботи серця обстежених юнаків після стато-динамічних вправ, а також у періоді швидкого відновлення після них.

Як видно з таблиці 1, перед СДВ величина ЧСС у осіб групи Ф була на 4,9% менше ($p<0,05$), ніж у нетренованих осіб. Одразу після СНВ у юнаків всіх груп спостерігається радикально відмінні зміни ЧСС. У осіб з групи Ф відбувається початкове зниження ЧСС (на 5,1% одразу після СДН, ($p<0,05$), яке вже через 1 хв. змінюється компенсаторним зростанням цього параметру (на 6,7%, $p<0,05$) і подальшим прагненням до відновлення вихідного рівня ЧСС. В групі Н СДВ спричинили зростання ЧСС (на 6,6% одразу після СДН, $p<0,05$) з поступовим зниженням до стану спокою.

Таблиця 1

Динаміка параметрів роботи серця після стато-динамічних вправ, $\bar{x} \pm m$,
($n=36$ в кожній групі)

Пара метр	Г р.	До СДВ	Одразу після СДВ	Через 1хв. після СДВ	Через 2 хв. після СДВ	Через 3 хв. після СДВ
ЧСС, уд/с	Н	85,4±3,4	91,1±3,6*	88,9±3,4	87,2±3,6	86,2±3,3
	Ф	81,2±1,53#	77,0±1,2*#	86,6±1,4*#	84,4±1,1#	81,9±0,4#
УО, мл	Н	56,1±4,6	63,5±4,6*	60,8±4,8*	58,8±4,8	56,8±4,6
	Ф	68,2±2,0#	64,2±1,7*	78,2±1,5*#	73,7±1,9*#	69,5±1,6#
ХОК, л/хв	Н	4,8±0,4	5,8±0,5^*	5,4±0,5*	5,1±0,5*	4,9±0,5
	Ф	5,5±0,19#	4,9±0,2*#	6,8±0,2*#	6,2±0,2*#	5,7±0,2#
УІ, мл/м ²	Н	28,6±5,0	32,4±5,4*	30,9±5,2*	29,9±5,2*	28,9±5,1
	Ф	35,8±2,7#	33,7±2,6*	41,0±3,0*#	38,7±2,5*#	36,5±2,9#
СІ, л/хв/м ²	Н	2,4±0,5	2,9±0,5*	2,8±0,5#*	2,6±0,5*	2,5±0,5
	Ф	2,9±0,3#	2,6±0,2*#	3,6±0,3*#	3,3±0,2*#	2,9±0,3#
ІХРС, кг·м/м ²	Н	3,1±0,8	4,2±0,7*	3,8±0,7*	3,5±0,6*	3,2±0,5
	Ф	3,7±0,4#	3,9±0,3*#	5,1±0,4*#	4,4±0,4*#	3,9±0,4#
ІУРС, г*м/м ²	Н	36,2±5,3	46,3±7,1*	42,8±6,9*	40,1±6,3*	37,6±5,7
	Ф	45,9±4,3#	50,6±3,7*#	58,9±4,4*#	52,5±4,1*#	47,5±4,4#
ОШВ, мл/с	Н	267,7±5,1	318,2±18,1*	302,3±14,2*	287,4±10,8*	272,1±8,6
	Ф	293,1±7,1#	275,3±6,6*#	336,2±8,3*#	319,3±7,2*#	301,1±6,9#
ПЛШ, Вт	Н	3,2±0,2	4,3±0,2*	3,9±0,1*	3,7±0,1*	3,4±0,2
	Ф	3,6±0,2#	3,9±0,1*#	4,5±0,2*#	4,1±0,2*#	3,7±0,1#

Примітки: * – різниця достовірна порівняно зі значенням вихідного стану власної групи ($p<0,05$); # – різниця достовірна зі значенням групи нетренованих осіб ($p<0,05$).

У стані перед СДВ величина УО у осіб з групи Ф складала $68,2 \pm 2,0$ мл, що на 21,62% ($p < 0,05$) більше, ніж в групі Н. СДВ по-різному впливають на характер змін УО у юнаків з різних груп. В групі Ф величина цього параметру спочатку знизилася на 5,9% ($p < 0,05$), в групі Н - зросла на 13,34% ($p < 0,05$) відповідно. Вже через 1 хв., після початкового зниження УО, у юнаків з групи Ф зареєстровано значне зростання УО – на 14,5% ($p < 0,05$), у нетренованих юнаків і цей час величина УО починає знижуватися (різниця з вихідним станом складає вже 8,5% ($p < 0,05$)). У подальші терміни відновлення у всіх юнаків відбувається поступове повернення величини УО до вихідного стану, але з різною ефективністю. Так, через 2 хв. після СДВ ступінь перевищення величини УО порівняно зі станом спокою складав 8,0% ($p < 0,05$) і 4,9% відповідно. Через 3 хв. після СДВ ступінь відмінності УО від стану спокою означена різниця з вихідним станом складала 1,85% і 1,25%.

Величина ХОК перед СДВ у осіб з групи Ф дорівнювала $5,5 \pm 0,2$ л/хв, що на 14,6% ($p < 0,05$) перевищує ХОК у нетренованих осіб. Відповідно до змін ЧСС і УО, спричинених СДВ, було зафіксовано динаміку величини ХОК – вправи спричинювали зростання ХОК в групі НТ (на 20,9% ($p < 0,05$) відповідно), в той час коли в групі ФТ величина ХОК одразу значно знизилася - на 10,7% ($p < 0,05$). Але вже через 1 хв. після СДВ динаміка ХОК знову радикально змінюється – в групі Н початкове зростання ХОК, зареєстроване одразу після СДВ, поступово знижується з намаганням повернення ХОК в стан спокою. На відміну від них, початкове зниження величини ХОК в групі Ф вже через 1 хв. після СДВ змінилося різким зростанням цього параметру на 22,2% ($p < 0,05$); на подальших термінах відновлення в цій групі відбувається поступове повернення величини ХОК до початкового стану. Подальші терміни спостереження характеризуються у всіх групах поступовим поверненням величини ХОК до вихідного стану.

Величина УІ в стані спокою перед СДВ становила в групі Ф $35,8 \pm 2,7$ мл/м², що на а також на 25,2% більше ($p < 0,05$), ніж у групі Н. СДВ спричиняють характер змін, притаманний динаміці вищеописаних параметрів (ЧСС, УО і ХОК). Так, величина УІ у осіб з груп Ф в цей термін знизилася на 5,4% ($p < 0,05$), у нетренованих осіб – зросла на 13,30% ($p < 0,05$) відповідно. Втім, вже через 1 хв. після СДВ динаміка змін УІ залежно від групи радикально змінюється і співпадає з тою, яку було зафіксовано щодо змін ЧСС, УО та ХОК на цьому терміні спостереження. А саме – в групі Н після початково зростання УІ, відбувається поступове його зниження, повернення до вихідного стану. У осіб з груп Ф на цьому терміні відновлення відбулася радикально інша зміна УІ – початкове зниження УІ, спричинене СДВ, через 1 хв. після їх припинення, призводить до зростання УІ – на 14,5% від вихідного рівня ($p < 0,05$). Через 2 хв. після СДВ у всіх обстежених осіб з різним ступенем вираженості зареєстрована одна і та сама тенденція – зниження величини УІ до значень стану спокою. Підводячи підсумок аналізу змін УІ після СДВ, варто зазначити, що серед представників усіх обстежених груп динаміка цього параметру характеризується тими самими тенденціями, що і зміни усіх описаних параметрів роботи серця.

Величина СІ юнаків з групи Ф у вихідному стані на 24,7% ($p < 0,05$) вищим за величину СІ нетренованих осіб. Динаміка змін СІ одразу після вправ в цілому нагадує таку щодо параметрів ЧСС, УО, ХОК і УІ, а саме – СДВ у групі Ф спричиняють зменшення величини СІ на 10,7% ($p < 0,05$), в той час як у нетренованих осіб він збільшується на 20,9% ($p < 0,05$). На подальших термінах відновлення динаміка змін СІ наступна – у юнаків з групи Ф вона значно зростає – на 21,9% ($p < 0,05$), у нетренованих осіб - зменшується (різниця зі станом спокою складає 13,1%, $p < 0,05$). Через 2 хв. після СДВ у всіх осіб зафіксовано зниження СІ порівняно з попереднім терміном відновлення - на 12,0% ($p < 0,05$) і 7,4% ($p < 0,05$) відповідно. Через 3 хв. після припинення СДВ в групах Ф і Н значення СІ перевищували стан спокою на 2,7% і на 2,4% відповідно.

Параметр ІХРС у вихідному стані у осіб з групи Ф перевищує значення індексу хвилиної роботи серця у осіб з групи Н на 19,4% ($p < 0,05$). Стато-динамічна м'язова робота призводить до статистично достовірного зростання величини ІХРС - на 36,4% і на 4,56% відповідно (усе – з $p < 0,05$). Через 1 хв. після припинення СДВ у динаміці ІХРС осіб різних

груп знов простежується протилежна тенденція – означений параметр в групі Н починає зменшуватися і відрізняється від стану спокою на 22,9% ($p < 0,05$). В той самий час, ІХРС в групі Ф, навпаки, потужно зростає – на 36,7% ($p < 0,05$). Вже через 2 хв. після СДВ величина ІХРС у всіх групах знижується, різниця з вихідним станом в групі НТ складає 13,23% ($p < 0,05$), в групі Ф - 18,77% ($p < 0,05$). Останній термін відновлення характеризується в групі Н відмінністю з вихідним станом на 4,5%, в групі Ф - на 4,3% відповідно.

Наступний параметр роботи серця – ІУРС, у вихідному стані в групі Ф на 26,8% ($p < 0,05$) перевищує значення ІУРС у юнаків групи Н. Характер змін ІУРС після впливу СДВ є схожим в усіх обстежених, втім, ступінь його реалізації суттєво відрізняється залежно від групи. Так, СДВ спричиняють збільшення ІУРС в групах Н і Ф на 27,9% і на 10,1% відповідно (в обох групах з $p < 0,05$). Вже через 1 хв. після припинення СДВ в осіб з групи Ф його величина продовжує зростати, різниця з вихідним станом складає вже 28,2% ($p < 0,05$), а в групі Н вона дорівнює 18,0% ($p < 0,05$). Через 2 хв. після СДВ величина ІУРС у юнаків всіх груп знижується, різниця за станом спокою на цьому терміні відновлення становить вже 10,8% і 14,2% відповідно, усе – з $p < 0,05$.

Параметр ОШВ у вихідному стані в групі Ф є більшим на 9,5% ($p < 0,05$) порівняно з групою Н. Динаміка змін ОШВ після СДВ характеризується радикально відмінними змінами залежно від групи. Так, одразу після вправ, у групі Н зафіксовано зростання ОШВ – на 18,9% ($p < 0,05$) порівняно з вихідним станом. На всіх подальших термінах відновлення в них відбувається поступове зниження ОШВ з прагненням до відновлення вихідного стану. На противагу цьому, у осіб з групи Ф одразу після СДВ величина ОШВ, навпаки, зменшується (на 6,1%, $p < 0,05$). Через 1 хв. після припинення вправ також відбуваються кардинально різні зміни ОШВ – в осіб з групи Ф відбувається статистично достовірне зростання на 14,7% ($p < 0,05$) після початкового зниження, у нетренованих осіб – поступове зниження. Через 2 хв. після СДВ у всіх юнаків простежується подальше зниження величини ОШВ (різниця з вихідним станом складає в групі ФТ 8,95% ($p < 0,05$), в групі Н - 7,4% ($p < 0,05$)). Через 3 хв. після припинення СДВ в групах Ф і Н величина цього параметру відрізнялася в них від стану спокою на 2,0% і на 1,7% відповідно.

У вихідному стані значення ПЛШ у юнаків, які займаються фітнесом, перевищує величину цього параметру в групі Н на 12,5% ($p < 0,05$). Одразу після СДВ зафіксовано зростання ПЛШ в групах Н і Ф - на 33,8% і на 9,93% відповідно, з $p < 0,05$ в обох групах. Через 1 хв. після припинення СДВ, динаміка змін ПЛШ суттєво відрізняється залежно від групи – у нетренованих осіб його величина починає знижуватися з тенденцією до відновлення початкового рівня. В той самий час, у осіб з групи Ф величина ПЛШ продовжує зростати і відмінність зі станом спокою становить вже 28,5% ($p < 0,05$). Через 2 хв. після припинення СДВ величина ПЛШ в групі Н продовжує знижуватися, а у осіб з групи Ф тільки розпочинається процес відновлення ПЛШ, ступінь відмінності зі станом спокою становить 15,3% ($p < 0,05$). Таким чином, максимального зростання величина ПЛШ в групі Ф досягає лише через 1 хв. після СДВ, на відміну від групи Н, в яких максимальне збільшення величини ПЛШ зареєстроване одразу після виконання вправ. Через 3 хв. після СДВ різниця ПЛШ по відношенню до вихідного стану складала в групах Н і Ф 4,1% і 3,4% відповідно.

У таблиці 2 представлена динаміка змін параметрів функціонування кровоносних судин у всіх обстежених юнаків до і після СДВ.

У вихідному стані в групі Ф ППО є 17,9% ($p < 0,05$) меншим за величину цього параметру в групі Н групі НТ ($38,5 \pm 6,7$ у.о.). СДВ в групі Н призводять до статистично достовірного зменшення ППО на 7,1% ($p < 0,05$), надалі цей показник поступово повертається до вихідного стану. Описана динаміка радикально відрізняється від змін ППО у групі Ф – одразу після СДВ в них зафіксовано суттєве зростання ППО – на 31,2% ($p < 0,05$), яке вже через 1 хв. змінюється на таке саме різке зменшення ППО нижче рівня вихідного стану – на 8,3% ($p < 0,05$) відповідно. Через 2 хв. і 3 хв. після СДВ у юнаків з групи Ф відбувається поступове повернення ППО до вихідного стану.

Таблиця 2

Зміна показників центральної гемодинаміки та функціонування кровоносних судин після стато-динамічних вправ, $\bar{x} \pm m$, (n=36 в кожній групі)

Пара-метр	Г р.	До СДВ	Одразу після СДВ	Через 1хв. після СДВ	Через 2 хв. після СДВ	Через 3 хв. після СДВ
ППО, у.о.	Н	38,5±6,7	35,8±6,3*	36,9±6,8	37,8±6,6	38,5±6,7
	Ф	31,6±2,5#	41,3±4,1*#	29,0±2,4*#	29,8±2,1*#	31,2±2,5#
ЗПО, дин*с*см ⁻⁵	Н	1534,1±180,5	1425,7±134,8*	1469,8±136,9	1507,2±161,1	1536,3±176,5
	Ф	1323,2±64,9#	1724,0±66,1*#	1213,1±35,7*#	1247,4±56,2*#	1305,8±41,06#
ДикрІн, %	Н	60,4±1,3	56,5±1,9*	57,9±1,5	58,9±1,5	60,2±1,4*
	Ф	55,1±1,1#	62,8±2,2*#	51,9±0,9*#	53,9±1,1#	54,6±1,0
ДіастІн, %	Н	60,6±1,2	66,0±1,4*	63,9±1,4*	62,6±1,1	61,3±1,0
	Ф	55,4±1,0#	60,5±1,2*#	51,7±1,1*#	54,4±0,8#	55,1±0,9#
ТАВК, %	Н	11,2±1,3	12,9±1,2*	12,9±1,1*	12,4±1,1*	11,6±1,3
	Ф	9,1±0,5#	10,5±0,8*#	10,0±0,8*#	9,6±0,7*#	9,2±0,6#
ТАДСК, %	Н	17,6±1,3	14,5±1,4*	15,5±1,3*	16,7±1,3*	17,3±1,3
	Ф	13,5±0,7#	17,3±0,9*#	12,2±0,7*#	12,8±0,7*#	13,3±0,6#
ТВА, %	Н	27,7±1,1	31,5±0,8*	30,15±0,9*	28,7±1,0	28,1±1,1
	Ф	22,9±1,2#	27,1±1,5*#	25,7±1,3*#	24,3±1,3*#	23,3±1,2#

Примітки: * – різниця достовірна порівняно зі значенням вихідного стану власної групи ($p < 0,05$); # – різниця достовірна зі значенням групи нетренованих осіб ($p < 0,05$).

Аналогічною щодо змін ППО є тенденція коливань ЗПО, спричинена СДВ. У вихідному стані перед СДВ величина ЗПО нетренованих юнаків складає 1534,1±180,5 дин*с*см⁻⁵, що на 13,8% ($p < 0,05$) більше за величину ЗПО в групі Ф (1323,16±64,93 дин*с*см⁻⁵). СДВ призводять до абсолютно протилежних змін ЗПО у групах – одразу після припинення м'язової роботи в групі Н зафіксовано зниження ЗПО (на 7,1%, $p < 0,05$), натомість, у осіб з групи Ф під впливом СДВ відбулося потужне збільшення означеного показника – на 31,0% ($p < 0,05$). У подальші терміни відновлення після СДВ у нетренованих осіб величина ЗПО поступово повертається до вихідного стану. В той самий час, у юнаків з групи Ф початкове збільшення ЗПО змінюється радикально – вже через 1 хв. після СДВ величина ЗПО різко падає, при чому різниця з вихідним станом складає 8,3% ($p < 0,05$). У наступні терміни величина цього показника демонструє відновлення до значень вихідного рівня.

Дикротичний індекс в групі Н у вихідному стані становить 60,4±1,3%, що є меншим за значення ДикрІн у юнаків з групи Ф (55,07±1,11%, $p < 0,05$). Зміни ДикрІн одразу після СДВ характеризуються кардинально відмінними змінами у групах – у юнаків з групи Н величина ДикрІн одразу після СДВ знижується на 5,6% ($p < 0,05$), на відміну від осіб з групи Ф, в яких, навпаки, зафіксовано значне початкове зростання ДикрІн на 13,97% (з $p < 0,05$). На подальших термінах відновлення в групі Н фіксується поступове повернення ДикрІн до вихідного стану. На противагу змінам цьому, у юнаків з групи Ф, після початкового збільшення, вже через 1 хв. зафіксовано протилежні зміни - зниження ДикрІн нижче вихідного рівня на 5,8% ($p < 0,05$). Значення ДикрІн в групі Ф на подальших термінах свідчать про поступове повернення до стану спокою.

В стані перед СДВ наступний параметр центральної гемодинаміки – ДіастІн – у нетренованих осіб дорівнював 60,6±1,2%, що більше за величину цього параметру у юнаків з групи Ф (55,45±1,0%) на 6,6% ($p < 0,05$). Динаміка ДіастІн одразу після СДВ представлена зростанням цього параметру в усіх групах, але різною мірою – на 9,1% в групі Ф, на 8,9% - в групі Н (усе - з $p < 0,05$). Не дивлячись на однаковий характер коливань ДіастІн одразу після СДВ, вже через 1 хв. після вправ було зафіксовано різний характер подальших змін, а саме – в групі Ф відбулося зменшення цього параметру, нижче рівня вихідного стану (на 6,8%,

$p < 0,05$). В той самий час, у нетренованих осіб, збільшений ДіастІн починає плавно повертатись до вихідного стану.

Величина ТАВК в стані перед СДВ становила в групі Н $11,2 \pm 1,3\%$, що є статистично достовірно більшим за значення цього параметру у юнаків з групи Ф на $23,1\%$ ($p < 0,05$). Тонус артеріальних судин великого калібру одразу після СДВ змінюється неоднаково, а саме – у нетренованих знижується на $11,2\%$ ($p < 0,05$), а в осіб з групи Ф – зростає на $15,5\%$ ($p < 0,05$). Після початкового відхилення, спричиненого СДВ, величина ТАВК повертається до вихідних значень незалежно від напрямку відхилення. Через 3 хв. після припинення СДВ різниця ТАВК складає $1,8\%$ (група Ф) і $1,4\%$ (група Н) відповідно.

У нетренованих осіб в вихідному стані перед СДВ величина ТАДСК становить $13,5 \pm 0,7\%$, що є статистично достовірно меншим за величину цього параметру в групі Ф на $23,3\%$ ($p < 0,05$). Динаміка ТАДСК після СДВ у обстежених юнаків відрізняється принципово відмінними особливостями. Так, СДВ спричиняють у юнаків групи Н зменшення цього параметру на $18,2\%$ ($p < 0,05$), а у осіб з групи Ф навпаки – збільшення на $28,1\%$ ($p < 0,05$). Подальша динаміка виглядає наступним чином – в групі Н значення ТАДСК на подальших термінах відновлення поступово повертається до вихідного стану. У осіб з групи Ф, навпаки, після початкового збільшення фіксується суттєве падіння ТАДСК, навіть нижче вихідного стану, на $9,6\%$, з $p < 0,05$. У подальшому, в усіх юнаків відбувається відновлення величини ТАДСК (до значень стану спокою).

У вихідному стані перед СДВ в групі Н величина ТВА складала $27,7 \pm 1,1\%$. Це на $17,3\%$ є статистично достовірно більшим за значення ТВА у юнаків групи Ф. Відповідно до змін ТАВК і ТАДСК, коливання величини ТВА під впливом СДВ представлені схожим характером змін, але вираженими різною мірою. Так, одразу після вправ, в групах Ф і Н спостерігається зростання цього параметру на $17,9\%$ і $13,9\%$ відповідно (з $p < 0,05$ в обох групах). На подальших термінах відновлення, незалежно від характеру початкових змін, в обох групах зафіксовано поступове плавне відновлення вихідних величин ТВА.

Зазначимо, що у вихідному стані, перед СДВ, у юнаків з групи Ф порівняно з групою Н, зафіксовано менший рівень ЧСС і більші величини УО, ХОК, УІ, СІ та ІХРС і ІУРС, а також ОШВ і ПЛШ. Стато-динамічні вправи призводять до різноспрямованих змін у роботі серця серед юнаків різних груп. У нетренованих осіб СДВ спричиняють достовірне початкове збільшення усіх вимірних показників роботи серця із подальшим відновленням вихідного рівня. На відміну від групи Н, в якій СДВ призводило до збільшення усіх вимірних параметрів роботи серця, у юнаків з групи Ф спостерігали інший характер змін у роботі серця. Так, більшість показників в групі Ф (окрім ПЛШ, ІУРС і ІХРС), одразу після СДВ знижувалися з подальшим компенсаторним зростанням вже через 1 хв. після вправ. У юнаків з групи Ф в стані перед СДВ всі без винятку вимірні показники функціонування кровоносного русла характеризуються меншими величинами порівняно з групою Н. Ступінь відміни при цьому підтверджено статистично достовірно значущістю, і засвідчує відмінність параметрів гемодинаміки юнаків з групи Ф порівняно з нетренованими особами. У осіб з групи Ф після СДВ відбулося збільшення усіх без винятку вимірних параметрів. У той самий час, у осіб з групи Н відбулося початкове зменшення параметрів ППО, ЗПО, ДикрІн та ТАДСК, що спричинене СДВ.

Підбиваючи підсумок усьому вищевикладеному, маємо відмітити, що зниження величин ЧСС та УО у юнаків групи Ф одразу після СДВ нагадує динаміку змін цих параметрів під впливом статичних вправ [11, 12]. Відповідно, можна припустити, що СДВ спричиняють зменшення роботи серця у осіб, які займаються силовим фітнесом, за рахунок підтримання та зміни потужності тонічного м'язового зусилля. Це призводить до зростання внутрішньогрудного та внутрішньолегеневого тиску і, відповідно, до збільшеної компресії на серце [13]. Крім того, зменшення УО одразу після СДВ у осіб з групи Ф може пояснюватися потужним перетисканням вен під час статичного компонента вправ. Як наслідок - суттєве зниження венозного повернення крові до серця спричиняє за законом

Франка-Старлінга початкове зниження нагнітальної функції серця та величини серцевого викиду та ХОК [14, 15].

Цікавою виявляється динаміка ІХРС і ІУРС у осіб з групи Ф, в яких відбувається зростання обох параметрів, не дивлячись на початкове зменшення ХОК та УО одразу після СДВ. Це може пояснюватися початковим потужним зростанням величини артеріального тиску під впливом вправ, від значень якого залежить величина цих індексів роботи серця. У юнаків з групи Ф відбувається одночасне зменшення ОШВ і збільшення ПЛШ у відповідь на СДВ. Це може бути наслідком зниження венозного повернення крові до серця, і зменшення УО в умовах ефекту натужування. При чому гіпертрофія стінок серця, яка виникла внаслідок регулярних тренувань, спричиняє збільшення ПЛШ через посилене навантаження серця притоком.

Зростання величин ДикрІн та ДіастІн у юнаків з групи Ф під впливом СДВ свідчить про зростання тонуусу пре- і пост-капілярних судин, скоріше за все, через їх перетискання скелетними м'язами протягом утримання тонічного статичного зусилля, а також під впливом катехоламінів. Це припущення підтверджується суттєвим збільшенням величин ТАДСК, ППО і ЗПО. Відповідно, в цих умовах кровотік у капілярах скелетних м'язів погіршений, а венозне повернення крові до серця є зниженим.

Висновки. Серцево-судинна система нетренованих юнаків реагує на стато-динамічні вправи принципово так само, як на фізичне навантаження динамічного характеру, що може бути пов'язано з відсутністю гіпертрофії скелетних м'язів і неможливістю розвинути достатній рівень статичного тонічного зусилля.

На протигагу цьому, реактивні зміни системи кровообігу юнаків, які займаються фітнесом, у відповідь на стато-динамічні вправи, в цілому співпадають з динамікою параметрів роботи серця і кровоносних судин у відповідь на статичне навантаження – одразу після виконання вправ знижуються величини параметрів нагнітальної функції серця з подальшим компенсаторним їх зростанням. Таким чином, у юнаків, які практикують заняття силовим фітнесом, при виконанні стато-динамічних вправ зафіксовано прояви феномену статичних зусиль (т.зв. феномен Лінгарда).

Перспективи подальших досліджень. Більш ґрунтовні висновки щодо змін центральної гемодинаміки при виконанні стато-динамічних вправ можна буде отримати шляхом вивчення реакції системи кровообігу з урахуванням параметрів композиційного складу тіла. Це дозволить на більш глибокому рівні розкрити механізми реактивних змін роботи серця і кровоносних судин у періоді швидкого відновлення.

Список використаної літератури

1. Тулайдан В.Г. Оздоровчий фітнес. Львів. Фест-Прінт. 2020. 139 с.
2. Тітова Г.В, Боднар А.І., Петренко О.В., Чабан І.О., Абрамов К.В. Силовий фітнес як одна із перспективних форм впливу рухової активності на вікові адаптаційні зміни в організмі чоловіків. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017. № 1. С. 231 – 234.
3. Самолук О., Романюк Т., Шеметов О. Значення статичних і динамічних вправ для розвитку активної гнучкості. *Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Фізичне виховання, спорт і здоров'я людини*. 2021. Вип. 19. С. 49 – 53.
4. Огарь Г.О., Мартиненко Є.М. Динаміка показників силової підготовленості та спеціальної витривалості самбістів 16-17 років під впливом стато-динамічного та інтервально-колового методів тренування. *Єдиноборства*. 2020. Вип. 4, № 18. С. 35 – 43. DOI:10.15391/ed.2020-4.04.
5. Кучеренко Г.В. Використання статичних вправ у процесі фізичного виховання студентів. *Інноваційна педагогіка*. 2022. Вип. 46. С. 58 – 63.
6. Perry B.G., Lucas S.J. The Acute Cardiorespiratory and Cerebrovascular Response to Resistance Exercise. *Sports Med Open*. 2021. Vol. 7. № 1. P. 36.
7. Бондаренко С.В. Функціональна характеристика впливу статичних та статико-динамічних вправ на організм учнів 6 – 7 років. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова*. 2019. Вип. 3 К. № 110. С. 93 – 96.
8. Сиротинська О.К., Сабіров О.С., Сироватко З.В., Чеховська А.Ю. Силові види спорту: Атлетична гімнастика: навч. посіб. для студ. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 157 с.
9. Грибан Г.П., Ткаченко П.П., Скорий О.С., Пилипчук П.Б. Фізкультурно-оздоровчі технології у фізичному вихованні: метод. рекомендації для самостійної роботи здобувачів. Житомир: Вид-во «Рута». 2023. 30 с.

10. Малуґа С.С., Лук'янцева Г.В., Бакуновський О.М. Особливості змін роботи серця і центральної гемодинаміки у період раннього відновлення після стато-динамічного фізичного навантаження. *Вісник проблем біології і медицини*. 2022;3(166):482–91.
11. Лук'янцева Г.В., Бакуновський О.М., Малуґа С.С., Олійник Т.М. Зміни роботи серця і центральної гемодинаміки у періоді раннього відновлення після статичного фізичного навантаження. *Вісник проблем біології і медицини*. 2022. № 4 (167). С. 353–360.
12. Malyuga S.S., Lukyantseva H.V., Bakunovsky O.O. Features of functional changes in blood vessels during the period of early recovery after static physical exercise. *Reports of Morphology*. 2022. № 28 (4). P. 48–53.
13. Bracamonte J.H., Wilson J.S., Soares J.S. Quantification of the heterogeneous effect of static and dynamic perivascular structures on patient-specific local aortic wall mechanics using inverse finite element modeling and DENSE MRI. *J Biomech*. 2022. Vol. 138. 111119.
14. Beaumont A., Grace F., Richards J., Hough J., Oxborough D., Sculthorpe N. Left ventricular speckle tracking-derived cardiac strain and cardiac twist mechanics in athletes: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Sports Medicine*. 2017. Vol. 47, № 6. P. 1145 – 1170.
15. Moore J.P., Simpson L.L., Drinkhill M.J. Differential contributions of cardiac, coronary and pulmonary artery vagal mechanoreceptors to reflex control of the circulation. *J Physiol*. 2022 Sep;600(18):4069-4087.

References

1. Tulaidan V.H. (2020). *Ozdorovchyi fitnes*. Lviv. Fest-Print. 139 s. [in Ukrainian].
2. Titova H.V, Bodnar A.I., Petrenko O.V., Chaban I.O., Abramov K.V. (2017). Sylovyi fitnes yak odna iz perspektyvnykh form vplyvu rukhovoї aktyvnosti na vikovi adaptatsiini zminy v orhanizmi cholovikiv. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biolohii ta sportu*. № 1. S. 231 – 234. [in Ukrainian].
3. Samoliuk O., Romaniuk T., Shemetov O. (2021). Znachennia statychnykh i dynamichnykh vprav dlia rozvytku aktyvnoi hnuchkosti. *Visnyk Kamianets-Podilskoho natsionalnogo universytetu imeni Ivana Ohienka. Fizychno vykhovannia, sport i zdorovia liudyny*. Vyp. 19. S. 49 – 53. [in Ukrainian].
4. Ohar H.O., Martynenko Ye.M. (2020). Dynamika pokaznykiv sylovoi pidhotovlenosti ta spetsialnoi vytryvalosti sambistiv 16-17 rokiv pid vplyvom statodynamichnogo ta intervalno-kolovoho metodiv trenuvannia. *Edynoborstva*. Vyp. 4, № 18. S. 35 – 43. [in Ukrainian].
5. Kucherenko H.V. (2022). Vykorystannia statychnykh vprav u protsesi fizychnoho vykhovannia studentiv. *Innovatsiina pedahohika*. Vyp. 46. S. 58 – 63. [in Ukrainian].
6. erry B.G., Lucas S.J. (2021). The Acute Cardiorespiratory and Cerebrovascular Response to Resistance Exercise. *Sports Med Open*. Vol. 7. № 1. P. 36.
7. Bondarenko S.V. (2019). Funktsionalna kharakterystyka vplyvu statychnykh ta statyko-dynamichnykh vprav na orhanizm uchniv 6–7 rokiv. *Naukovyi chasopys NPU imeni M.P. Drahomanova*. Vyp. 3 K. № 110. S. 93 – 96. [in Ukrainian].
8. Syrotynska O.K., Sabirov O.S., Syrovatko Z.V., Chekhovska A.Iu. (2022). Sylovi vydy sportu: Atletychna himnastyka: navch. posib. dlia stud. KPI im. Ihoria Sikorskoho. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 157 s. [in Ukrainian].
9. Hryban H.P., Tkachenko P.P., Skoryi O.S., Pylypchuk P.B. (2023). Fizykulturno-ozdorovchi tekhnolohii u fizychnomu vykhovanni: metod. rekomendatsii dlia samostiinoi roboty zdobuvachiv. Zhytomyr: Vyd-vo «Ruta». 30 s. [in Ukrainian].
10. Maluha S.S., Lukiantseva H.V., Bakunovsky O.M. (2022). Osoblyvosti zmin roboty sertsia i tsentralnoi hemodynamiky u period rannoho vidnovlennia pislia stato-dynamichnogo fizychnoho navantazhennia. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. 3(166):482–91. [in Ukrainian].
11. Lukiantseva H.V., Bakunovsky O.M., Maluha S.S., Oliinyk T.M. (2022). Zminy roboty sertsia i tsentralnoi hemodynamiky u periodi rannoho vidnovlennia pislia statychnoho fizychnoho navantazhennia. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. № 4 (167). S. 353–360. [in Ukrainian].
12. Malyuga S.S., Lukyantseva H.V., Bakunovsky O.O. (2022). Features of functional changes in blood vessels during the period of early recovery after static physical exercise. *Reports of Morphology*. № 28 (4). P. 48–53.
13. Bracamonte J.H., Wilson J.S., Soares J.S. (2022). Quantification of the heterogeneous effect of static and dynamic perivascular structures on patient-specific local aortic wall mechanics using inverse finite element modeling and DENSE MRI. *J Biomech*. Vol. 138. 111119.
14. Beaumont A., Grace F., Richards J., Hough J., Oxborough D., Sculthorpe N. (2017). Left ventricular speckle tracking-derived cardiac strain and cardiac twist mechanics in athletes: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Sports Medicine*. Vol. 47, № 6. P. 1145 – 1170.
15. Moore J.P., Simpson L.L., Drinkhill M.J. (2022). Differential contributions of cardiac, coronary and pulmonary artery vagal mechanoreceptors to reflex control of the circulation. *J Physiol*. 600(18):4069-4087.

Lukyantseva H. V., Bakunovsky O.M., Pastukhova V.A., Drozdovska S.B., Babak S.V., Ilyin V.M., Malyuga S.S.

The influence of stato-dynamic exercises on the parameters of the cardiovascular system during strength fitness

Introduction. Recently, stato-dynamic exercises have become widely used in the practice of sports and health fitness. A distinctive feature of these exercises is the focus on increasing strength and endurance

in oxidative muscle fibers. Significant physiological differences between different types of physical exercises determine the peculiarities of the course of reactions to them in the visceral systems, including the distinct dynamics of the hemodynamic response.

Purpose. *The purpose of our study was to determine the specifics of the impact of static-dynamic exercises on the parameters of the heart and blood vessels during the period of rapid recovery in persons engaged in strength fitness.*

Methods. *We examined 26 healthy male persons (20 years old) without bad habits, who were divided into 2 groups - untrained persons and young men engaged in strength fitness.*

Results and Conclusion. *Stato-dynamic exercises lead to multidirectional changes in the work of the heart among young men of different groups. In untrained individuals, they cause a reliable initial increase in all measured parameters of the heart, followed by a recovery of the initial level. In contrast to their group, the young men from the fitness group had an initial decrease in heart parameters followed by a compensatory increase in them. The cardiovascular system of untrained young men reacts to stato-dynamic exercises in the same way as to dynamic exercise, which may be due to the lack of hypertrophy of skeletal muscles and the inability to develop a sufficient level of static tonic effort. In contrast, the reactive changes in the circulatory system of young men engaged in fitness in response to stato-dynamic exercises generally coincide with the dynamics of the parameters of the heart and blood vessels in response to static load - immediately after performing the exercises, the values of the parameters of the pumping function of the heart decrease with subsequent compensatory their growth. Thus, the phenomenon of static efforts (Lingard's phenomenon) was recorded in young men practicing strength fitness when performing stato-dynamic exercises.*

Key words: *circulatory system, heart, blood vessels, hemodynamics, sport.*

Одержано редакцією: 04.09.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 612.36+616.008.3/5«312»

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-69-82

Лук'янцева Галина Володимирівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

lukjantseva@gmail.com

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

Ільїн Володимир Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

ilyin_nufvsu@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7140-0659>

Дроздовська Світлана Богданівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

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

Гончаренко Ігор Вікторович

Національний університет фізичного виховання і спорту України

goncharenko.igor@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5239-3270>

Пастухова Вікторія Анатоліївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Pastuhova_V@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-913X>

ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРО-ГУМОРАЛЬНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ СКОРОТЛИВОЇ АКТИВНОСТІ ГЛАДКОМ'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ ТОВСТОЇ КИШКИ

В статті розглядаються аспекти центральних і місцевих регуляторних механізмів моторної функції товстої кишки. Актуальність означеної проблематики визначається тим фактом, що порушення належної корекції скоротливої діяльності м'язової оболонки травного каналу є одними з провідних етіологічних факторів у розвитку таких патологій, як діарея, закрепи, синдром подразненої кишки тощо. Відповідним чином, успішне лікування і профілактика подібних захворювань, потребують глибокого і всебічного вивчення механізмів центрального і місцевого регулювання скоротливої діяльності м'язової оболонки стінки товстої кишки. Не дивлячись на багаторічну історію дослідження морфо-функціональних аспектів корекції і координації рухової активності шлунково-кишкового тракту, наявний масив знань з означеної проблематики ще виявляється дуже далеким від досконалості і гостро актуалізує появу фундаментальних досліджень. В статті розглянуто основні провідні механізми регуляції моторної функції товстої кишки.

Ключові слова: товста кишка; м'язова оболонка; ентєральна нервова система; нейромедіатори; гормони.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Товста кишка як найбільш дистальна частина шлунково-кишкового тракту здійснює кілька важливих функцій, у тому числі – завершальне розщеплення макронутрієнтів, ферментацію поживних речовин, всмоктування мономерних продуктів гідролізу, води і мінеральних речовин, видалення фекальних мас [1 - 3]. Належне здійснення усіх означених процесів виконується за участі гладком'язової тканини стінки кишки і потребує для своєї оптимальної реалізації участі точних регуляторних впливів [4, 5].

Злагоджені скорочення м'язової оболонки товстої кишки детермінуються складним комплексом взаємопов'язаних міогенних механізмів, метасимпатичних нервових рефлексів і впливу гуморальних чинників на чолі з системними ефектами структур ЦНС [6-8]. Не дивлячись на багаторічну історію вивчення проблематики регуляторних механізмів

моторної функції товстої кишки, до сих пір лишаються значні лакуни у розумінні того, як само численні складові забезпечують злагоджене налаштування скорочень кишки. У цій статті ми спробуємо побіжно оглянути провідні механізми нейро-гуморальної регуляції моторної функції товстої кишки.

Мета дослідження: систематизувати відомості наукової літератури щодо нерво-гуморальних регуляторних механізмів моторної функції товстої кишки.

Матеріали та методи дослідження. Бібліометричний аналіз літературних досліджень проводили за даними бази Pubmed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>). У пошуковому запиті використали ключові слова "neuro-humoral regulation", "contractile activity", "smooth muscle tissue", "colon". Аналізували публікації за період 1970-2024 р. За результатами аналізу створювали бібліометричну карту за допомогою відкритого програмного забезпечення VOSViewer 1.6.20.

Порівняльний аналіз сучасної літератури здійснювали шляхом опрацювання наукових джерел, які представлені в наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library та інших за останні 10 років. Ми використали пошукові терміни «товста кишка», «нервова регуляція», «гуморальна регуляція», «ентеральна нервова система», «м'язова оболонка товстої кишки». За ключовими словами знайдено 327 статей, з яких для літературознавчого аналізу відібрано 71 джерело. Відбір першоджерел здійснювали наступним чином: спочатку аналізували тема статті; якщо тема відповідала напряму нашого дослідження, аналізували резюме. Якщо зміст відповідав напряму нашого дослідження, то аналізу піддавали текст статті. Було зібрано та критично проаналізовано дослідження, які відповідали меті нашої роботи.

Результати і обговорення. На рис. 1 наведена бібліометрична карта, побудована з використанням відкритого програмного забезпечення VOSViewer 1.6.20. Як можна побачити з рис. 1, переважна кількість наявних публікацій присвячені ентеральній нервовій системі (ENS), її нейромедіаторам та впливі на механічну активність дистального відділу товстої та прямої кишки. Нижче наведений перелік визначень, які найчастіше вживаються у проаналізованих публікаціях та їх тлумачення у контексті нашого дослідження:

- атропін – антагоніст мускаринових рецепторів, який блокує парасимпатичні сигнали в шлунково-кишковому тракті, знижуючи активність і секрецію гладкої мускулатури

- базальний тон – власний рівень скорочення гладких м'язів за відсутності зовнішніх подразників.

- ентеральна нервова система (ENS) – частина автономної нервової системи в структурі шлунково-кишкового тракту, яка регулює моторику, секрецію та кровотік за допомогою рефлексів, опосередкованих ентеральними нейронами.

- ГАМК (гамма-аміномасляна кислота) – гальмівний нейромедіатор, модулює активність ентеральних нейронів і розслаблення гладкої мускулатури.

- гуанетидин – симпатолітичний засіб, використовується для дослідження ролі адренергічної іннервації в моториці ШКТ.

- гексаметоній – антагоніст гангліозних нікотинних рецепторів, блокує синаптичну передачу в вегетативних гангліях ENS.

- нітратергічний нейрон – нейрони ENS, які виділяють оксид азоту як нейромедіатор.

- синтаза оксиду азоту (NOS) – фермент, відповідальний за синтез NO.

- вазоактивний інтестинальний пептид (VIP) – нейропептидний медіатор із гальмівним ефектом, викликає розслаблення гладеньких м'язів, регулює секрецію та збільшує кровотік.

Як бачимо, означені терміни і поняття є найбільш вживаними і мають вирішальне значення для розуміння регуляції моторики шлунково-кишкового тракту, ролі нейромедіаторів у ентеральній нервовій системі тощо. Втім, поступ сучасної фізіологічної науки не обмежується розкриттям глибинних механізмів участі вищезгаданих речовин і механізмів у регуляції моторної функції товстої кишки. В цьому огляді ми зробили спробу охарактеризувати також інші регуляторні впливи, які визначають модуляцію скоротливої активності м'язової оболонки стінки товстої кишки.

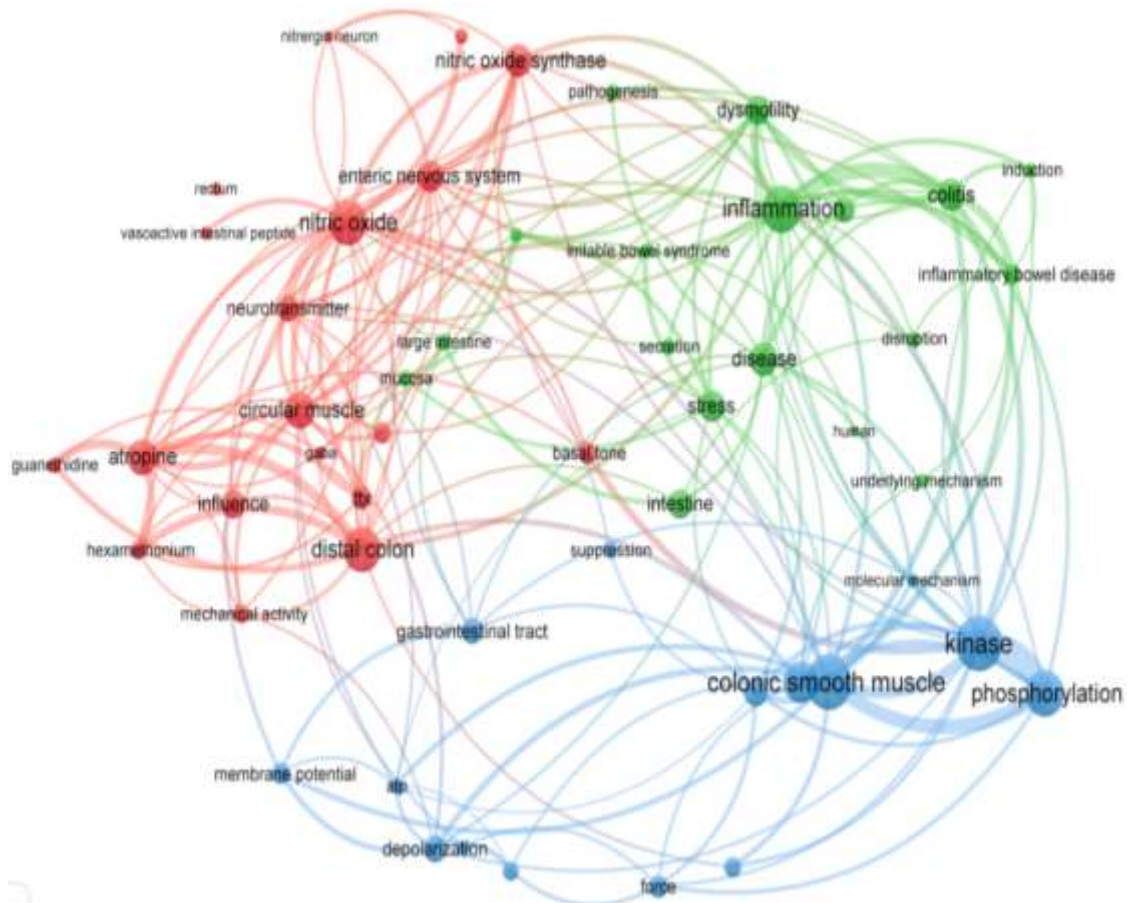


Рис. 1. Бібліометрична карта досліджень нейро-гуморальної регуляції скоротливої активності гладком'язової тканини товстої кишки за даними бази PubMed.

Таким чином основна частина наявних досліджень зосереджені на виявленні специфічних нейронних шляхів, ефектів нейромедiatorів у нейро-гуморальної регуляції скоротливої активності гладком'язової тканини товстої кишки.

Структурні морфологічні елементи складної регуляторної мережі рухової активності товстої кишки утворюють своєрідний функціональний синцитій, в якому можна відокремити впливи ентєральної нервової системи (ЕНС), ентєрохромафінні і інші ендокринні утворення, інтерстїційні пейсмеркерні клітини Кахала тощо [9 - 12].

Центральні нервові регуляторні механізми з боку ЦНС на процеси скорочень мязової оболонки товстої кишки не відіграють такої провідної ролі, як у більш проксимальних відділах травного каналу і обмежуються лише незначними модулюючими впливами на місцеві метасимпатичні рухові рефлексі, опосередковано через провідні волокна і нервові центри автономної нервової системи [12 - 14].

Стимуляція парасимпатичних холінергічних нервових закінчень (блукаючого і тазового нервів) призводить до зростання частоти і амплітуди скорочень м'язів стінки товстої кишки. Парасимпатична регуляція рухової активності кишки, а також модуляція функціональної активності компонентів імунної системи і інтенсивність регіонарного кровотока кишки, здійснюється з первинних і інтегративних центрів сакрального, бульбарного і проміжного відділів ЦНС [15, 16]. Тазовий нерв приймає участь у координації моторної функції кишки завдяки наявності в його гангліонарних центрах нейронів різної медіаторної природи, які секретують ацетилхолін, катехоламіни, серотонін, пурини тощо [17, 18]. Нейрони, що секретують ацетилхолін і тахікініни, проектують свої впливи у краніальному напрямку і вказують стимулюючу дію на волокна циркулярних і поздовжніх

м'язів, інші холінергічні нейрони функціонують як інтернейрони висхідних шляхів [19, 20]. Ацетилхолін як нейромедіатори нервово-органних синапсів парасимпатичного відділу автономної нервової системи, бере участь у регуляції моторної функції через експресію М-холінорецепторів. Нейрональне регулювання гігантських мігруючих скорочень товстої кишки здійснюється завдяки сумації збуджувальних холінергічних ефектів і гальмівній дії нітнергічних нейронів. Саме холінергічні рухові нейрони є загальним конвергентним входом позаорганних і інтрамуральних рефлекторних впливів; саме від них розповсюджується координоване поширення збудження безпосередньо на циркулярний і поздовжній шари м'язової оболонки [21, 22]. Активна симпатична імпульсація з боку черевних нервів, характеризується прямо протилежним характером змін – пригнічує моторну функцію м'язової оболонки кишки [23, 24]. Симпатичні постгангліонарні нервові волокна з нижнього брижового сплетення здійснюють екстраорганну іннервацію м'язової оболонки кишки опосередковано через вплив норадреналіну на мембранні адренорецептори α_1 -, α_2 - та β_2 -типів [24, 25]. Внутрішньоклітинний механізм реалізації ефектів норадреналіну при цьому характеризується підвищенням вивільнення кальцію з цистерн саркоплазматичного ретикулуму через фосфо-інозитольний шлях. Варто зауважити, що ефекторні симпатичні нервові терміналі, окрім норадреналіну, здатні секретувати також низку інших медіаторів (АТФ, нейропептиди тощо) [26, 27].

Таким чином, за умов високої автономії від ЦНС, провідної ролі у регуляції рухової активності кишок набувають місцеві нервові коригуючі впливи, які забезпечуються функціональною активністю морфологічних складових ентеральної нервової системи [28, 29]. Разом з кардіальною, бронхіальною та іншими, ЕНС є частиною метасимпатичного відділу автономної нервової системи. ЕНС складається з нейронів холінергічної, адренергічної та іншої медіаторної природи і забезпечує регуляцію не лише моторної, а й секреторної функції товстої кишки [30, 31]. Нейрони ЕНС відрізняються широкою варіабельністю фенотипів і різноманітністю експресії нейротрансмітерів, що наближає її за ступенем складності і морфологічної будови до центральної нервової системи [30 - 33].

Безпосередня нервова регуляція діяльності м'язів стінки кишки здійснюється завдяки міжм'язовому (ауербаховому) сплетенню, яке утворено щільною мережею нервових вузлів між шарами циркулярних і поздовжніх м'язів [34, 35]. Безперервність мережі означеного сплетення забезпечується короткими нервовими тяжами між метасимпатичними гангліями, що проходять як у поздовжньому, так і циркулярному напрямку. З точки зору морфології, в структурі ауербахового сплетення можна відокремити два види типи нейронів [36 - 38]:

- ті, що отримують вхідну аферентацію від блукаючого нерва і крижових парасимпатичних волокон, інтегрують цю інформацію з імпульсацією від місцевих гангліїв, після чого передають на волокна гладком'язової тканини;
- ті, що формують чутливу ланку місцевих метасимпатичних рефлекторних дуг.

Нейрони міжм'язового сплетення здійснюють іннервацію обох шарів м'язової оболонки, координуючі процеси перистальтики, ритмічної сегментації, маятникоподібних рухів тощо.

Активація метасимпатичних рухових рефлексів розпочинається з подразнення хемо- і механорецепторів слизової оболонки кишки, надалі інформація про характеристики хімісу і функціональний стан кишки через аферентні прегангліонарні волокна спричинює активацію гангліїв ЕНС і подальшу модуляцію скоротливої активності певних м'язових волокон [10, 39]. За умов аферентації до ЦНС, усе вищезазначене сприяє більш точній координації рухової активності кишки з метою впорядкованої евакуації фекального вмісту за рахунок місцевих або центральних нервових регуляторних механізмів.

Місцеві рухові рефлексії під час подразнення механорецепторів товстої кишки забезпечують посилення її моторики, натомість, подразнення аналогічного типу рецепторів у прямій кишці, навпаки, буде спричинювати гальмування її рухової активності з метою запобігання переповненню каловими масами [40, 41].

Маємо зазначити, що різноманітність морфологічних фенотипів нейронів ЕНС доповнюється широкою варіабельністю їхніх нейромедіаторів і нейротрансмітерів, які беруть участь в регуляції рухової функції товстої кишки. Одним з таких провідних нейротрансмітерів є нейрогормон серотонін (5-гідрокситриптамін), який у травному тракті на 90% синтезується та секретується т.зв. клітинами Кульчицького (ентерохромафінними, або ЕС-клітинами) [42]. Серотонінергічні нейрони широко представлені в складі міжм'язового сплетення ЕНС [42, 43], синтез і подальша секреція серотоніну є властивими також для нейронів превертебральних гангліїв [44]. Головними стимуляторами секреції означеного нейрогормона є механотрансдукція внаслідок деформації і розтягнення стінок кишки, а також аферентація від хеморецепторів слизової оболонки призводять до активного вивільнення серотоніну [10, 45].

Впливи 5-гідрокситриптаміну опосередковуються експресією рецепторів 5-НТ, яких у травному тракті налічується сім типів. На поверхні ентеральних нейронів локалізовані рецептори 5НТ_{1А}, 5-НТ₃ та 5-НТ₄ типів [10, 45, 46]. Серотонін активує скорочення проксимального відділу товстої кишки через експресію 5-НТ₁-рецептори, а в середніх і дистальних відділах кишки він впливає як на 5-НТ₁-тип рецепторів, так і на 5-НТ₂ [45 – 47]. Серотонін підвищує збудливість мієнтеральних нейронів, а його експресія 5-НТ_{3,4}-рецепторів ініціює низхідний та висхідний перистальтичний рефлекс, який реалізує пропульсивну активність товстої кишки [48, 49]. У стимуляції агоністами 5-НТ₄-рецепторів можуть брати участь тахікінінергічні шляхи [49 - 51], з утворенням посиленого синергічного впливу на скоротливу активність товстої кишки. Експресія серотоніном рецепторів підтипів 5-НТ_{2В}, 5-НТ₄ та 5-НТ₁ стимулює скоротливу активність гладеньких м'язів товстої кишки аналогічно ацетилхоліну і пептиду, асоційованого з кальцитоніном [51 - 53]. Рецептори підтипу 5-НТ_{2В} найбільш виражені у поздовжньому м'язовому шарі та міжм'язовому сплетенні, в той як в циркулярних м'язових волокнах їхня кількість є мінімальною.

Варто зауважити, що внаслідок експресії рецепторів 5-НТ₄ може відбуватися як стимуляція, так і пригнічення рухової активності товстої кишки. При цьому посилення скорочень кишки може бути опосередковано активацією збудливих холінергічних шляхів [54], а гальмування м'язової активності кишки реалізується за участю гальмівних нітргічних шляхів [55].

Секреція серотоніну є проміжним етапом у реалізації впливу інших численних гуморальних стимулюючих чинників на рухову активність стінки товстої кишки. У модуляції моторної функції мязової оболонки стінки товстої кишки, крім вже наведених, приймає участь ціла низка інших ендогенних біологічно активних речовин (тахікініни, оксид азоту, пурини, нейротрофічні фактори, статеві гормони, коротколанцюгові жирні кислоти, простагландини тощо).

У регуляції скорочень мязової оболонки товстої кишки приймають участь нейромодуляторів пурини (похідні азотистих гетероциклічних сполук, наприклад, АТФ), ефекти яких визначаються експресією мембранних Р₂-рецепторів [56, 57]. Пурини беруть участь у нехолінергічній неадренергічній стимуляції моторної функції мязів товстої кишки у відповідь на стимуляцію еферентних закінчень тазового нерва. У поздовжньому шарі м'язів АТФ у якості нейромодулятора сприяє збуджувальній нейротрансмісії, реалізуючи свої ефекти двома шляхами:

- діючи безпосередньо на гладенькі м'язи кишки;
- опосередковано впливає на моторику через активацію холінергічних нейронів.

Активність пуринергічної системи може зростати за умов патології кишки при розвитку пухлин, ішемії тощо [58, 59].

Важлива роль у регуляції моторної функції товстої кишки нарівні з іншими медіаторними чинниками, належить оксиду азоту, який є функціональною складовою нітргічної системи регуляції. 75% нейронів ЕНС містять всередині себе фермент синтазу оксиду азоту; 50% нейронів ЕНС містять одночасно NOS і нейропептиди Y, а третина ентеральних нейронів містить вазоактивний інтестинальний пептид [60, 61]. Усе наведене

свідчить про важливість NO-ергічної системи в сукупності регуляторних ефектів моторики кишки та обумовлює потенціал її взаємодії з іншими структурно-функціональними частинами комплексу механізмів регуляції скорочень кишки.

Варто зазначити, що механізм дії оксиду азоту суттєво відрізняється від такого у справжніх і тканинних гормонів, оскільки вплив NO не потребує участі рецепторного апарату і полягає у безпосередньому регулюванні активності внутрішньоклітинних ензимів після його дифузії через плазматичну мембрану. Активація гуанілатциклази оксидом азоту призводить до збільшення синтезу циклічних нуклеотидів всередині м'язових клітин і подальшій активації G-протеїнкінази [61, 62]. Ефекторна реакція гладеньких міоцитів на дію NO полягає в активації калієвих каналів з одночасним пригніченням кальцієвих каналів, зменшенні чутливості клітин до іонів кальцію, що зумовлює розвиток подальшої міорелаксації [62, 63]. При цьому відбувається зниження тонуусу товстої кишки і збільшення її чутливості до порогів сприйняття.

Цікавою морфо-функціональною особливістю еферентних волокон, що забезпечують іннервацію мязової оболонки товстої кишки, є той факт, що їхньому в складі містяться не тільки холін- і адренергічні закінчення, а й пептидергічні волокна. В якості нейромедіаторів означені терміналі секретують низку регуляторних пептидів, відмінних за механізмом дії від гастроінтестинальних гормонів і паргормонів аналогічної хімічної природи. Регуляторні пептиди впливають на основні функції травного каналу як на локальному рівні, так і володіють системною трофічною дією, при цьому характеризуються широким спектром фізіологічної активності [33, 64]. Кожен із регуляторних нейропептидів спричиняє одразу кілька ефектів; деякі з них виступають як регулятори і модулятори синтезу інших пептидів, які спричиняють зміни функцій кишки у вигляді регуляторного каскаду. Ефекти регуляторних пептидів визначаються їх концентрацією, локалізацією ентєральних нейронів та пептидних нейротрансмітерів, підтипом рецептору тощо. Нейрони, які секретують NO та нейропептид Y, виступають в якості гальмівних моторних центрів, що іннервують циркулярні м'язи [61, 62, 65]. Симпатичні прегангліонарні терміналі разом з ацетилхоліном виділяють нейропептиди енкефалін та нейротензин. Парасимпатичні прегангліонарні закінчення секретують енкефаліни та ацетилхолін, а постгангліонарні волокна – енкефаліни, VIP і ацетилхолін. Третина мієнтєральних нейронів разом з ацетилхоліном секретують тахікініни [23, 31, 32]. В частині нейронів аурєбахового сплетення у якості нейро-нейрональних модуляторів приймають участь соматостатин і опіюїдні нейропептиди [66].

Тахікініни (субстанція P, нейрокініни A та B) спричиняють збудження скоротливої діяльності шлунково-кишкового тракту. Субстанція P разом із ацетилхоліном є одними з головних нейротрансмітерів, які секретуються збуджуючими нейронами протягом процесу м'язового скорочення [33]. Тахікінінергічні шляхи також беруть участь у стимуляції агоністами 5-HT₄-рецепторів скорочень мязів дистальних відділів травного тракту [52, 53]. Тобто, спостєрігаєтьєя потужний синєргічний ефект пептидергічної і серотонінергічної систем в регуляції моторики кишки. Вплив субстанції P опосередковуєтьєя експресією НК₁- та НК₂-рецепторів. Тахікініни можуть гальмувати моторну діяльність шляхом стимуляції гальмівних нейрональних шляхів або через блокаду стимуляторних.

В структурі товстої кишки наявна популяція ентєрохромафінних клітин, які одночасно з серотоніном, секретують субстанцію P, а іноді – енкефаліни. При цьому серотонін спричиняє генерацію збуджувальних постсинаптичних потенціалів в мережі тахікінінергічних нейронів, і забезпечує синхронне скорочення/розслаблення стінки кишки. Серотонінергічні нейрони, таким чином, слугують своєрідними тригєрами координованої м'язової активності. Енкефаліни завдяки зниженню збудливості нейронів мієнтєрального сплетення, виступають в якості функціонального антагоніста серотоніну, а саме - блокують його вплив на нейрони, що містять субстанцію P [67, 68].

Завершуючи огляд ролі нейропептидів у регуляції моторики товстої кишки, маємо зупинити свою увагу на ще одному пептидергічному модуляторі скоротливої активності

гладеньких міоцитів – пептиді YY. Він є продуктом секреторної діяльності L-клітин слизової оболонки товстої кишки у відповідь на наявність в складі хімусу жирів, вуглеводів і жовчних кислот. Основними ефектами пептиду YY є сповільнення шлункової, жовчної і панкреатичної секреції з одночасним зниженням моторики кишки. Це сприяє зростанню тривалості знаходження хімусу в просвіті кишки, і, відповідно – більш сповільненому всмоктуванню кінцевих продуктів гідролізу, води і електролітів.

На окрему увагу заслуговують механізми регуляції моторної функції товстої кишки, які опосередковуються участю кишкового мікробіому. Представники мікробіальних спільнот товстої кишки відіграють важливу роль у модуляції перистальтики, тонуsu гладкомязової тканини, секреції слизу та взаємодії з імунною і нервовою системами [69]. Означений вплив здійснюється через складні фізіологічні механізми, що включають метаболічну активність мікробіоти, взаємодію з ентеральною нервовою системою (ЕНС) та регуляцію епітеліального бар'єра. Серед основних механізмів впливу на скоротливу здатність стінки товстої кишки за участі мікробіому, можна виділити наступні [69 – 71].

1. Пряма дія на гладенькі міоцити. Ферментація харчових волокон в просвіті кишки призводить до продукції мікроорганізмами коротколанцюгових жирних кислот (КЖК) – бутирату, пропіонату та ацетату. Вони завдяки активації рецепторів GPR41 і GPR43 ентероендокринних клітин і стимулюють виділення нейромедіаторів (наприклад, серотоніну) і модуляцію перистальтики.

2. Взаємодія з ентеральною нервовою системою (ЕНС). Мікробіом безпосередньо впливає на ЕНС через вироблення нейромедіаторів, таких як γ -аміномасляна кислота (ГАМК) і серотонін. ГАМК зменшує надмірну перистальтику, серотонін, синтезований ентерохромафінними клітинами під впливом мікробних метаболітів, стимулює пропульсивні рухи товстої кишки. Окрім цього, ліпополісахариди клітинної стінки грамнегативних бактерій активують рецептори Toll-подібної системи у міоцитах і на ентеральних нейронах. Це може впливати на локальні нейронні кола, змінюючи тонус та ритмічність скорочень кишкової стінки. Бактеріальні метаболіти (зокрема індол та феноли) впливають на експресію генів клітинах ЕНС, стимулюючи синтез нейропептидів (вазоактивний інтестинальний пептид, субстанція P тощо), і таким чином безпосередньо модулюють моторну активність товстої кишки.

3. Регуляція епітеліального бар'єра і секреції слизу. Представники кишкової мікробіоти стимулюють секрецію муцину шляхом активації генів MUC2 в келихоподібних клітинах, це покращує ковзання кишкового вмісту та зменшує тертя, що сприяє оптимальній перистальтиці.

4. Імунна взаємодія та протизапальний ефект. Зміцнення міжклітинних з'єднань під дією КЖК зменшує ризик проникності епітеліального бар'єра, запобігаючи активації запалення, яке могли б порушити моторику кишки. Мікробні антигени стимулюють регуляторні T-клітини, які продукують протизапальні цитокіни (IL-10 тощо). Це запобігає хронічному запаленню, яке може викликати спазми або навпаки, гіпомоторну дисфункцію товстої кишки. Протизапальні механізми забезпечують регуляцію тонуsu гладеньких м'язів через вплив цитокінів на вироблення оксиду азоту, який розслабляє гладку мускулатуру.

5. Система "мозок-кишка-мікробіом". Кишковий мікробіом є ключовою ланкою в осі "мозок-кишка", що здійснює двонаправлений вплив. Стреси можуть змінювати склад мікробіоти, зменшуючи кількість корисних бактерій, що виробляють КЖК. Це, у свою чергу, порушує нормальний ритм перистальтики. В той самий час, бактерії роду *Lactobacillus* і *Bifidobacterium* здатні зменшувати кількість кортикотропного гормону в гіпоталамо-гіпофізарній осі, нормалізуючи функцію кишкових моторних механізмів.

6. Вироблення газів та механічна стимуляція. Процеси газоутворення під час ферментації харчових волокон сприяють механічному розтягненню стінки кишки, активуючи механорецептори слизової оболонки. Завдяки цьому посилюється реалізація місцевих метасимпатичних рухових рефлексів, спрямованих на активацію скорочувальної активності стінки товстої кишки.

Таким чином, мікробіом товстої кишки є невід'ємним регулятором її моторної функції, а дисбаланс якісного і кількісного складу мікробіоти може призводити до порушень скоротливої активності. Подальші фундаментальні дослідження в цій царині відкривають перспективи для розробки нових терапевтичних підходів у лікуванні функціональних розладів кишечника.

Підбиваючи підсумок усьому наведеному, вважаємо за потрібне зазначити, що регуляція моторної функції товстої кишки є складним багаторівневим процесом, який включає кілька ступенів нервових і гуморальних впливів, починаючи від локальних рефлексів кишки і закінчуючи ЦНС. У самому простому варіанті, ланцюжок регуляторних процесів виглядає приблизно наступним чином. Розтягування хітусом стінки кишки призводить до секреції серотоніну, який активує місцеві метасимпатичні рефлекси, опосередковані ентеральними нейронами. Останні секретують збуджувальні нейромедіатори, що посилюють моторику частини кишки, яка є більш проксимальною за ділянку розтягування. Одночасно з цим, гальмівні медіатори викликають розслаблення м'язів нижче від місця механотрансдукції. Завдяки означеним процесам, вміст кишки просувається по її просвіту у напрямку до прямої кишки. У кінцевому рахунку, нервові впливи екстраорганичних нервів і місцевих метасимпатичних центрів, сумуються з численними складними гуморальними ефектами. При цьому стимуляція моторики кишки потребує участі холінергічної системи, а також пуринів та деяких інших регуляторних пептидів. Серотонінергічні, тахікінінергічні і симпатичні ефекти у цьому складному нейрогуморальному регуляторному процесі відіграють модулюючу роль. Кінцевим акцептором є вивільнення ацетилхоліну холінергічними збудливими мотонейронами і вивільненням оксиду азоту та ВІП неадренергічними нехолінергічними інгібуючими мотонейронами.

Висновки. Рухова діяльність м'язової оболонки стінки товстої кишки визначається складним комплексом взаємопов'язаних центральних і місцевих метасимпатичних нервових впливів, а також кишкових нейромедіаторів, нейромодуляторів та гормонів адренергічної, пуринергічної, нитрергічної, пептидергічної, холінергічної, серотонінергічної та інших систем. Злагоджена синергічна дія усіх зазначених механізмів забезпечує оптимальне налаштування скоротливої активності стінки товстої кишки.

Список використаної літератури

1. Bharucha AE, Lacy BE. Mechanisms, Evaluation, and Management of Chronic Constipation. *Gastroenterology*. 2020 Apr;158(5):1232-1249.e3. doi: 10.1053/j.gastro.2019.12.034.
2. Arthur T, Burgess A. Acute Colonic Pseudo-Obstruction. *Clin Colon Rectal Surg*. 2022 Aug 12;35(3):221-226. doi: 10.1055/s-0041-1740044.
3. Heitmann PT, Vollebregt PF, Knowles CH, Lunniss PJ, Dinning PG, Scott SM. Understanding the physiology of human defaecation and disorders of continence and evacuation. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2021 Nov;18(11):751-769. doi: 10.1038/s41575-021-00487-5.
4. Mearin F, Lacy BE, Chang L, Chey WD, Lembo AJ, Simren M, Spiller R. Bowel Disorders. *Gastroenterology*. 2016 Feb 18;150(6):1393-1407. DOI: 10.1053/j.gastro.2016.02.031.
5. Corsetti M, Costa M, Bassotti G, Bharucha AE, Borrelli O, Dinning P, Di Lorenzo C et al. First translational consensus on terminology and definitions of colonic motility in animals and humans studied by manometric and other techniques. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2019 Sep;16(9):559-579.
6. Lambrinos G, Cristofaro V, Pelton K, Bigger-Allen A, Doyle C, Vasquez E et al. Neuropilin 2 Is a Novel Regulator of Distal Colon Contractility. *Am J Pathol*. 2022 Nov;192(11):1592-1603.
7. Nakamori H, Hashitani H. Neural targets of the enteric dopaminergic system in regulating motility of rat proximal colon. *Pflugers Arch*. 2023 Nov;475(11):1315-1327. doi: 10.1007/s00424-023-02849-1.
8. Martin AM, Jones LA, Wei L, Spencer NJ, Sanders KM, Ro S, Keating DJ. Distinguishing the contributions of neuronal and mucosal serotonin in the regulation of colonic motility. *Neurogastroenterol Motil*. 2022 Aug;34(8):e14361. doi: 10.1111/nmo.14361.
9. Sharkey KA, Mawe GM. The enteric nervous system. *Physiol Rev*. 2023 Apr 1;103(2):1487-1564.
10. Spencer NJ, Hu H. Enteric nervous system: sensory transduction, neural circuits and gastrointestinal motility. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2020 Jun;17(6):338-351. doi: 10.1038/s41575-020-0271-2.
11. Huizinga JD, Hussain A, Chen JH. Interstitial cells of Cajal and human colon motility in health and disease. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2021 Nov 1;321(5):G552-G575. doi: 10.1152/ajpgi.00264.2021.
12. Veress B, Ohlsson B. Spatial relationship between telocytes, interstitial cells of Cajal and the enteric nervous system in the human ileum and colon. *J Cell Mol Med*. 2020 Mar;24(6):3399-3406.

13. Mawe GM, Sanders KM, Camilleri M. Overview of the Enteric Nervous System. *Semin Neurol.* 2023 Aug;43(4):495-505. doi: 10.1055/s-0043-1771466.
14. Huizinga JD. Recent advances in intestinal smooth muscle research: from muscle strips and single cells, via ICC networks to whole organ physiology and assessment of human gut motor dysfunction. *J Smooth Muscle Res.* 2019;55:68-80. DOI: 10.1540/jsmr.55.68.
15. Holmes GM, Blanke EN. Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2019 Oct;320:113009. doi: 10.1016/j.expneurol.2019.113009.
16. Meerschaert KA, Davis BM, Smith-Edwards KM. New Insights on Extrinsic Innervation of the Enteric Nervous System and Non-neuronal Cell Types That Influence Colon Function. *Adv Exp Med Biol.* 2022;1383:133-139. doi: 10.1007/978-3-031-05843-1_13.
17. Humenick A, Chen BN, Lauder CI, Wattchow DA, Zagorodnyuk VP, Dinning PG, et al. Characterization of projections of longitudinal muscle motor neurons in human colon. *Neurogastroenterol Motil.* 2019 Oct;31(10):e13685. DOI: 10.1111/nmo.13685.
18. Nakamori H, Naitou K, Horii Y, Shimaoka H, Horii K, Sakai H et al. Roles of the noradrenergic nucleus locus coeruleus and dopaminergic nucleus A11 region as supraspinal defecation centers in rats. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2019 Oct 1;317(4):G545-G555. doi: 10.1152/ajpgi.00062.2019.
19. Brehmer A. Classification of human enteric neurons. *Histochem Cell Biol.* 2021 Aug;156(2):95-108.
20. Chen BN, Humenick AG, Hibberd TJ, Yew WP, Wattchow DA, Dinning PG et al. Characterization of viscerofugal neurons in human colon by retrograde tracing and multi-layer immunohistochemistry. *Front Neurosci.* 2024 Jan 16;17:1313057. doi: 10.3389/fnins.2023.1313057.
21. Zhang Y, Paterson WG. Characterization of the peristaltic reflex in murine distal colon. *Can J Physiol Pharmacol.* 2016 Feb;94(2):190-198. DOI: 10.1139/cjpp-2015-0086.
22. Johnson DE, Drummond E, Grimwood S, Sawant-Basak A, Miller E, Tseng E, et al. The 5-hydroxytryptamine 4 receptor agonists prucalopride and PRX-03140 increase acetyl-choline and histamine levels in the rat prefrontal cortex and the power of stimulated hippocampal ν oscillations. *J Pharmacol Exp.* 2012;341(3):681-91.
23. Parker DR, Wiklendt L, Humenick A, Chen BN, Sia TC, Wattchow DA et al. Sympathetic Pathways Target Cholinergic Neurons in the Human Colonic Myenteric Plexus. *Front Neurosci.* 2022 Mar 17;16:863662.
24. Camilleri M, David R Linden DR. Measurement of Gastrointestinal and Colonic Motor Functions in Humans and Animals. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2016 Jul;2(4):412-428.
25. Duan H, Cai X, Luan Y, Yang S, Yang J, Dong H, et al. Regulation of the Autonomic Nervous System on Intestine. *Front Physiol.* 2021 Jul 14;12:700129. DOI: 10.3389/fphys.2021.700129.
26. Smith-Edwards KM, Edwards BS, Wright CM, Schneider S, Meerschaert KA, Ejoh LL, et al. Sympathetic Input to Multiple Cell Types in Mouse and Human Colon Produces Region-Specific Responses. *Gastroenterology.* 2021 Mar;160(4):1208-1223.
27. Fung C, Berghe PV. Functional circuits and signal processing in the enteric nervous system. *Cell Mol Life Sci.* 2020 Nov;77(22):4505-4522. DOI: 10.1007/s00018-020-03543-6.
28. Spencer NJ, Hibberd TJ, Travis L, Wiklendt L, Costa M, Hu H, et al. Identification of a Rhythmic Firing Pattern in the Enteric Nervous System That Generates Rhythmic Electrical Activity in Smooth Muscle. *J Neurosci.* 2018 Jun 13;38(24):5507-5522
29. Gould TW, Swope WA, Heredia DJ, Corrigan RD, Smith TK. Activity within specific enteric neurochemical subtypes is correlated with distinct patterns of gastrointestinal motility in the murine colon. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2019 Aug 1;317(2):G210-G221. DOI: 10.1152/ajpgi.00252.2018.
30. Smith-Edwards KM, Edwards BS, Wright CM, Schneider S, Meerschaert KA, Ejoh LL, et al. Sympathetic Input to Multiple Cell Types in Mouse and Human Colon Produces Region-Specific Responses. *Gastroenterology.* 2021 Mar;160(4):1208-1223.
31. Fung C, Berghe PV. Functional circuits and signal processing in the enteric nervous system. *Cell Mol Life Sci.* 2020 Nov;77(22):4505-4522. DOI: 10.1007/s00018-020-03543-6.
32. Spencer NJ, Kyloh MA, Travis L, Dodds KN. Identification of spinal afferent nerve endings in the colonic mucosa and submucosa that communicate directly with the spinal cord: The gut-brain axis. *J Comp Neurol.* 2020 Jul;528(10):1742-1753. DOI: 10.1002/cne.24854.
33. Humenick A, Chen BN, Wattchow DA, Zagorodnyuk VP, Dinning PG, Spencer NJ et al. Characterization of putative interneurons in the myenteric plexus of human colon. *Neurogastroenterol Motil.* 2021 Jan;33(1):e13964. doi: 10.1111/nmo.13964.
34. Furness JB, Callaghan BP, Rivera LR, Cho HJ. The enteric nervous system and gastrointestinal innervation: integrated local and central control. *Adv Exp Med Biol.* 2014;817:39-71.
35. Hibberd TJ, Ramsay S, Spencer-Merris P, Dinning PG, Zagorodnyuk VP, Spencer NJ. Circadian rhythms in colonic function. *Front Physiol.* 2023 Aug 30;14:1239278. doi: 10.3389/fphys.2023.1239278.
36. Magalhães HIR, Castelucci P. Enteric nervous system and inflammatory bowel diseases: Correlated impacts and therapeutic approaches through the P2X7 receptor. *World J Gastroenterol.* 2021 Dec 14;27(46):7909-7924. doi: 10.3748/wjg.v27.i46.7909.

37. Veress B, Peruzzi N, Eckermann M, Frohn J, Salditt T, Bech M, Ohlsson B. Structure of the myenteric plexus in normal and diseased human ileum analyzed by X-ray virtual histology slices. *World J Gastroenterol*. 2022 Aug 7;28(29):3994-4006. doi: 10.3748/wjg.v28.i29.3994.
38. Kirov TV, Atanasova DY, Lazarov NE. Neurochemical profile of the myenteric plexus in the rat colorectal region. *Anat Rec (Hoboken)*. 2023 Sep;306(9):2292-2301. doi: 10.1002/ar.25019.
39. Shahrestani J, Das JM. Neuroanatomy, Auerbach Plexus. 2023 May 23. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. PMID: 31855386. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551559>.
40. Wood JD. Enteric Nervous System: Neuropathic Gastrointestinal Motility. *Dig Dis Sci*. 2016 Jul;61(7):1803-16. doi: 10.1007/s10620-016-4183-5.
41. Greenwood-Van Meerveld B, Johnson AC, Grundy D. Gastrointestinal Physiology and Function. *Handb Exp Pharmacol*. 2017;239:1-16. doi: 10.1007/164_2016_118.
42. Jones LA, Sun EW, Martin AM, Keating DJ. The ever-changing roles of serotonin. *Int J Biochem Cell Biol*. 2020 Aug;125:105776. doi: 10.1016/j.biocel.2020.105776.
43. Vaccaro R, Casini A, Severi C, Lamazza A, Pronio A, Palma R. Serotonin and Melatonin in Human Lower Gastrointestinal Tract. *Diagnostics (Basel)*. 2023 Jan 5;13(2):204. doi: 10.3390/diagnostics13020204.
44. Koopman N, Katsavelis D, Hove AS, Brul S, de Jonge WJ, Seppen J. The Multifaceted Role of Serotonin in Intestinal Homeostasis. *Int J Mol Sci*. 2021 Aug 31;22(17):9487. DOI: 10.3390/ijms22179487.
45. Knutson KR, Whiteman ST, Alcaino C, Mercado-Perez A, Finholm I, Serlin HK et al. Intestinal enteroendocrine cells rely on ryanodine and IP(3) calcium store receptors for mechanotransduction. *J Physiol*. 2023 Jan;601(2):287-305. doi: 10.1113/JP283383.
46. Spencer NJ, Keating DJ. Role of 5-HT in the enteric nervous system and enteroendocrine cells. *Br J Pharmacol*. 2022 Jul 21. doi: 10.1111/bph.15930.
47. Yaakob NS, Chinkwo KA, Chetty N, Coupur IM, Irving HR. Distribution of 5-HT₃, 5-HT₄, and 5-HT₇ Receptors Along the Human Colon. *J Neurogastroenterol Motil*. 2015 Jul 30;21(3):361-9.
48. Narla VK, Prasad KM, Murthy JV. Time-dependent peristaltic analysis in a curved conduit: Application to chyme movement through intestine. *Math Biosci*. 2017 Nov;293:21-28.
49. Stasi C, Sadalla S, Stefano Milani S. The Relationship Between the Serotonin Metabolism, Gut-Microbiota and the Gut-Brain Axis. *Curr Drug Metab*. 2019;20(8):646-655.
50. Zhang Y, Paterson WG. Characterization of the peristaltic reflex in murine distal colon. *Can J Physiol Pharmacol*. 2016 Feb;94(2):190-198. DOI: 10.1139/cjpp-2015-0086.
51. Gwynne RM, Bornstein JC. Luminal 5-HT₄ receptors-A successful target for prokinetic actions. *Neurogastroenterol Motil*. 2019 Oct;31(10):e13708. doi: 10.1111/nmo.13708.
52. Galligan JJ. Colonic 5-HT₄ receptors are targets for novel prokinetic drugs. *Neurogastroenterol Motil*. 2021 Apr;33(4):e14125. doi: 10.1111/nmo.14125.
54. Cash BD, Chey WD. The role of serotonergic agents in the treatment of patients with primary chronic constipation. *Aliment Pharmacol Ther*. 2005;22(11-12):1047-60.
55. Celtek S, Thangiah R, Jarvie EM. Synergy between 5-HT₄ receptor activation and acetylcholinesterase inhibition in human colon and forestomach. *Neurogastroenterol Motil*. 2008;20(5):539-545.
56. Van Crombruggen K, Van Nassauw L, Timmermans JP, Lefebvre RA. Inhibitory purinergic P₂ receptor characterisation in rat distal colon. *Neuropharmacology*. 2007 Aug;53(2):257-71. doi: 10.1016/j.neuropharm.2007.05.010.
57. de Campos NE, Marques-da-Silva C, Corrêa G, Castelo-Branco MT, de Souza HS, Coutinho-Silva R. Characterizing the presence and sensitivity of the P₂X₇ receptor in different compartments of the gut. *J Innate Immun*. 2012;4(5-6):529-41. doi: 10.1159/000336628.
58. Morrone FB, Vargas P, Rockenbach L, Scheffel TB. P₂Y₁₂ Purinergic Receptor and Brain Tumors: Implications on Glioma Microenvironment. *Molecules*. 2021 Oct 12;26(20):6146. doi: 10.3390/molecules26206146.
59. Cortier M, Boina-Ali R, Racœur C, Paul C, Solary E, Jeannin JF, Bettaieb A. H89 enhances the sensitivity of cancer cells to glyceryl trinitrate through a purinergic receptor-dependent pathway. *Oncotarget*. 2015 Mar 30;6(9):6877-86. doi: 10.18632/oncotarget.3124.
60. Hibberd TJ, Travis L, Wiklendt L, Costa M, Brookes SJH, Hu H et al. Synaptic activation of putative sensory neurons by hexamethonium-sensitive nerve pathways in mouse colon. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2018 Jan 1;314(1):G53-G64. doi: 10.1152/ajpgi.00234.2017. Epub 2017 Sep 21.
61. Oláh G, Módis K, Törö G, Hellmich MR, Szczesny B, Szabo C. Role of endogenous and exogenous nitric oxide, carbon monoxide and hydrogen sulfide in HCT116 colon cancer cell proliferation. *Biochem Pharmacol*. 2018 Mar;149:186-204. doi: 10.1016/j.bcp.2017.10.011.
62. Beck K, Voussen B, Reigl A, Vincent AD, Parsons SP, Huizinga JD, Friebe A. Cell-specific effects of nitric oxide on the efficiency and frequency of long distance contractions in murine colon. *Neurogastroenterol Motil*. 2019 Jun;31(6):e13589. doi: 10.1111/nmo.13589.
63. Durnin L, Lees A, Manzoor S, Sasse KC, Sanders KM, Mutafova-Yambolieva VN. Loss of nitric oxide-mediated inhibition of purine neurotransmitter release in the colon in the absence of interstitial cells of Cajal. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2017 Nov 1;313(5):G419-G433. doi: 10.1152/ajpgi.00045.2017.

64. Brinkman DJ, Ten Hove AS, Vervoordeldonk MJ, Luyer MD, de Jonge WJ. Neuroimmune Interactions in the Gut and Their Significance for Intestinal Immunity. *Cells*. 2019 Jul 2;8(7):670.
65. Rasmusson AM. The gut peptide neuropeptide Y and post-traumatic stress disorder. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2017 Feb;24(1):3-8. doi: 10.1097/MED.0000000000000301.
66. Priem EK, De Maeyer JH, Vandewoestyne M. Predominant mucosal expression of 5-HT4 (+h) receptor splice variants in pig stomach and colon. *World J. Gastroenterol*. 2013;19(24):3747-60.
67. Patel M, Valaiyaduppu Subas S, Ghani MR, Busa V, Dardeir A, Marudhai S, Cancarevic I. Role of Substance P in the Pathophysiology of Inflammatory Bowel Disease and Its Correlation With the Degree of Inflammation. *Cureus*. 2020 Oct 18;12(10):e11027. doi: 10.7759/cureus.11027.
68. Mazzoni M, Cabanillas L, Costanzini A, Caremoli F, Million M, Larauche M et al. Distribution, quantification, and characterization of substance P enteric neurons in the submucosal and myenteric plexuses of the porcine colon. *Cell Tissue Res*. 2024 Jan;395(1):39-51. doi: 10.1007/s00441-023-03842-x.
69. Yan Y, Ramanan D, Rozenberg M, McGovern K, Rastelli D, Vijaykumar B, et al. Interleukin-6 produced by enteric neurons regulates the number and phenotype of microbe-responsive regulatory T cells in the gut. *Immunity*. 2021 Mar 9;54(3):499-513. DOI: 10.1016/j.immuni.2021.02.002.
70. Chen Y, Pan R, Mei L, Tian P, Wang L, Zhao J, Chen W, Wang G. Colon-Targeted Delivery of Indole Acetic Acid Helps Regulate Gut Motility by Activating the AHR Signaling Pathway. *Nutrients*. 2023 Oct 8;15(19):4282. doi: 10.3390/nu15194282.
71. Vicentini FA, Keenan CM, Wallace LE, Woods C, Cavin JB, Flockton AR et al. Intestinal microbiota shapes gut physiology and regulates enteric neurons and glia. *Microbiome*. 2021 Oct 26;9(1):210. doi: 10.1186/s40168-021-01165-z.

References

- Bharucha A. E., Lacy B. E. (2020) Mechanisms, Evaluation, and Management of Chronic Constipation. *Gastroenterology*. Vol. 158, № 5. P. 1232 - 1249. e3. doi: 10.1053/j.gastro.2019.12.034.
- Arthur T., Burgess A. (2022) Acute Colonic Pseudo-Obstruction. *Clin Colon Rectal Surg*. Vol. 35, № 3. P. 221 - 226. doi: 10.1055/s-0041-1740044.
- Heitmann P. T., Vollebregt P. F., Knowles C. H., Lunniss P. J., Dinning P. G., Scott S. M. (2021) Understanding the physiology of human defaecation and disorders of continence and evacuation. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. Vol. 18, № 11. P. 751 - 769. doi: 10.1038/s41575-021-00487-5.
- Mearin F., Lacy B. E., Chang L., Chey W. D., Lembo A. J., Simren M., Spiller R. (2016) Bowel Disorders. *Gastroenterology*. Vol. 150, № 6. P. 1393 - 1407. DOI: 10.1053/j.gastro.2016.02.031.
- Corsetti M., Costa M., Bassotti G., Bharucha A. E., Borrelli O., Dinning P., Di Lorenzo C. et al. (2019) First translational consensus on terminology and definitions of colonic motility in animals and humans studied by manometric and other techniques. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. Vol. 16, № 9. P. 559 - 579.
- Lambrinos G., Cristofaro V., Pelton K., Bigger-Allen A., Doyle C., Vasquez E. et al. (2022) Neupilin 2 Is a Novel Regulator of Distal Colon Contractility. *Am J Pathol*. Vol. 192, № 11. P. 1592 - 1603.
- Nakamori H., Hashitani H. (2023) Neural targets of the enteric dopaminergic system in regulating motility of rat proximal colon. *Pflugers Arch*. Vol. 475, № 11. P. 1315 - 1327.
- Martin A. M., Jones L. A., Wei L., Spencer N. J., Sanders K. M., Ro S., Keating D. J. (2022) Distinguishing the contributions of neuronal and mucosal serotonin in the regulation of colonic motility. *Neurogastroenterol Motil*. Vol. 34, № 8. e14361. doi: 10.1111/nmo.14361.
- Sharkey K. A., Mawe G. M. (2023) The enteric nervous system. *Physiol Rev*. Vol. 103, № 2. P. 1487 - 1564. doi: 10.1152/physrev.00018.2022.
- Spencer N. J., Hu H. (2020) Enteric nervous system: sensory transduction, neural circuits and gastrointestinal motility. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. Vol. 6. P. 338 - 351. doi: 10.1038/s41575-020-0271-2.
- Huizinga J. D., Hussain A., Chen J. H. (2021) Interstitial cells of Cajal and human colon motility in health and disease. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. Vol. 321, № 5. G552-G575.
- Veress B., Ohlsson B. (2020) Spatial relationship between telocytes, interstitial cells of Cajal and the enteric nervous system in the human ileum and colon. *J Cell Mol Med*. Vol. 24, № 6. P. 3399 - 3406.
- Mawe G. M., Sanders K. M., Camilleri M. (2023) Overview of the Enteric Nervous System. *Semin Neurol*. Vol. 43, № 4. P. 495 - 505. doi: 10.1055/s-0043-1771466.
- Huizinga J. D. (2019) Recent advances in intestinal smooth muscle research: from muscle strips and single cells, via ICC networks to whole organ physiology and assessment of human gut motor dysfunction. *J Smooth Muscle Res*. Vol. 55. P. 68 - 80. DOI: 10.1540/jsmr.55.68.
- Holmes G. M., Blanke E. N. (2019) Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. *Exp Neurol*. Vol. 320. 113009. doi: 10.1016/j.expneurol.2019.113009.
- Meerschaert K. A., Davis B. M., Smith-Edwards K. M. (2022) New Insights on Extrinsic Innervation of the Enteric Nervous System and Non-neuronal Cell Types That Influence Colon Function. *Adv Exp Med Biol*. Vol. 1383. P. 133 - 139. doi: 10.1007/978-3-031-05843-1_13.
- Humenick A., Chen B. N., Lauder C. I., Wattchow D. A., Zagorodnyuk V. P., Dinning P. G., et al. (2019) Characterization of projections of longitudinal muscle motor neurons in human colon. *Neurogastroenterol Motil*. Vol. 31, № 10. e13685. DOI: 10.1111/nmo.13685.

18. Nakamori H., Naitou K., Horii Y., Shimaoka H., Horii K., Sakai H. et al. (2019) Roles of the noradrenergic nucleus locus coeruleus and dopaminergic nucleus A11 region as supraspinal defecation centers in rats. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. Vol. 317, № 4. G545-G555. doi: 10.1152/ajpgi.00062.2019.
19. Brehmer A. (2021) Classification of human enteric neurons. *Histochem Cell Biol*. Vol. 156, № 2. P. P. 95 - 108. DOI: 10.1007/s00418-021-02002-y.
20. Chen B. N., Humenick A. G., Hibberd T. J., Yew W. P., Wattchow D. A., Dinning P. G. et al. (2024) Characterization of viscerofugal neurons in human colon by retrograde tracing and multi-layer immunohistochemistry. *Front Neurosci*. Vol. 17. 1313057. doi: 10.3389/fnins.2023.1313057.
21. Zhang Y., Paterson W. G. (2016) Characterization of the peristaltic reflex in murine distal colon. *Can J Physiol Pharmacol*. Vol. 94, № 2. P. 190 - 198. DOI: 10.1139/cjpp-2015-0086.
22. Johnson D. E., Drummond E., Grimwood S., Sawant-Basak A., Miller E., Tseng E, et al. (2012) The 5-hydroxytryptamine 4 receptor agonists prucalopride and PRX-03140 increase acetyl-choline and histamine levels in the rat prefrontal cortex and the power of stimulated hippocampal ν oscillations. *J Pharmacol Exp*. Vol. Vol. 341, № 3. P. 681 - 691.
23. Parker D. R., Wiklendt L., Humenick A., Chen B. N., Sia T. C., Wattchow D. A. et al. (2022) Sympathetic Pathways Target Cholinergic Neurons in the Human Colonic Myenteric Plexus. *Front Neurosci*. Vol. 16. 863662. doi: 10.3389/fnins.2022.863662.
24. Camilleri M., David R., Linden D. R. (2016) Measurement of Gastrointestinal and Colonic Motor Functions in Humans and Animals. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol*. Vol. 2, № 4. P. 412 - 428.
25. Duan H., Cai X., Luan Y., Yang S., Yang J., Dong H., et al. (2021) Regulation of the Autonomic Nervous System on Intestine. *Front Physiol*. Vol. 12. 700129. DOI: 10.3389/fphys.2021.700129.
26. Smith-Edwards K. M., Edwards B. S., Wright C. M., Schneider S., Meerschaert K. A., Ejoh L. L., et al. (2021) Sympathetic Input to Multiple Cell Types in Mouse and Human Colon Produces Region-Specific Responses. *Gastroenterology*. Vol. 160, № 4. P. 1208 - 1223.
27. Fung C., Berghe P. V. (2020) Functional circuits and signal processing in the enteric nervous system. *Cell Mol Life Sci*. Vol. 77, № 22. P. 4505 - 4522. DOI: 10.1007/s00018-020-03543-6.
28. Spencer N. J., Hibberd T. J., Travis L., Wiklendt L., Costa M., Hu H., et al. (2018) Identification of a Rhythmic Firing Pattern in the Enteric Nervous System That Generates Rhythmic Electrical Activity in Smooth Muscle. *J Neurosci*. Vol. 38, № 24. P. 5507 - 5522.
29. Gould T. W., Swope W. A., Heredia D. J., Corrigan R. D., Smith T. K. (2019) Activity within specific enteric neurochemical subtypes is correlated with distinct patterns of gastrointestinal motility in the murine colon. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. Vol. 317, № 2. G210-G221. DOI: 10.1152/ajpgi.00252.2018.
30. Smith-Edwards K. M., Edwards B. S., Wright C. M., Schneider S., Meerschaert K. A., Ejoh L. L., et al. (2021) Sympathetic Input to Multiple Cell Types in Mouse and Human Colon Produces Region-Specific Responses. *Gastroenterology*. Vol. 160, № 4. P. 1208 - 1223.
31. Fung C., Berghe P. V. (2020) Functional circuits and signal processing in the enteric nervous system. *Cell Mol Life Sci*. Vol. 77, № 22. P. 4505 - 4522. DOI: 10.1007/s00018-020-03543-6.
32. Spencer N. J., Kyloh M. A., Travis L., Dodds K. N. (2020) Identification of spinal afferent nerve endings in the colonic mucosa and submucosa that communicate directly with the spinal cord: The gut-brain axis. *J Comp Neurol*. Vol. 528, № 10. P. 1742 - 1753. DOI: 10.1002/cne.24854.
33. Humenick A., Chen B. N., Wattchow D. A., Zagorodnyuk V. P., Dinning P. G., Spencer N. J. et al. (2021) Characterization of putative interneurons in the myenteric plexus of human colon. *Neurogastroenterol Motil*. Vol. 33, № 1. e13964. doi: 10.1111/nmo.13964.
34. Furness J. B., Callaghan B. P., Rivera L. R., Cho H. J. (2014) The enteric nervous system and gastrointestinal innervation: integrated local and central control. *Adv Exp Med Biol*. Vol. 817. P. 39 - 71.
35. Hibberd T. J., Ramsay S., Spencer-Merris P., Dinning P. G., Zagorodnyuk V. P., Spencer N. J. (2023) Circadian rhythms in colonic function. *Front Physiol*. Vol. 14. 1239278. doi: 10.3389/fphys.2023.1239278.
36. Magalhães H. I. R., Castelucci P. (2021) Enteric nervous system and inflammatory bowel diseases: Correlated impacts and therapeutic approaches through the P2X7 receptor. *World J Gastroenterol*. Vol. 27, № 46. P. 7909 - 7924. doi: 10.3748/wjg.v27.i46.7909.
37. Veress B., Peruzzi N., Eckermann M., Frohn J., Salditt T., Bech M., Ohlsson B. (2022) Structure of the myenteric plexus in normal and diseased human ileum analyzed by X-ray virtual histology slices. *World J Gastroenterol*. Vol. 28, № 29. P. 3994 - 4006. doi: 10.3748/wjg.v28.i29.3994.
38. Kirov T. V., Atanasova D. Y., Lazarov N. E. (2023) Neurochemical profile of the myenteric plexus in the rat colorectal region. *Anat Rec (Hoboken)*. Vol. 306, № 9. P. 2292 - 2301. doi: 10.1002/ar.25019.
39. Shahrestani J., Das J. M. (2024) Neuroanatomy, Auerbach Plexus. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; PMID: 31855386. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551559>.
40. Wood J. D. (2016) Enteric Nervous System: Neuropathic Gastrointestinal Motility. *Dig Dis Sci*. Vol. Vol. 61, № 7. P. 1803 - 1816. doi: 10.1007/s10620-016-4183-5.
41. Greenwood-Van Meerveld B., Johnson A. C., Grundy D. (2017) Gastrointestinal Physiology and Function. *Handb Exp Pharmacol*. Vol. 239, № 1. P. 1 - 16. doi: 10.1007/164_2016_118.

42. Jones L. A., Sun E. W., Martin A. M., Keating D. J. (2020) The ever-changing roles of serotonin. *Int J Biochem Cell Biol.* Vol. 125. 105776. doi: 10.1016/j.biocel.2020.105776.
43. Vaccaro R., Casini A., Severi C., Lamazza A., Pronio A., Palma R. (2023) Serotonin and Melatonin in Human Lower Gastrointestinal Tract. *Diagnostics (Basel).* Vol. 13, № 2. 204.
44. Koopman N., Katsavelis D., Hove A. S., Brul S., de Jonge W. J., Seppen J. (2021) The Multifaceted Role of Serotonin in Intestinal Homeostasis. *Int J Mol Sci.* Vol. 22, № 17. 9487. DOI: 10.3390/ijms22179487.
45. Knutson K. R., Whiteman S. T., Alcaïno C., Mercado-Perez A., Finholm I., Serlin H. K. et al. (2023) Intestinal enteroendocrine cells rely on ryanodine and IP(3) calcium store receptors for mechanotransduction. *J Physiol.* Vol. 601, № 2. P. 287 - 305. doi: 10.1113/JP283383.
46. Spencer N. J., Keating D. J. (2022) Role of 5-HT in the enteric nervous system and enteroendocrine cells. *Br J Pharmacol.* Jul 21. doi: 10.1111/bph.15930.
47. Yaakob N. S., Chinkwo K. A., Chetty N., Coupur I. M., Irving H. R. (2015) Distribution of 5-HT₃, 5-HT₄, and 5-HT₇ Receptors Along the Human Colon. *J Neurogastroenterol Motil.* Vol. 21, № 3. P. 361-369.
48. Narla V. K., Prasad K. M., Murthy J. V. (2017) Time-dependent peristaltic analysis in a curved conduit: Application to chyme movement through intestine. *Math Biosci.* Vol. 293. P. 21 - 28.
49. Stasi C., Sadalla S., Stefano Milani S. (2019) The Relationship Between the Serotonin Metabolism, Gut-Microbiota and the Gut-Brain Axis. *Curr Drug Metab.* Vol. 20, № 8. P. 646 - 655.
50. Zhang Y., Paterson W. G. (2016) Characterization of the peristaltic reflex in murine distal colon. *Can J Physiol Pharmacol.* Vol. 94, № 2. P. 190 - 198. DOI: 10.1139/cjpp-2015-0086.
51. Gwynne R. M., Bornstein J. C. (2019) Luminal 5-HT(4) receptors-A successful target for prokinetic actions. *Neurogastroenterol Motil.* Vol. 31, № 10. :e13708. doi: 10.1111/nmo.13708.
52. Galligan J. J. (2021) Colonic 5-HT(4) receptors are targets for novel prokinetic drugs. *Neurogastroenterol Motil.* Vol. 33, № 4. e14125. doi: 10.1111/nmo.14125.
54. Cash B. D., Chey W. D. (2005) The role of serotonergic agents in the treatment of patients with primary chronic constipation. *Aliment Pharmacol Ther.* Vol. 22, № 11-12. P. 1047 - 1060.
55. Celtek S., Thangiah R., Jarvie E. M. (2008) Synergy between 5-HT₄ receptor activation and acetylcholinesterase inhibition in colon and forestomach. *Neurogastroenterol Motil.* Vol. 20, № 5. P. 539 - 545.
56. Van Crombruggen K., Van Nassauw L., Timmermans J. P., Lefebvre R. A. (2007) Inhibitory purinergic P₂ receptor characterisation in rat distal colon. *Neuropharmacology.* Vol. 53, № 2. P. 257 -271.
57. de Campos N. E., Marques-da-Silva C., Corrêa G., Castelo-Branco M. T., de Souza H. S., Coutinho-Silva R. (2012) Characterizing the presence and sensitivity of the P₂X₇ receptor in different compartments of the gut. *J Innate Immun.* Vol. 4, № 5-6. P. 529 - 541. doi: 10.1159/000336628.
58. Morrone F. B., Vargas P., Rockenbach L., Scheffel T. B. (2021) P₂Y₁₂ Purinergic Receptor and Brain Tumors: Implications on Glioma Microenvironment. *Molecules.* Vol. 26, № 20. 6146.
59. Cortier M., Boina-Ali R., Racœur C., Paul C., Solary E., Jeannin J. F., Bettaieb A. (2015) H89 enhances the sensitivity of cancer cells to glyceryl trinitrate through a purinergic receptor-dependent pathway. *Oncotarget.* Vol. 6, № 9. P. 6877 - 6886. doi: 10.18632/oncotarget.3124.
60. Hibberd T. J., Travis L., Wiklendt L., Costa M., Brookes S. J. H., Hu H. et al. (2018) Synaptic activation of putative sensory neurons by hexamethonium-sensitive nerve pathways in mouse colon. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* Vol. 314, № 1. G53-G64. doi: 10.1152/ajpgi.00234.2017.
61. Oláh G., Módis K., Törö G., Hellmich M. R., Szczesny B., Szabo C. (2018) Role of endogenous and exogenous nitric oxide, carbon monoxide and hydrogen sulfide in HCT116 colon cancer cell proliferation. *Biochem Pharmacol.* Vol. 149, P. 186 - 204. doi: 10.1016/j.bcp.2017.10.011.
62. Beck K., Voussen B., Reigl A., Vincent A. D., Parsons S. P., Huizinga J. D., Friebe A. (2019) Cell-specific effects of nitric oxide on the efficiency and frequency of long distance contractions in murine colon. *Neurogastroenterol Motil.* Vol. 31, № 6. e13589. doi: 10.1111/nmo.13589.
63. Durnin L., Lees A., Manzoor S., Sasse K. C., Sanders K. M., Mutafova-Yambolieva V. N. (2017) Loss of nitric oxide-mediated inhibition of purine neurotransmitter release in the colon in the absence of interstitial cells of Cajal. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* Vol. 313, № 5. G419-G433.
64. Brinkman D. J., Ten Hove A. S., Vervoordeldonk M. J., Luyer M. D., de Jonge W. J. (2019) Neuroimmune Interactions in the Gut and Their Significance for Intestinal Immunity. *Cells.* Vol. 8, № 7. 670.
65. Rasmusson A. M. (2017) The gut peptide neuropeptide Y and post-traumatic stress disorder. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* Vol. 24, № 1. P. 3 - 8. doi: 10.1097/MED.0000000000000301.
66. Priem E. K., De Maeyer J. H., Vandewoestyne M. (2013) Predominant mucosal expression of 5-HT₄ (+h) receptor splice variants in pig stomach and colon. *World J. Gastroenterol.* Vol. 19, № 24. P. 3747 - 3760.
67. Patel M., Valaiyaduppu Subas S., Ghani M. R., Busa V., Dardeir A., Marudhai S., Cancarevic I. (2020) Role of Substance P in the Pathophysiology of Inflammatory Bowel Disease and Its Correlation With the Degree of Inflammation. *Cureus.* Vol. 12, № 10. e11027. doi: 10.7759/cureus.11027.
68. Mazzoni M., Cabanillas L., Costanzini A., Caremoli F., Million M., Larauche M. et al. (2024) Distribution, quantification, and characterization of substance P enteric neurons in the submucosal and myenteric plexuses of the porcine colon. *Cell Tissue Res.* Vol. 395, № 1. P. 39 - 51. doi: 10.1007/s00441-023-03842-x.

69. Yan Y., Ramanan D., Rozenberg M., McGovern K., Rastelli D., Vijaykumar B., et al. (2021) Interleukin-6 produced by enteric neurons regulates the number and phenotype of microbe-responsive regulatory T cells in the gut. *Immunity*. Vol. 54, № 3. P. 499 - 513. DOI: 10.1016/j.immuni.2021.02.002.
70. Chen Y., Pan R., Mei L., Tian P., Wang L., Zhao J., Chen W., Wang G. (2023) Colon-Targeted Delivery of Indole Acetic Acid Helps Regulate Gut Motility by Activating the AHR Signaling Pathway. *Nutrients*. Vol. 15, № 19. 4282. doi: 10.3390/nu15194282.
71. Vicentini F. A., Keenan C. M., Wallace L. E., Woods C., Cavin J. B., Flockton A. R. et al. (2021) Intestinal microbiota shapes gut physiology and regulates enteric neurons and glia. *Microbiome*. Vol. 9, № 1. 210.

Lukyantseva H. V., Ilyin V. M., Drozdovska S. B., Goncharenko I. V., Pastukhova V. A.
Features of neurohumoral regulation of contractile activity of colon smooth muscle tissue.

The colon performs several important functions. All of them are performed with the participation of smooth muscle tissue of the intestinal wall and require optimal implementation of precise regulatory influences. Coordinated contractions of the muscular coat of the colon are determined by a complex of interconnected myogenic mechanisms, metasympathetic nerve reflexes and humoral factors, led by the effects of nervous system structures. In this article, we attempted to review the leading mechanisms of neurohumoral regulation of the motor function of the colon. The aim of the study was to systematize the information in the scientific literature on the neuro-humoral regulatory mechanisms of the motor function of the colon. A comparative analysis of modern literature was carried out by processing scientific sources presented in the scientometric databases PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library and others over the past 10 years. We used the search terms “colon”, “nervous regulation”, “humoral regulation”, “enteric nervous system”, “muscular membrane of the colon” and others.

Regulation of the motor function of the colon is a complex process that includes several stages of nervous and humoral influences, starting from local reflexes of the intestine and ending with the brain. Stretching of the intestinal wall by chyme leads to the secretion of serotonin, which activates local metasympathetic reflexes with the participation of enteric neurons. The latter secrete excitatory neurotransmitters that enhance the motility of the more proximal part of the intestine. At the same time, inhibitory mediators cause relaxation of the muscles below the site of mechanotransduction. Due to these processes, the contents of the intestine move towards the rectum. The nervous influences of extra-organ nerves and local metasympathetic centers are combined with numerous complex humoral effects. In this case, stimulation of intestinal motility requires the participation of the cholinergic system, as well as purines and some other regulatory peptides. Serotonergic, tachykininergic and sympathetic effects in this complex neuro-humoral regulatory process play a modulating role. The final acceptor is the release of acetylcholine by cholinergic excitatory motoneurons and nitric oxide and VIP by nonadrenergic noncholinergic inhibitory motoneurons.

Key words: colon; muscular coat; enteric nervous system; neurotransmitters; hormones.

Одержано редакцією: 30.09.24
Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 616.12-008.38:796.004.38+796.004+796.07.22(045)
DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-83-100

Луць Юлія Петрівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України
yulialuts06@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9374-3732>

Бакуновський Олександр Миколайович

Національний університет фізичного виховання і спорту України
Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України
alexandr.bakunovskiy@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1025>

Лук'янцева Галина Володимирівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України
lukjantseva@gmail.com

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

Федорчук Світлана Володимирівна

Національний університет фізичного виховання і спорту України
svitlana.v.fedorchuk@gmail.com

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

ОСОБЛИВОСТІ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У КІБЕРСПОРТСМЕНІВ В ПОРІВНЯННІ З ІТ-СПЕЦІАЛІСТАМИ ТА НЕТРЕНОВАНИМИ ОСОБАМИ

У сучасному цифровому світі зростає популярність кіберспорту як професії та розваги, а також збільшується кількість ІТ-фахівців, що працюють у комп'ютерній галузі. Два ці напрямки пов'язані з тривалим сидячим способом життя, що може мати серйозні наслідки для кровообігу та загального здоров'я. Це дослідження має на меті проаналізувати вплив тривалого сидіння з використання комп'ютерів та розумового навантаження на вегетативну рівновагу кіберспортсменів, ІТ-спеціалістів та нетренованих осіб. Виявлення можливих негативних наслідків та розробка ефективних стратегій для їх пом'якшення є важливими кроками до підтримання здоров'я та продуктивності в обох цих галузі. Метою є дослідження особливостей змін роботи серця, а саме варіабельності серцевого ритму, як маркер вегетативного балансу у груп кіберспортсменів, ІТ-спеціалістів та нетренованих осіб. У дослідженні прийняла участь 41 особа чоловічої статі, а саме три групи: група КІБ (14 кіберспортсменів), група ІТ (13 осіб, ІТ-спеціалістів) та група НТ (14 нетренованих осіб) віком 17-25 років. Реєстрацію показників вегетативної рівноваги (проводили за допомогою діагностичного комп'ютеризованого комплексу «Кардіо+» (Україна) з застосуванням опції реєстрації 100 кардіоінтервалів. Для дослідження варіабельності серцевого ритму, шляхом реєстрації РитмКГ, використовували аналіз за Баєвським.

***Ключові слова:** кіберспортсмен, ІТ-спеціаліст, варіабельність серцевого ритму, кровообіг, серце.*

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами. Представлена робота є фрагментом науково-дослідної роботи кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України «Вплив екзогенних та ендогенних факторів на перебіг адаптаційних реакцій організму до фізичних навантажень різної інтенсивності» (державний реєстраційний номер 012U108187).

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Тривале сидіння в напруженому, неприродному електронному середовищі з вимушеними позами може значно знизити рівень фізичної активності геймера [1, 2, 3].

Однією з первинних систем у реалізації та лімітуванні фізичної працездатності організму є серцево-судинна система, а характер її адаптаційної відповіді на різні режими фізичних навантажень є одним з ключових питань адаптації у спорті [4, 5, 6].

Негативний вплив способу життя гравців та програмістів, відображається на серцево-судинній системі, що проявляється у зниженні частоти серцевих скорочень і зниженні тону судин. Тому тривалі періоди сидіння за комп'ютером підвищують ризик серцево-судинних захворювань і діабету 2 типу, а також смертність [7, 8].

Таким чином, оцінка особливостей змін роботи серця, а саме параметрів варіабельності серцевого ритму серед кіберспортсменів, IT-спеціалістів та нетренованих осіб, може мати широкий вплив на покращення здоров'я та продуктивності в цих галузях, а також на розробку ефективних рекомендацій та практик для зменшення негативних наслідків тривалого сидіння на серцево-судинну систему.

Мета дослідження. Дослідження особливостей змін роботи серця, а саме варіабельності серцевого ритму, як маркер вегетативного балансу у груп кіберспортсменів, IT-спеціалістів та нетренованих осіб.

Матеріали та методи дослідження. 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).

У дослідженні прийняла участь 41 особа чоловічої статі, а саме три групи: група КІБ (14 кіберспортсменів), група ІТ (13 осіб, IT-спеціалістів), і група НТ (14 нетренованих осіб) віком 17-25 років. Дослідження проводилося на базі Науково-дослідного інституту НУФВСУ у відповідності до міжнародних норм та законодавства України. Кожна особа була проінформована щодо засобів, мети та порядку проведення дослідження та надала письмову згоду на участь у дослідженні.

Досліджували варіабельність серцевого ритму (ВСР) в положенні сидячи в стані спокою та під час виконання психофізіологічних тестів.

Для визначення природної зміни тривалості серцевого циклу при нормальному синусовому ритмі серця використовували дослідження ВСР. Методом вибору для дослідження ВСР є метод ритмокардіографії (РитмКГ), що ґрунтується на реєстрації електрокардіограми. Варіабельність серцевого ритму визначали за допомогою комплексу діагностичного автоматизованого «Кардіо+» (НВП «МЕТЕКОЛ», Україна) з застосуванням опції реєстрації 100 кардіоінтервалів [9]. Для визначення стану психофізіологічних функцій, оцінки швидкості і точності реагування, співвідношення процесів збудження і гальмування в реакції на рухомий об'єкт респондентів використовували діагностичний комплекс «Діагност-1» (М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб) [10, 11].

Для аналізу варіабельності серцевого ритму використовували аналіз за Баєвським: Мо – мода ряду кардіоінтервалів, АМо – амплітуда моди, dX – варіаційний розмах, ІВР – індекс вегетативної рівноваги, ВІР – вегетативний показник ритму, ПАІР – показник адекватності процесів регулювання, ІНРС – індекс напруження регуляторних систем [12]. РитмКГ реєстрували під час, стану спокою, імітації роботи на клавіатурі, відпочинку після неї, та проведенні психофізіологічних тестів (ПЗМР – проста зорово-моторна реакція, РВ1-3 – реакція вибору 1 із 3, РВ2-3 – реакція вибору 2 із 3, РРО1 – реакція на рухомий об'єкт (1 спроба), РРО2 (2 спроба), РРО3 (3 спроба)) домінантною рукою.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою описової статистики IBM SPSS Statistics, версія 26, з використанням непараметричних методів. Для аналізу узгодженості даних за нормальним законом розподілу застосовували критерій Шапіро-Уїлка. Для порівняння незалежних вибірок було обрано критерії Манна-Уїтні та Краскела-Уолліса, як самі потужні серед непараметричних методів. Визначалися наступні

показники: середнє арифметичне значення \bar{x} , середнє квадратичне відхилення S (стандартне відхилення), медіана (Me), нижній і верхній кватилі (25% і 75%). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p = 0,05$, рівень надійності $P=0,95$.

Результати дослідження та їх обговорення. Медіана та кватилі (25% та 75%, відповідно) показників варіабельності серцевого ритму обстежених осіб наведені у таблицях 1-3 домінантної руки. В аналізі текстовому використовуються середнє арифметичне та стандартне відхилення. Середнє арифметичне дає загальну оцінку даних, коли вони приблизно нормально розподілені та не сильно відрізняються від показників Me. Стандартне відхилення показує, наскільки варіативні дані, тобто як багато вони відхиляються від середнього значення. Такий підхід дозволяє легко зрозуміти не лише загальну тенденцію, але й ступінь відхилення даних.

Таблиця 1

Показники варіабельності серцевого ритму в стані спокою, домінантна рука
(КІБ (n=14), ІТ (n=13), НТ (n=14)), Me [25%, 75%]

Параметр	Гр.	Mo, с	АMo, %	dX, с	ІВР, %/с	ВІР, %/с ²	ПАІР, %/с	ІНРС, %/с ²
Спокій	КІБ	0,70 [0,60; 0,75]	36,00 [29,04; 48,73]	0,26 [0,18; 0,34]	168,21 [82,32; 295,65]	6,56 [4,12; 8,40]	54,25 [36,06; 77,87]	125,00 [51,05; 218,21]
	ІТ	0,80 [0,65; 0,80]	43,00 [30,58; 48,95]	0,27 [0,18; 0,29]	148,28* [102,70; 283,63]	5,16* [4,39; 7,98]	52,63 [40,97; 72,53]	105,26* [64,95; 202,59]
	НТ	0,68 [0,65; 0,80]	37,62 [34,29; 49,22]	0,21 [0,17; 0,32]	161,88* [106,54; 282,13]	6,41* [4,00; 9,37]	49,31 [44,45; 76,26]	107,26* [72,56; 221,62]
Імітація роботи на клавіатурі	КІБ	0,65 [0,60; 0,70]	46,72 [36,70; 51,13]	0,19 [0,15; 0,23]	270,21 [172,58; 362,38]	8,25 [6,51; 11,30]	69,31 [49,73; 83,81]	200,28 [125,75; 255,19]
	ІТ	0,70 [0,65; 0,80]	48,97 [45,39; 51,72]	0,18* [0,14; 0,26]	236,11* [157,18; 378,25]	6,99* [4,44; 10,20]	69,83 [62,87; 75,21]	162,69* [104,79; 290,96]
	НТ	0,70 [0,65; 0,75]	42,58* [^] [35,77; 45,06]	0,23* [^] [0,20; 0,25]	180,73* [^] [150,21; 212,65]	6,11* [^] [5,40; 7,53]	58,25* [^] [51,90; 72,88]	123,48* [^] [106,87; 171,93]
Відпочинок	КІБ	0,70 [0,61; 0,75]	36,88 [26,79; 50,54]	0,23 [0,18; 0,36]	179,84 [73,70; 275,46]	6,38 [3,73; 8,85]	52,82 [37,52; 76,90]	129,03 [49,13; 219,99]
	ІТ	0,70 [0,65; 0,80]	44,04 [26,77; 51,10]	0,26 [0,20; 0,30]	169,37* [93,37; 256,41]	5,00* [4,17; 7,69]	61,05 [38,25; 71,17]	99,63* [67,80; 178,65]
	НТ	0,68 [0,65; 0,80]	37,76 [32,74; 43,11]	0,23 [0,19; 0,32]	165,90* [^] [101,66; 259,49]	6,34* [4,58; 8,47]	52,48 [43,32; 68,15]	112,01* [78,01; 198,56]

Примітки: * – засвідчує статистичну вірогідну різницю з групою КІБ ($p < 0,05$);
^ – засвідчує статистичну вірогідну різницю з групою ІТ

В стані спокою середні значення показника M_o для КІБ групи становить $0,69 \pm 0,13$ с, що є на 8% меншим по відношенню до групи ІТ ($M_o - 0,75 \pm 0,12$ с), в тому ж стані показник у представників групи НТ є більшим на 6,76% порівняно з представниками КІБ групи ($M_o - 0,74 \pm 0,14$ с). Що стосується показника A_{Mo} в стані спокою, то ми отримали наступні середні значення $40,27 \pm 14,42$ % в групі КІБ, що на 5,18% менше ніж в групі ІТ, та на 1,15% менше в порівнянні з групою НТ. Варто також звернути увагу на не менш важливий показник – варіаційний розмах, в стані спокою середнє значення для групи КІБ становить $0,25 \pm 0,11$ с, що на 4,17% більше ніж в групі ІТ, в також на 7,41% менше ніж у групі НТ. Показник ІВР в стані спокою у осіб з групи КІБ складає $309,09 \pm 530,68$ %/с, що на 44,65% ($p < 0,05$) більше за значення ІВР в групі ІТ ($213,68 \pm 142,71$ %/с), а також на 51,56% більше ($p < 0,05$), ніж у нетренованих юнаків (ІВР – $203,93 \pm 141,65$ %/с). Величина ВПР в групі КІБ в середньому складає $10,91 \pm 18,34$ %/с², що на 69,67% більше ($p < 0,05$) ніж групі програмістів, та на 67,85% більше ($p < 0,05$), порівняно з групою нетренованих осіб (ВПР – $6,50 \pm 3,04$ %/с²). Що стосується ПАПР у юнаків з групи КІБ середнє значення складає $63,73 \pm 34,30$ %/с, що на 8,69% більше ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 7,22% більше ніж у нетренованих осіб. Величина ІНРС у стані спокою в середньому складає для групи кіберспортсменів $288,10 \pm 600,92$ %/с², що в свою чергу на 90,08% більше ($p < 0,05$), ніж у групі ІТ-спеціалістів, та на 88,70% більше ($p < 0,05$), ніж у групі НТ.

Що стосується дослідження під час імітації роботи на клавіатурі, варто зазначити той факт, що M_o для КІБ групи в середньому становить $0,66 \pm 0,10$ с, що є на 9,59% менше відносно групи ІТ, та 8,33% менше порівняно з групою НТ. Значення A_{Mo} в групі КІБ – $48,49 \pm 16,21$ %, що на 1,98% менше ніж групі ІТ, та на 20,23% менше ($p < 0,05$) ніж групі НТ. Показник dX під час імітації роботи на клавіатурі у осіб групи КІБ становить $0,20 \pm 0,10$ с, що на 44,44% менше ($p < 0,05$) ніж у групі ІТ, в також на 20% менше ($p < 0,05$) ніж у групі НТ. Значення ІВР у осіб з групи КІБ складає $484,79 \pm 793,69$ %/с, що на 75,15% ($p < 0,05$) більше ніж у групі ІТ ($276,78 \pm 155,81$ %/с), а також на 167,08% більше ($p < 0,05$), ніж у нетренованих юнаків ($181,51 \pm 76,96$ %/с). Величина ВПР в осіб групи КІБ в середньому складає $15,69 \pm 27,69$ %/с², що на 98,86% більше ($p < 0,05$) ніж у групі програмістів, та на 148,65% більше ($p < 0,05$), ніж у групі нетренованих осіб (ВПР – $6,31 \pm 2,37$ %/с²). Що стосується показника ПАПР у юнаків з групи КІБ складає $78,06 \pm 37,16$ %/с, що на 12,89% більше ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 32,62% більше ($p < 0,05$), ніж у нетренованих осіб. Величина ІНРС складає в середньому для групи кіберспортсменів $453,83 \pm 898,46$ %/с², що в свою чергу на 128,12% більше ($p < 0,05$), ніж у групі ІТ-спеціалістами, та на 235,92% більше ($p < 0,05$) ніж у нетренованих осіб.

В свою чергу, після імітації роботи на клавіатурі, у досліджуваних осіб був відпочинок (1хв 40с), під час якого фіксувались показники варіабельності серцевого ритму. Варто констатувати той факт, що показник M_o для КІБ групи в середньому складає $0,68 \pm 0,12$ с, що є на 8,11% менше ніж у групі ІТ, та групі НТ. Що стосується показника A_{Mo} в групі КІБ в середньому складає $41,37 \pm 16,93$ %, що на 1,05% менше ніж у групі ІТ, та на 9,07% більше ніж у групі НТ. Показник dX в групі КІБ становить $0,25 \pm 0,11$ с., що на 3,85% менше ніж у групі ІТ, а також на 7,41% менше ніж у групі НТ. Значення ІВР під час відпочинку у осіб з групи КІБ складає $265,16 \pm 312,56$ %/с, що на 26,37% ($p < 0,05$) більше за значення ІВР в групі ІТ, а також на 46,07% більше ($p < 0,05$), ніж у нетренованих юнаків. Величина ВПР в осіб групи КІБ в середньому складає $8,62 \pm 8,68$ %/с², що на 37,48% більше ($p < 0,05$) ніж у групі програмістів, та на 35,53% більше ($p < 0,05$), ніж у групі нетренованих осіб. Що стосується показника ПАПР у юнаків з групи КІБ складає $61,55 \pm 30,16$ %/с, що на 6,01% більше ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 12,24% більше ніж у нетренованих осіб. Величина ІНРС складає в середньому для групи кіберспортсменів $232,47 \pm 348,59$ %/с², що на 57,97% більше ($p < 0,05$), ніж у групі ІТ-спеціалістів, та на 72,47% більше ($p < 0,05$) ніж у нетренованих осіб.

Таблиця 2

Показники варіабельності серцевого ритму під час виконання психофізіологічного тестування, в оптимальному режимі, домінантна рука (КІБ (n=14), ІТ (n=13), НТ (n=14)), Ме [25%, 75%]

Параметр	Гр.	Мо, с	АМо, %	dX, с	ІВР, %/с	ВІР, %/с ²	ПАІР, %/с	ІНРС, %/с ²
ПЗМР	КІБ	0,65 [0,60; 0,74]	29,52 [27,08; 45,78]	0,31 [0,23; 0,33]	113,19 [81,12; 177,34]	5,01 [4,58; 6,70]	41,94 [35,08; 76,30]	84,46 [58,77; 147,78]
	ІТ	0,70 [0,60; 0,80]	48,03* [31,82; 53,79]	0,25* [0,21; 0,30]	192,82 [129,25; 280,74]	5,35* [4,79; 6,80]	68,85 [39,53; 76,84]	128,55 [85,07; 200,53]
	НТ	0,75* [0,70; 0,79]	33,95^ [31,88; 41,38]	0,28^ [0,23; 0,34]	130,43*^ [98,37; 172,95]	4,61*^ [3,96; 6,64]	46,53*^ [38,93; 60,76]	82,37*^ [65,33; 125,28]
РВ1-3	КІБ	0,65 [0,60; 0,75]	31,12 [25,06; 41,68]	0,28 [0,19; 0,40]	118,38 [63,62; 220,53]	5,44 [3,48; 8,24]	45,26 [31,98; 67,96]	89,65 [43,71; 174,33]
	ІТ	0,70 [0,60; 0,80]	42,74 [36,69; 53,85]	0,25* [0,22; 0,28]	198,55 [140,54; 239,81]	6,05* [4,48; 7,58]	56,93 [52,91; 78,37]	126,22* [88,93; 180,50]
	НТ	0,75 [0,70; 0,80]	31,40*^ [28,67; 37,89]	0,30^ [0,24; 0,36]	107,34*^ [76,26; 171,91]	4,52*^ [3,47; 6,99]	41,91*^ [36,47; 56,56]	74,01*^ [47,66; 150,69]
РВ2-3	КІБ	0,73 [0,60; 0,75]	38,23 [28,13; 48,36]	0,24 [0,17; 0,41]	164,48 [67,16; 271,79]	6,70 [3,41; 8,23]	56,67 [37,19; 77,48]	131,07 [42,28; 194,15]
	ІТ	0,70 [0,70; 0,80]	41,54* [29,41; 51,13]	0,22* [0,19; 0,27]	219,57 [133,69; 279,81]	6,49 [5,56; 7,94]	59,34 [42,02; 73,04]	137,23 [95,49; 99,86]
	НТ	0,75 [0,66; 0,80]	33,48*^ [29,52; 38,22]	0,28^ [0,23; 0,34]	129,96*^ [93,98; 180,61]	4,95*^ [3,59; 6,67]	46,54*^ [36,48; 56,88]	85,75*^ [57,71; 127,56]

Примітки: * – засвідчує статистичну вірогідну різницю з групою КІБ (p<0,05); ^ – засвідчує статистичну вірогідну різницю з групою ІТ

Результати в таблиці 2 демонструють показники варіабельності серцевого ритму під час виконання сенсомоторних реакцій різного ступеня складності (ПЗМР, РВ1-3 та РВ2-3).

Під час виконання тесту на ПЗМР значення показника Мо для КІБ групи в середньому складає 0,66±0,11 сек, що є на 8,33% менше ніж у групі ІТ, та на 13,16% менше (p<0,05) ніж у групі НТ. Що стосується показника АМо в групі КІБ складає 37,41±14,71%, що на 14,84% менше (p<0,05) ніж у групі ІТ, та на 8,22% більше (p<0,05) ніж у групі НТ. Значення показника dX для групи КІБ становить 0,29±0,10 с, що на 16% більше (p<0,05) ніж у групі ІТ, в також на 12,12% менше (p<0,05) ніж у групі НТ. Показник ІВР під час виконання тесту ПЗМР у осіб з групи КІБ в середньому складає 175,13±163,25 %/с, що на 9,76% менше за значення ІВР в групі ІТ, а також на 36,46% більше (p<0,05), ніж у групі НТ. Величина ВІР в осіб групи КІБ складає 6,87±5,04 %/с², що на 13,36% більше (p<0,05) ніж

у групі програмістів, та на 40,78% більше ($p<0,05$), ніж у групи нетренованих осіб (ВПР – $4,88\pm 1,90\ %/c^2$). Що стосується показника ПАПР у юнаків з групи КІБ в середньому становить $60,95\pm 35,32\ %/c$, що на 2,46% менше ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 26,01% більше ($p<0,05$), ніж у групі нетренованих осіб. Величина ІНРС в середньому складає для групи кіберспортсменів $152,58\pm 176,65\ %/c^2$, що на 9,58% більше ніж групи ІТ-спеціалістів, та на 67,10% більше ($p<0,05$) ніж у нетренованих осіб.

Що стосується тесту РВ1-3 досліджуваних груп, варто констатувати той факт, що Мо для КІБ групи в середньому становить $0,68\pm 0,14$ с, що є на 5,56% менше відносно групи ІТ, та на 10,53% менше порівняно з групою НТ. Показник АМо в групі КІБ в середньому складає $36,75\pm 16,26\%$, що на 18,93% менше ніж у групі ІТ, та на 14,38% більше ($p<0,05$) ніж у групі НТ. Значення dX в групі КІБ становить $0,29\pm 0,13$ с, що на 16% більше ($p<0,05$) ніж у групі ІТ, в також на 9,38% менше ніж у групі НТ. Показник ІВР в осіб з групи КІБ складає $201,40\pm 220,90\ %/c$, що на 0,18% більше за значення ІВР в групі ІТ, а також на 63,33% більше ($p<0,05$) ніж у нетренованих юнаків. Величина ВПР в осіб групи КІБ – $7,36\pm 5,85\ %/c^2$, що на 19,09% більше ($p<0,05$) ніж у групі програмістів, та на 45,74% більше ($p<0,05$), ніж групі нетренованих осіб. Показник ПАПР у юнаків з групи КІБ в середньому складає $59,71\pm 40,22\ %/c$, що на 8,71% менше ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 30,74% більше ($p<0,05$), ніж у групі НТ. Величина ІНРС складає для групи кіберспортсменів $176,90\pm 233,69\ %/c^2$, що на 19,83% більше ($p<0,05$), ніж у групі ІТ-спеціалістів, та на 97,54% більше ($p<0,05$) ніж у нетренованих осіб.

Під час виконання тесту РВ2-3 показник Мо для КІБ групи становить $0,69\pm 0,12$ сек, що на 6,76% менше ніж у групі ІТ, та на 10,39% менше ніж у групі НТ. Показник АМо в групі КІБ в середньому складає $38,57\pm 13,86\%$, що на 13,36% менше ($p<0,05$) ніж у групі ІТ, та на 14,96% більше ($p<0,05$) ніж у групі НТ. Значення dX для групи КІБ становить $0,29\pm 0,17$ с, що на 31,81% більше ($p<0,05$) ніж у групі ІТ, в також на 6,45% менше ніж у групі НТ. Показник ІВР у осіб з групи КІБ складає $210,21\pm 180,40\ %/c$, що на 6,35% менше ніж у групі ІТ, а також на 56% більше ($p<0,05$) в порівнянні з нетренованими юнаками. Величина ВПР в осіб групи КІБ складає $7,47\pm 5,27\ %/c^2$, що на 8,58% більше ніж у групі програмістів, та на 38,33% більше ($p<0,05$) ніж у групі НТ. Показник ПАПР у юнаків з групи КІБ в середньому становить $60,66\pm 31,98\ %/c$, що на 0,56% менше ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 30,14% більше ($p<0,05$) ніж у нетренованих осіб. Величина ІНРС складає в середньому для групи кіберспортсменів $174,41\pm 172,94\ %/c^2$, що в свою чергу на 12,05% більше ніж в групі ІТ-спеціалістів, та на 80,45% більше ($p<0,05$) ніж у групі НТ.

Таблиця 3

Показники варіабельності серцевого ритму, під час виконання психофізіологічного тестування, реакції на рухомий об'єкт домінантна рука (КІБ (n=14), ІТ (n=13), НТ (n=14)), Me [25%, 75%]

Параметр	Гр.	Мо, с	АМо, %	dX, с	ІВР, %/с	ВПР, %/с ²	ПАПР, %/с	ІНРС, %/с ²
РРО спроба	КІБ	0,70 [0,61; 0,84]	38,54 [33,51; 48,06]	0,30 [0,20; 0,40]	138,64 [72,72; 228,14]	5,31 [2,98; 7,55]	51,58 [39,11; 80,11]	102,93 [42,13; 184,45]
	ІТ	0,75 [0,70; 0,80]	40,74 [35,97; 50,41]	0,21* [0,19; 0,26]	194,00* [137,27; 242,37]	6,01 [4,77; 7,60]	51,17 [44,96; 68,62]	127,93* [82,67; 182,34]
	НТ	0,78 [0,71; 0,84]	38,05*^ [31,61; 40,35]	0,30^ [0,22; 0,35]	127,47*^ [89,11; 175,81]	4,52*^ [3,74; 6,34]	50,80*^ [40,49; 57,65]	87,13*^ [58,26; 138,65]

Продовження таблиці 3

РРО 2 спроба	КІБ	0,73 [0,65; 0,84]	54,47 [32,67; 58,20]	0,21 [0,18; 0,30]	275,53 [100,67; 310,60]	7,17 [3,98; 8,54]	78,33 [40,71; 89,54]	198,95 [63,44; 255,29]
	ІТ	0,75 [0,70; 0,80]	40,30 [37,19; 50,85]	0,22* [0,17; 0,27]	193,75 [140,34; 285,52]	6,18 [5,32; 7,94]	57,57* [46,49; 63,96]	135,37* [87,64; 189,83]
	НТ	0,75 [0,70; 0,89]	35,48* [^] [28,33; 40,82]	0,26* [^] [0,21; 0,34]	146,57* [^] [79,78; 201,06]	5,43* [^] [3,31; 6,71]	50,95* [^] [32,50; 57,28]	105,22* [^] [47,63; 140,48]
РРО 3 спроба	КІБ	0,70 [0,61; 0,79]	41,71 [28,47; 53,02]	0,23 [0,18; 0,36]	180,00 [80,03; 375,96]	6,56 [3,51; 10,60]	59,76 [34,54; 78,35]	129,65 [48,81; 333,88]
	ІТ	0,75 [0,65; 0,80]	45,60 [37,62; 50,00]	0,21* [0,20; 0,25]	220,46 [139,94; 251,26]	6,15* [4,87; 7,73]	60,80 [49,10; 76,92]	129,68* [98,20; 193,27]
	НТ	0,75 [0,71; 0,84]	41,67 [^] [34,58; 45,46]	0,27* [^] [0,23; 0,33]	143,50* [^] [120,90; 193,26]	4,93* [^] [3,74; 6,00]	52,61* [^] [46,95; 58,83]	92,60* [^] [74,48; 135,96]

Примітки: * – засвідчує статистичну вірогідну різницю з групою КІБ ($p < 0,05$);
[^] – засвідчує статистичну вірогідну різницю з групою ІТ

Результати в таблиці 3 демонструють показники варіабельності серцевого ритму, під час виконання трьох спроб РРО домінантною рукою.

Середнє значення показника Мо для КІБ групи становить $0,71 \pm 0,13$ с (РРО 1 спроба), $0,72 \pm 0,12$ с (РРО 2 спроба) та $0,70 \pm 0,12$ с (РРО 3 спроба), що є меншим на 5,33%, 2,70% та 5,41% ніж у групі ІТ, та більшим на 11,25%, 10% та 11,39% ніж у групі НТ (відповідно, РРО 1 спроба, 2 спроба та 3 спроба). Показник АМо в КІБ групі середнє значення складає $41,47 \pm 14,92\%$, $48,81 \pm 16,17\%$ та $42,39 \pm 18,13\%$ (1, 2 та 3 спроба, відповідно), що на 6,87% та 8,33% менше (перша та третя спроба, відповідно), 8,37% більше (друга спроба) ніж у групі ІТ, та на 14,97% ($p < 0,05$), 38,27% ($p < 0,05$) та 7,13% більше (перша, друга та третя спроби, відповідно) ніж у групі НТ. Величина dX для групи КІБ становить $0,31 \pm 0,13$ с, $0,25 \pm 0,12$ сек та $0,25 \pm 0,12$ с (відповідно перша, друга та третя спроба), що на 40,91% ($p < 0,05$) перша спроба, та під час виконання другої та третьої спроби – 13,63% ($p < 0,05$), більше, ніж у групі ІТ, а також на 6,06% більше (перша спроба), 19,35% ($p < 0,05$) більше (друга та третя спроба, відповідно) ніж у групі НТ. Показник ІВР у осіб з групи КІБ – $192,67 \pm 179,39$ %/с, $279,61 \pm 254,88$ %/с та $248,83 \pm 210,46$ %/с, що на 23,54% ($p < 0,05$) менше, 8,01% та 6,50% більше (відповідно, перша, друга та третя спроби) ніж у групі ІТ, а також на 40,55% ($p < 0,05$), 93,87% ($p < 0,05$) та 54,72% ($p < 0,05$) більше (перша, друга та третя спроба, відповідно), ніж у групі нетренованих юнаків. Величина ВПР в осіб групи КІБ в середньому складає $6,25 \pm 4,35$ %/с², $7,48 \pm 5,05$ %/с² та $7,97 \pm 5,16$ %/с² що на 12,83% менше 1,91% та 18,95% ($p < 0,05$) більше (перша, друга, третя спроби, відповідно), ніж у групі ІТ, та на 33,26% ($p < 0,05$), 45,81% ($p < 0,05$), 56,27% ($p < 0,05$) менше (перша, друга, третя спроби, відповідно), ніж у групі НТ. Показник ПАПР у юнаків з групи КІБ в складає $63,53 \pm 34,86$ %/с (перша спроба), $72,05 \pm 32,25$ %/с (друга спроба) та $65,54 \pm 37,31$ %/с (третя спроба), що на 2,76%, 16,13% ($p < 0,05$) та 2,05% більше (перша, друга та третя спроби, відповідно) ніж у юнаків з групи ІТ, а також на 33,66% ($p < 0,05$), 52,36 % ($p < 0,05$), 24,11% ($p < 0,05$) більше ніж у нетренованих осіб. Величина ІНРС у групі кіберспортсменів $156,34 \pm 167,33$ %/с², $215,38 \pm 217,69$ %/с² та $195,54 \pm 170,01$ %/с², що в свою чергу на 14,64% менше ($p < 0,05$), 17,71% ($p < 0,05$) та 18,96% ($p < 0,05$) більше (перша, друга та третя спроби, відповідно) ніж

у групи ІТ-спеціалістів, та на 69,47% ($p < 0,05$), 116,03% ($p < 0,05$) та 76,19% ($p < 0,05$) більше (перша, друга та третя спроби, відповідно) ніж у групі НТ.

Аналіз отриманих даних виявив, що **в стані спокою** в групах КІБ та НТ значення показників ВСР таких як: Мо, ІВР, ВПР, ПАПР, майже не відрізняються. Проте ІНРС у групі КІБ достовірно ($p < 0,05$) є вищим порівняно з групами НТ та ІТ. Виходячи з цього, можна сказати, що у осіб з групи КІБ та НТ в стані спокою переважає активність симпатичного відділу нервової системи. Варто зазначити, що робота регуляторних систем є більш напруженою в групі КІБ, що можливо, зумовлено характером спортивної діяльності, а саме жанром гри (МОВА, Шутер). Показовим є факт, що групи КІБ та ІТ значно відрізняються за характером вегетативної регуляції. Так, за вище означеними показниками в групі ІТ в порівнянні з групою КІБ достовірно ($p < 0,05$) переважає активність парасимпатичного відділу нервової системи (табл. 1). Можемо припустити, що відмінність між кіберспортсменами та ІТ-спеціалістами зумовлена, тим, що група КІБ в нашому дослідженні представлена спортсменами, що грають відеоігри, в яких результат залежить від швидкості реакції. Натомість, якби така група складалась зі спортсменів, що спеціалізуються у відеоіграх жанру Стратегія, то можливо за показниками ВСР групи КІБ та ІТ були б схожі. Слід зазначити, що значення АМо в групі ІТ в стані спокою дещо вище, ніж у груп КІБ та НТ та не свідчить про рівень активності симпатичної нервової системи, а зумовлене значним відсотком більш тривалих кардіоінтервалів.

Після переходу до активної діяльності, а саме **імітації роботи на клавіатурі** (табл. 1) у юнаків групи КІБ та ІТ відбулись наступні зміни показників ВСР: Мо, dX – значення порівняно із станом спокою, стали достовірно ($p < 0,05$) меншими, а АМо – зросла. Показники ІВР та ВПР в групах КІБ та ІТ по відношенню до стану спокою, зросли. В групі НТ за вищевказаними показниками спостерігається протилежна динаміка, за виключенням показника ІВР. Описані зміни ВСР вказують на те, що в групах КІБ та ІТ зросла активність симпатичної нервової системи, а у групі НТ зросла активність парасимпатичної нервової системи. Така спрямованість змін у вегетативній регуляції ймовірно зумовлена тим, що групи КІБ та ІТ демонструють підвищену готовність до виконання активної діяльності, а група НТ сприймає імітацію роботи на клавіатурі, як сигнал до переходу в режим відпочинку. Показники ІВР, ПАПР, ІНРС в групах КІБ та ІТ значно та НТ в деякій мірі по відношенню до стану спокою зростали, що свідчить про певне напруження регуляторних систем.

Відновлення після імітації роботи на клавіатурі до стану спокою тривало 1 хв 40 с., за цей час показники ВСР в групах КІБ та НТ повернулись до вихідних значень, що були зареєстровані у стані спокою (табл. 1). Що стосується групи ІТ, спостерігається аналогічна динаміка, але до того рівня привалюючої активності парасимпатичної нервової системи, що мав місце до імітації роботи на клавіатурі, особи цієї групи не повернулись, судячи з показників Мо, ІВР та ПАПР. Проте напруження регуляторних систем (за ІНРС) стало нижчим порівняно з вихідним станом. Вищевказане свідчить, що в групі КІБ порівняно з групою ІТ лабільність вегетативної регуляції є вищою.

Порівняльний аналіз стану вегетативної регуляції при **виконання тесту на ПЗМР** виявив, що група КІБ значно відрізняється від групи ІТ, та в певній мірі з групою НТ. Для кіберспортсменів порівняно з ІТ-спеціалістами та нетренованими юнаками виконання ПЗМР не є роботою яка підвищує активність симпатичної нервової системи, бо значення: АМо, ІВР, ВПР, ПАПР та ІНРС є нижчими ніж в групах ІТ та НТ, а dX – вищим. Середнє значення (медіана) Мо (0,65 с) в групі КІБ є нижчим порівняно з групами ІТ (0,7 с) та НТ (0,75 с), в нашому дослідженні це може свідчити про рівень активності симпатичної нервової системи, бо АМо достовірно ($p < 0,05$) нижча відносно групи ІТ та НТ. Слід зазначити, що в групі ІТ значення показників АМо, ІВР, ВПР – достовірно ($p < 0,05$) вищі ніж в групах КІБ та НТ, значення ПАПР, ІНРС – достовірно ($p < 0,05$) вищі ніж в групі НТ, та вищі (спостерігається тенденція на межі достовірно) ніж в групі КІБ. Вище вказане свідчить проте, що в групі КІБ при виконання тесту ПЗМР активність симпатичної нервової системи нижча порівняно з групами ІТ та НТ. (табл. 2).

Констатуючи той факт, що виконання психофізіологічних тестів, впливає на вегетативну регуляцію серцевого ритму, варто проаналізувати зміни ВСР при **виконанні тесту ПЗМР в порівнянні з характеристиками РитмКГ в стані спокою та імітації роботи на клавіатурі**. Мо при виконанні тесту ПЗМР відносно стану спокою в групі КІБ стала менша на 7,1% та в групі ІТ на 12,5%, а в групі НТ збільшилась на 10,3%. АМо на 18% стала менша в групі КІБ, на 11,7% збільшилась в групі ІТ та на 9,8% зменшилась в групі НТ. Що стосується dX показника при виконанні тесту ПЗМР відносно стану спокою в групі КІБ збільшився на 19,2%, в групі ІТ зменшився на 7,4% та в групі НТ збільшився на 33,3%. Значення ІВР на 32,7% став меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 30% збільшився та в групі НТ зменшився на 19,4%. Значення ВПР в групі КІБ на 23,6 зменшився, в групі ІТ збільшився на 3,7% та зменшився на 28,1% в групі НТ. Значення ПАПР на 22,7% зменшився в групі КІБ, в групі ІТ збільшився на 30,8% та в групі НТ зменшився на 5,6%. Значення ІНРС, в групі КІБ зменшилося на 32,4%, в групі ІТ збільшилося на 22,1%, в групі НТ зменшилося на 23,2% (табл. 2). Зміни ВСР при виконанні тесту ПЗМР порівняно з ідентичним показником в стані спокою свідчать про зниження активності симпатичної нервової системи в групі КІБ та зростання активності парасимпатичної нервової системи. В групі ІТ спостерігається достовірності зменшення активності парасимпатичної нервової системи та зростання активності симпатичної нервової системи. Що стосується групи НТ в них превалює активність парасимпатичної нервової системи.

Мо при виконанні тесту ПЗМР відносно ідентичного показника під час імітації роботи на клавіатурі в групі КІБ та група ІТ не змінилась, в групі НТ збільшилась на 7,1%. АМо на 36,8% стала менша в групі КІБ, на 1,9% менша в групі ІТ та на 20,3% менша в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшився на 63,2%, 38,8%, 21,7%, відповідно. Значення ІВР на 58,1% стало меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 18,3% зменшилося та в групі НТ зменшилося на 27,8%. Значення ВПР в групі КІБ на 39,3% зменшилося, в групі ІТ зменшилося на 23,5% та зменшилося на 24,5% в групі НТ. Значення ПАПР зменшилося на 39,5% в групі КІБ, в групі ІТ 1,4% та в групі НТ на 20,1%. Значення ІНРС, в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ зменшилося на 57,8%, 20,9%, 33,3%, відповідно. (табл. 2). Зміни ВСР при виконанні тесту ПЗМР порівняно зі значенням ідентичного показника під час імітації роботи на клавіатурі свідчить про зниження активності симпатичної нервової системи у всіх проаналізованих групах, але найбільшою мірою достовірності в групі КІБ.

Виконання тесту ПЗМР в групі КІБ активність симпатичної нервової системи зменшується, що свідчить про відсутність напруження роботи регуляторних систем, так, як висока швидкість зорово-моторної реакції є притаманною для тренувальної та змагальної діяльності кіберспортсменів. В групі ІТ зростає активність симпатичної нервової системи відносно її активності в стані спокою, але дещо знижується відносно її активності при виконанні імітації роботи на клавіатурі. Можемо припустити, що група НТ сприймає тестування ПЗМР як відпочинок. Наведені вище результати показують, що активність симпатичної нервової системи під час проведення тесту ПЗМР є нижчою в групі КІБ, ніж у групах ІТ.

Аналіз стану вегетативної регуляції **при виконання тесту РВ1-3** показав, що група КІБ достовірно відрізняється від групи ІТ і в певною мірою від групи НТ. Для кіберспортсменів порівняно з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами виконання тесту РВ1-3 не є роботою яка підвищує активність симпатичної нервової системи, бо значення: ІВР, ВПР, ПАПР та ІНРС є достовірно ($p < 0,05$) нижчими ніж в групі ІТ, та достовірно ($p < 0,05$) вищим ніж в групі НТ. Значення dX в групі КІБ є достовірно ($p < 0,05$) вищим ніж в групі ІТ та нижчим ніж в групі НТ, це свідчить про превалювання активності парасимпатичної нервової системи в групах КІБ та НТ, натомість в групі ІТ про переважання активності симпатичної нервової системи. Мо в групі КІБ є нижчою порівняно з групами ІТ та НТ, в нашому дослідженні це може свідчити про переважання активності симпатичної

нервової системи, бо АМо достовірно ($p < 0,05$) нижча відносно групи ІТ та НТ. Вище вказане свідчить проте, що в групі КІБ при виконання тесту РВ1-3 активність симпатичної нервової системи нижча порівняно з групою ІТ, але вища порівняно з групою НТ. (табл. 2).

Аналізуючи *зміни ВСР при виконанні тесту РВ1-3 в порівнянні з характеристиками РитмКГ в стані спокою*, імітації роботи на клавіатурі та тестуванні ПЗМР варто зазначити, що Мо відносно спокою під час виконання тесту РВ1-3 є менша на 7,1% в групі КІБ, на 12,5% в групі ІТ та на 10,3% в групі НТ. АМо на 13,5% стала менша в групі КІБ, на 0,6% в групі ІТ та на 16,5% зменшилась в групі НТ. Показник dX в групі КІБ збільшився на 7,7%, в групі ІТ зменшився на 7,4% та в групі НТ збільшився на 42,9%. ІВР на 29,6% став меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 33,9% збільшився та в групі НТ зменшився на 33,7%. Показник ВПР в групі КІБ на 17,1% зменшився, в групі ІТ збільшився на 17,2% та зменшився на 29,5% в групі НТ. ПАПР на 16,6% зменшився в групі КІБ, в групі ІТ збільшився на 8,2% та в групі НТ зменшився на 15%. Значення ІНРС, в групі КІБ зменшився на 28,3%, в групі ІТ збільшився на 19,9%, в групі НТ зменшився на 30,9%. (табл. 2). Зміни ВСР під час проведення тесту РВ1-3 порівняно з показниками регуляторної системи у стані спокою показали зниження активності симпатичної та підвищення парасимпатичної нервової системи в групі КІБ. В групі ІТ активність парасимпатичної нервової системи була знижена, а симпатична нервова системи – підвищена. У групі НТ домінуючою була активність парасимпатичної нервової системи.

Мо *при виконанні тесту РВ1-3 відносно цього ж показника під час імітації роботи на клавіатурі* в групі КІБ та група ІТ не змінилась, в групі НТ збільшилась на 7,1%. АМо на 33,4% стала менша в групі КІБ, на 12,7% менша в групі ІТ та на 26,3% менша в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшився на 47,4%, 38,8%, 30,4%, відповідно. Значення ІВР на 56,2% стало меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 15,9% та в групі НТ на 40,6%. Значення ВПР зменшилося в групі КІБ на 34,1% в групі ІТ на 13,4% та на 26% в групі НТ. Значення ПАПР зменшилося 34,7% в групі КІБ, в групі ІТ – 18,5% та в групі НТ на 28,1%. Значення ІНРС, в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ зменшилося на 55,2%, 22,4%, 40,1%, відповідно (табл. 2). Зміни ВСР під час тесту РВ1-3 показали зниження активності симпатичної нервової системи та підвищення активності парасимпатичної нервової системи в усіх проаналізованих групах порівняно із значенням ідентичного показника під час імітації роботи на клавіатурі, але з найвищою достовірністю в групі КІБ.

При *виконанні тесту РВ1-3 в порівнянні з тестуванням ПЗМР* значення Мо в групах КІБ, ІТ та НТ не змінилося. АМо на 5,4% стала більша в групі КІБ, на 11% менша в групі ІТ та на 7,5% менша в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ зменшився на 9,7%, в групі ІТ змін не відбулось та групі НТ збільшився на 7,1%. Значення ІВР на 4,6% стало більшим в групі КІБ та в групі ІТ – 2,9%, в групі НТ на 17,7% стало меншим. Значення ВПР збільшилося в групі КІБ на 8,6% в групі ІТ на 13,1% та на 2% зменшилося в групі НТ. Значення ПАПР збільшилося 7,9% в групі КІБ, в групі ІТ зменшилося на 17,3% та в групі НТ на 9,9%. Значення ІНРС в групі КІБ збільшилося на 6,1%, групі ІТ та групі НТ зменшилося на 1,8% та 10,1%, відповідно (табл. 2). Зміни ВСР під час тесту РВ1-3 відносно ПЗМР показали збільшення активності симпатичної нервової системи в групі КІБ та групі ІТ. Що стосується групи НТ в них домінує активність парасимпатичної нервової системи. З вищевказаного, психофізіологічне тестування не є діяльністю, що приймається нетренованими особами як навантаження, а навпаки як відпочинком.

Виконання тесту РВ1-3 вимагає швидкої та вибіркової реакції, що є характерним для спортивної діяльності групи КІБ. Тож нижча активність симпатичної нервової системи при тестуванні РВ1-3 ніж в стані спокою та при імітації роботи на клавіатурі, вказує на те, що цей тест не призводить до напруги у функціонуванні регуляторної системи. Натомість при виконанні тесту РВ1-3 активність симпатичної нервової системи є дещо вищою, ніж при виконанні тесту ПЗМР. В групі ІТ активність симпатичної нервової системи підвищена порівняно з активністю у стані спокою та під час виконання тесту ПЗМР, але є нижчою

відносно її активності під час імітації роботи на клавіатурі. Також, можемо припустити, що група НТ сприймає тестування РВ1-3 як відпочинок, оскільки суттєвих змін ВСР в порівнянні з станом спокою, імітацією роботи на клавіатурі та ПЗМР не спостерігається. Наведені вище результати показують, що активність симпатичної нервової системи під час проведення тесту РВ1-3 є нижчою в групі КІБ, ніж у групі ІТ, та вищою ніж в групі НТ.

Порівняльний аналіз при **виконання тесту РВ2-3** показав, що група КІБ достовірно відрізняється від групи ІТ і групи НТ. Для кіберспортсменів порівняно з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами виконання тесту РВ2-3 не є роботою яка підвищує активність симпатичної нервової системи, бо значення: АМо, ІВР, ПАПР та ІНРС є достовірно ($p < 0,05$) нижчими ніж в групі ІТ, та достовірно ($p < 0,05$) вищим ніж в групі НТ. Значення dX є достовірно ($p < 0,05$) вищим в групі КІБ ніж в групі ІТ, але нижчим ніж у групі НТ. Середнє значення (медіана) Мо в групі КІБ є вищим порівняно з групою ІТ та нижчим ніж в групі НТ. Значення Мо, АМо, dX, ІВР, ПАПР та ІНРС свідчать про рівень активності парасимпатичної нервової системи в групах КІБ та НТ, натомість в групі ІТ про рівень активності симпатичної нервової системи. Значення ВІР – вищим в групі КІБ порівняно з групою ІТ та НТ, це свідчить про рівень активності симпатичної нервової системи в групах КІБ, натомість в групі ІТ та НТ про рівень активності парасимпатичної нервової системи. Вище вказане свідчить проте, що в групі КІБ при виконання тесту РВ2-3 активність симпатичної нервової системи нижча порівняно з групою ІТ, але вища порівняно з групою НТ. (табл. 2).

Аналізуючи **зміни ВСР при виконанні тесту РВ2-3 в порівнянні з ідентичними показниками в стані спокою, імітації роботи на клавіатурі, ПЗМР та тестуванні РВ1-3** варто зазначити, що Мо в стані спокою є більшою ніж при виконанні тесту РВ2-3 на 4,3% в групі КІБ, менша на 12,5% в групі ІТ та більша на 10,3% в групі НТ. АМо на 6,2% є більша в групі КІБ, менша 3,4% в групі ІТ та на 11% зменшилась в групі НТ. Показник dX в групі КІБ зменшився на 7,7%, в групі ІТ зменшився на 18,5% та в групі НТ збільшився на 33,3%. Значення ІВР на 2,2% стало меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 48,1% збільшилося та в групі НТ зменшилося на 19,7%. ВІР збільшився в групі КІБ на 2,1%, в групі ІТ збільшився на 25,8% та зменшився на 22,8% в групі НТ. ПАПР на 4,5% збільшився в групі КІБ, в групі ІТ збільшився на 12,7% та в групі НТ зменшився на 5,6%. Значення ІНРС, в групі КІБ збільшилося на 4,9%, в групі ІТ збільшилося на 30,4%, в групі НТ зменшилося на 20,1%. (табл. 2). Зміни ВСР під час проведення тесту РВ2-3 порівняно зі значенням ідентичного показника у стані спокою свідчить про рівень активності симпатичної нервової системи в групі КІБ. В групі ІТ рівень активності парасимпатичної нервової системи був знижений, а рівень активності симпатичної нервової системи – підвищений. У групі НТ домінувала активність парасимпатичної нервової системи.

Мо **при виконанні тесту РВ2-3 відносно ідентичного показника під час імітації роботи на клавіатурі** в групі КІБ на 12,3% збільшилася, в групі ІТ не змінилася, в групі НТ збільшилася на 7,1%. АМо на 18,2% стала менша в групі КІБ, на 15,2% в групі ІТ та на 21,4% в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшився на 26,3%, 22,2%, 21,7%, відповідно. Значення ІВР на 39,1% стало меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 7% та в групі НТ на 28,1%. Значення ВІР зменшилося в групі КІБ на 18,8% в групі ІТ на 7,2% та на 19% в групі НТ. Значення ПАПР зменшилося 18,2% в групі КІБ, в групі ІТ – 15% та в групі НТ на 20,1%. Значення ІНРС, в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ зменшилося на 34,5%, 15,6%, 30,5%, відповідно. (табл. 2). Зміни ВСР під час тесту РВ2-3 показали зниження активності симпатичної нервової системи та підвищення активності парасимпатичної нервової системи в усіх проаналізованих групах порівняно з ідентичними показниками під час імітації роботи на клавіатурі, але з найвищою достовірністю в групі КІБ.

При **виконанні тесту РВ2-3 в порівнянні з тестуванням ПЗМР** значення Мо в групах КІБ збільшилось на 12,3%, в групах ІТ та НТ не відбулося змін. АМо на 29,5% стала більшою в групі КІБ, на 13,5% меншою в групі ІТ та на 1,4% меншою в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ зменшився на 22,5%, в групі ІТ зменшився на 12% та групі НТ змін не

відбулось. Значення ІВР на 45,3% стало більшим в групі КІБ та в групі ІТ – 13,9%, в групі НТ на 0,4% стало меншим. Значення ВІР збільшилося в групі КІБ на 33,7% в групі ІТ на 21,3% та на 7,4% в групі НТ. Значення ПАІР збільшилося 35,1% в групі КІБ, в групі ІТ зменшилося на 13,8% та в групі НТ збільшилося на 0,02%. Значення ІНРС в групі КІБ збільшилося на 55,2%, групі ІТ на 6,8% та групі НТ на 4,1%. (табл. 2). Зміни ВСР під час тесту РВ2-3 відносно ПЗМР показали збільшення рівня активності симпатичної нервової системи в усіх вищезазначених групах.

Мо *при виконанні тесту РВ2-3 в порівнянні з тестуванням РВ1-3* в групі КІБ на 12,3% збільшилась, групах ІТ та НТ не змінилась. АМо на 22,8% стала більшою в групі КІБ, на 2,8% меншою в групі ІТ та на 6,6% більшою в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшився на 14,3%, 12%, 6,6%, відповідно. Значення ІВР на 38,9% стало більшим в групі КІБ, в групі ІТ на 10,6% та в групі НТ на 21,1%. Значення ВІР збільшилося в групі КІБ на 23,2%, в групі ІТ на 7,3% та на 9,5% в групі НТ. Значення ПАІР збільшилося на 25,2% в групі КІБ, в групі ІТ 4,2% та в групі НТ на 11%. Значення ІНРС, в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшилося на 46,2%, 8,7%, 15,9%, відповідно. (табл. 2). Зміни ВСР при виконанні тесту РВ2-3 порівняно зі значенням ідентичного показника під час тесту РВ1-3 свідчить про рівень активності симпатичної нервової системи у всіх проаналізованих групах, але найбільшою мірою в групі КІБ.

Виконання тесту РВ2-3 у групі КІБ та ІТ призводить до збільшеної активності симпатичної нервової системи відносно ідентичного показника при тестуванні ПЗМР та РВ1-3, але знижується під час виконання імітації роботи на клавіатурі. В групі НТ активність парасимпатичної нервової системи збільшується відносно стану спокою та імітації роботи на клавіатурі, що стосується відносно тестування ПЗМР та РВ1-3 активність парасимпатичної нервової системи зменшується та домінуючою стає активність симпатичної нервової системи.

Особливості ВСР прямо відображають функціональний стан регуляторних систем в досліджуваних групах. Ефективність регуляції забезпечує успішність виконання психофізіологічних тестів пов'язаних із швидкістю зорово-моторних реакцій в оптимальному режимі тестування. Як видно (рис. 1) найбільш ефективно виконують тест

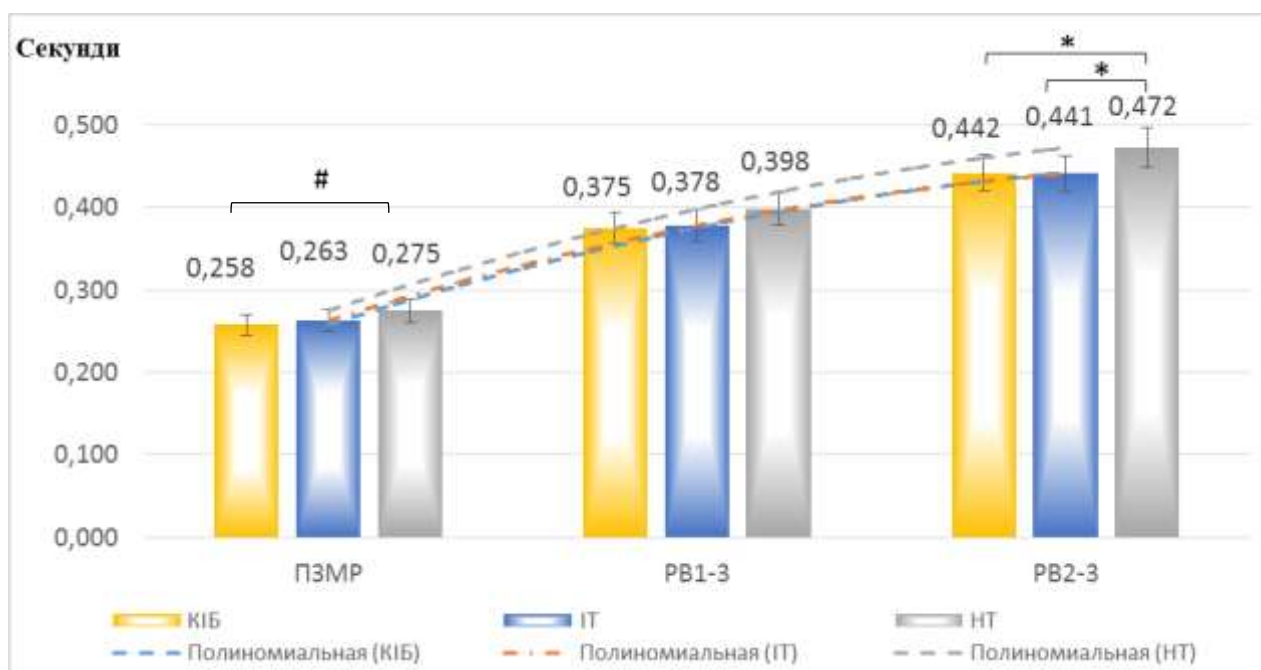


Рис.1. Час зорово-моторної реакції під час виконання психофізіологічного тестування в оптимальному режимі тестування домінантною рукою (* $p < 0,05$, # $0,05 > p < 0,10$).

(ПЗМР, РВ1-3, РВ2-3) особи групи КІБ та ІТ, проте з вище сказаного відомо, що в групі ІТ напруженість функціонування регуляторних систем достовірно вища. В той же час юнаки з групи НТ, демонструють значно гірші показники даних реакцій, саме через відсутність мобілізації функціонування регуляторних систем.

Аналіз отриманих даних виявив, що при виконанні тесту РРО1 в групах КІБ та НТ значення показників ВСР таких як: Мо, АМо, dX, ІВР, ВІР, ПАПР, майже не відрізняються. Проте ІНРС у групі КІБ достовірно ($p < 0,05$) є вищим порівняно з групою НТ та нижчим в порівнянні з групою ІТ. Виходячи з цього, можна сказати, що у осіб з групи КІБ та НТ при виконанні тесту РРО1 переважає активність парасимпатичного відділу нервової системи. Важливо зазначити, що існують суттєві відмінності в характері вегетативної регуляції між групами КІБ та ІТ [13]. Так, за наведеними вище показниками в групі ІТ порівняно з групою КІБ достовірно ($p < 0,05$) переважає активність симпатичного відділу нервової системи. В групі НТ переважає активність парасимпатичного відділу нервової системи. (табл. 3).

Мо при виконанні тесту *РРО1 відносно ідентичного показника в стані спокою* в групі КІБ не відрізняється, в групі ІТ менша на 6,3%, а в групі НТ збільшилась на 14,71%. АМо на 7,1% стала більша в групі КІБ, на 5,3% зменшилась в групі ІТ та на 1,1% збільшилась в групі НТ. Що стосується dX показника при виконанні тесту РРО1 порівняно з ідентичним показником в стані спокою, то в групі КІБ він збільшився на 15,4%, в групі ІТ зменшився на 22,2% та в групі НТ збільшився на 42,9%. Значення ІВР на 17,6% стало меншим в групі КІБ, в групі ІТ на 30,8% збільшилося та в групі НТ зменшилося на 21,3%. Значення ВІР в групі КІБ на 19,1 зменшилося, в групі ІТ збільшилося на 16,5% та зменшилося на 29,5% в групі НТ. Значення ПАПР на 4,9% зменшилося в групі КІБ, в групі ІТ зменшилося на 2,8% та в групі НТ збільшилося на 3%. Значення ІНРС, в групі КІБ зменшилося на 17,7%, в групі ІТ збільшилося на 21,5%, в групі НТ зменшилося на 18,8% (табл. 3). Зміни ВСР під час тесту РРО1 порівняно зі значенням ідентичного показника в стані спокою вказують на зниження симпатичної та підвищення парасимпатичної активності нервової системи в групі КІБ; зниження парасимпатичної та підвищення симпатичної активності в групі ІТ; переважно парасимпатичну активність нервової системи в групі НТ.

Порівняльний аналіз стану вегетативної регуляції при виконанні тесту РРО2 виявив, що група КІБ значно відрізняється від групи ІТ та групи НТ. Виконання тесту РРО2 для групи КІБ та ІТ є робота, що підвищує активність симпатичної нервової системи, для групи НТ виконання тесту РРО2 навпаки не підвищує активність симпатичної нервової системи, бо значення АМо, ІВР, ВІР, ПАПР, ІНРС є достовірно ($p < 0,05$) вищими ніж в групах ІТ та НТ, а також вищевказані показники є достовірно ($p < 0,05$) вищими в групі ІТ в порівнянні з групою НТ. dX є достовірно ($p < 0,05$) нижчим в групах КІБ та ІТ порівняно з групою НТ, це може свідчити про вищий рівень активності симпатичної нервової системи в цих групах.

Мо в групі КІБ є нижчою порівняно з групами ІТ та НТ, в нашому дослідженні це може свідчити про вищий рівень активності симпатичної нервової системи в групі КІБ. (табл. 3). Вище вказане свідчить проте, що в групі КІБ при виконання тесту РРО2 активність симпатичної нервової системи вища порівняно з групою ІТ та групою НТ.

Констатуючи той факт, що Мо при виконанні *тесту РРО2 відносно ідентичного показника в стані спокою* в групі КІБ стала більшою на 4,3% в групі ІТ меншою на 6,3%, а в групі НТ збільшилась на 10,3%. АМо на 51,3% стала більшою в групі КІБ, на 6,3% зменшилась в групі ІТ та на 5,7% зменшилась в групі НТ. Що стосується dX показника в групі КІБ він зменшився на 19,2%, в групі ІТ зменшився на 18,5% та в групі НТ збільшився на 23,8%. Значення ІВР на 63,8% стало більшим в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 30,7% та в групі НТ зменшилося на 9,5%. Значення ВІР в групі КІБ збільшилося на 9,3%, в групі ІТ збільшилося на 19,8% та зменшилося на 15,3% в групі НТ. Значення ПАПР на 44,4% збільшилося в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 9,4% та в групі НТ збільшилося на 3,3%. Значення ІНРС, в групі КІБ збільшилося на 59,2%, в групі ІТ збільшилося на 28,6%, в групі НТ зменшилося на 1,9% (табл. 3). Зміни ВСР при виконанні тесту РРО2 показали зниження

активності парасимпатичної нервової системи та підвищення активності симпатичної нервової системи в групі КІБ порівняно з ідентичними показниками в стані спокою. У ІТ-групі активність парасимпатичної нервової системи знизилася, тоді як активність симпатичної нервової системи збільшилася. Для групи НТ домінуючою є активність парасимпатичної нервової системи.

Мо при виконанні **тесту PPO2 відносно ідентичного показника під час виконання тесту PPO1** в групі КІБ є більша на 4,3% в групі ІТ не змінилась, в групі НТ зменшилась на 3,8%. АМо на 41,3% стала більша в групі КІБ, на 1,1% менша в групі ІТ та на 6,7% менша в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ зменшився на 30%, групі ІТ збільшився на 4,7% та в групі НТ зменшився на 13,3%. Значення ІВР на 98,7% стало більшим в групі КІБ, в групі ІТ зменшилося на 0,1%, та в групі НТ збільшилося на 14,9%. Значення ВПР в групі КІБ на 35% збільшилося, в групі ІТ на 2,8% збільшилося та на 20% збільшилося в групі НТ. Значення ПАПР збільшилося на 51,8% в групі КІБ, в групі ІТ 12,5% та в групі НТ на 0,3%, відповідно. Значення ІНРС, в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшилося на 93,3%, 5,8%, 20,7%, відповідно. (табл. 3). Зміни ВСР при виконанні тесту PPO2 порівняно з ідентичним показником при виконанні тесту PPO1 свідчать про зростання рівня активності симпатичної нервової системи в групі КІБ, в групі ІТ про зниження рівня активності симпатичної нервової системи та підвищення рівня активності парасимпатичної нервової системи в групі ІТ. В групі НТ свідчать про зниження рівня активності парасимпатичної нервової системи та домінування симпатичної нервової система під час виконання тесту PPO2 до виконання тесту PPO1.

Виконання тесту PPO2 у групі КІБ та ІТ призводить до збільшеної активності симпатичної нервової системи, що свідчить, що виконання тесту призводить до напруження в роботі регуляторних систем. В групі НТ активність парасимпатичної нервової системи збільшується відносно стану спокою, також збільшується активність симпатичної нервової системи відносно тестування PPO1.

Аналіз даних при виконанні тесту PPO3 виявив, що досліджувані групи в незначній мірі відрізняються одна від одної. Виконання тесту PPO3 в групі КІБ супроводжується вищим рівнем активності парасимпатичної нервової системи, ніж в групі ІТ в якій при виконанні цього тесту превалує активність симпатичної нервової системи, бо значення АМо, ІВР, ПАПР, ІНРС є достовірно ($p < 0,05$) нижчими ніж в групі ІТ, а також достовірно ($p < 0,05$) вищими ніж в групі НТ. dX є достовірно ($p < 0,05$) більшим в групі КІБ в порівнянні з групою ІТ та достовірно ($p < 0,05$) меншим ніж в групі НТ, це може свідчити про більший рівень активності парасимпатичної нервової системи в групах КІБ та НТ, а також про менший рівень активності симпатичної нервової системи в групі ІТ. Мо в групі КІБ є нижчою порівняно з групами ІТ та НТ, а також ВПР в групі КІБ є достовірно ($p < 0,05$) більшим порівняно з групами ІТ та НТ, що може вказувати про вищий рівень активності симпатичної нервової системи в групі КІБ. (табл. 3). Вище вказане свідчить проте, що в групі КІБ при виконання тесту PPO2-3 активність симпатичної нервової системи нижча порівняно з групою ІТ, але вища порівняно з групою НТ.

Мо при виконанні **тесту PPO3 порівняно з ідентичним показником в стану спокою** в групі КІБ не змінилась, в групі ІТ стала менша на 6,3%, а в групі НТ збільшилась на 10,3%. АМо на 15,8% стала більша в групі КІБ, на 6,1% збільшилась в групі ІТ та на 10,7% збільшилась в групі НТ. Що стосується dX показника при виконанні тесту PPO3 відносно стану спокою в групі КІБ зменшився на 11,5%, в групі ІТ зменшився на 22,2% та в групі НТ збільшився на 28,6%. Значення ІВР на 7,01% стало більшим в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 48,7% та в групі НТ зменшилося на 11,4%. Значення ВПР в групі КІБ не змінилось, в групі ІТ збільшилося на 19,2% та зменшилося на 23,1% в групі НТ. Значення ПАПР на 10,2% збільшилося в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 15,5% та в групі НТ збільшилося на 6,7%. Значення ІНРС, в групі КІБ збільшилося на 3,7%, в групі ІТ збільшилося на 23,2%, в групі НТ зменшилося на 13,7% (табл. 3). Зміни ВСР при виконанні

тесту РРОЗ порівняно з ідентичними показникам в стані спокою, групи КІБ та ІТ свідчать про зростання рівня активності симпатичної нервової системи, в групі НТ про рівень активності парасимпатичної нервової системи.

Констатуючи факт, що *Мо при виконанні тесту РРОЗ відносно ідентичного показника при виконанні тесту РРО1* в групі КІБ та ІТ не змінилась, в групі НТ зменшилась на 3,8%. АМо на 8,2% стала більша в групі КІБ, на 11,9% більша в групі ІТ та на 9,5% більша в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ зменшився на 23,3%, групі ІТ змін не прослідковується, в групі НТ зменшився на 10%. Значення ІВР на 29,8% стало більшим в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 13,6%, та в групі НТ збільшилося на 12,6%. Значення ВПР в групі КІБ на 23,5% збільшилося, в групі ІТ на 2,3% збільшилося та на 9,1% збільшилося в групі НТ. Значення ПАПР збільшилося на 15,8% в групі КІБ, в групі ІТ 18,8% та в групі НТ на 3,6%, відповідно. Значення ІНРС в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ збільшилося на 25,9%, 1,4%, 6,3%, відповідно. (табл. 3). Зміни ВСР при виконанні тесту РРОЗ порівняно з виконанням тесту РРО1 свідчать про зростання рівня активності симпатичної нервової системи в усіх вищевказаних групах, але з найвищою достовірністю в групі КІБ.

Аналіз даних показав, що *Мо при виконанні тесту РРОЗ відносно ідентичного показника при виконанні тесту РРО2* в групі КІБ є менша на 4,1%, в групі ІТ та НТ змін не відбулося. АМо на 23,4% стала менша в групі КІБ, на 13,2% більша в групі ІТ та на 17,5% більша в групі НТ. Параметр dX в групі КІБ збільшився на 9,5%, групі ІТ зменшився на 4,5% та в групі НТ збільшився на 3,8%. Значення ІВР на 34,7% стало меншим в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 13,8%, та в групі НТ зменшилося на 2,1%. Значення ВПР в групі КІБ на 8,5% зменшилося, в групі ІТ на 0,5% зменшилося та на 9,2% зменшилося в групі НТ. Значення ПАПР зменшилося на 23,7% в групі КІБ, в групі ІТ збільшилося на 5,6% та в групі НТ збільшилося на 3,3%. Значення ІНРС в групі КІБ, групі ІТ та групі НТ зменшилося на 34,8%, 4,2%, 11,9%, відповідно. (табл. 3). Зміни ВСР при виконанні тесту РРОЗ порівняно з ідентичними показниками при виконанні тесту РРО2 свідчить про зниження активності симпатичної нервової системи та підвищення активності парасимпатичної нервової системи в групі КІБ, в групі ІТ про рівень активності симпатичної нервової системи. В групі НТ свідчить про зниження активності симпатичної нервової системи та підвищення активності парасимпатичної нервової системи.

Виконання тесту РРОЗ у групі КІБ призводить до збільшеної активності симпатичної нервової системи, по відношенню до стану спокою, та тестування РРО1, що свідчить, що виконання тесту призводить до напруження в роботі регуляторних систем, але знижується відносно РРО2 – збільшується активність парасимпатичної нервової системи. В групі ІТ спостерігається вищий рівень активності симпатичної нервової системи в порівнянні зі станом спокою, тестуванням РРО1 та РРО2. В групі НТ про вищий рівень активності парасимпатичної нервової системи відносно стану спокою та тестування РРО2, в порівнянні з тестуванням РРО1 нижчий рівень активності парасимпатичної нервової системи зменшується та домінуючою стає активність симпатичної нервової системи.

Висновки

1. В стані спокою у кіберспортсменів, які спеціалізуються в жанрі гри (МОВА, Шутер) переважає активність симпатичного відділу нервової системи. Натомість, в тому ж стані ІТ-спеціалісти, відрізняються привалюванням активності парасимпатичного відділу нервової системи.

2. При виконанні імітації роботи на клавіатурі у кіберспортсменів та ІТ-спеціалістів переважає активність симпатичної нервової системи, що ймовірно свідчить про виникнення стартового стану у кіберспортсменів та готовність перейти до роботи у ІТ-спеціалістів.

3. У обстежених нами добровольців (група НТ), які на відміну від кіберспортсменів та ІТ-спеціалістів не є професійними користувачами комп'ютера, в стані спокою переважає активність симпатичного відділу нервової системи, але меншою мірою ніж у обстежених нами кіберспортсменів.

4. Під час імітації роботи на клавіатурі комп'ютера і при проходженні комп'ютеризованих психофізіологічних тестів у нетренованих осіб превалює активність парасимпатичного відділу нервової системи. Ми припускаємо, що такі зміни вегетативної регуляції бути зумовлені сприйняттям «спілкування з комп'ютером» як відпочинку чи розваги.

5. Необхідність швидко реагувати (тест ПЗМР) та вирішувати задачі щодо способу швидкого реагування (PB1-3 та PB2-3) викликає у кіберспортсменів у порівнянні з IT-спеціалістами менше напруження у функціонуванні регуляторних систем. Ймовірно, така відмінність зумовлена спортивним відбором і високим рівнем адаптації кіберспортсменів (тренованістю) до діяльності яка вимагає швидкої реакції.

6. У всіх трьох послідовних спробах тесту PPO кіберспортсмени порівняно з IT-спеціалістами були більш точними, завдяки більшій активності симпатичного відділу нервової системи. Динаміка змін ВСР у групи КІБ свідчить про послідовний розвиток станів характерних для спортивної діяльності: стартовий стан (бойова готовність), впрацьовування, сталий стан. На відмінну від спортсменів у IT-спеціалістів та у нетренованих юнаків зміни ВСР на виконання тесту виникає стрес реакція, а не розвиток станів характерних для спортивної діяльності.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження щодо порівняльного аналізу психофізіологічних показників у спортсменів, які спеціалізуються в різних кіберспортивних дисциплінах, піддаються різним видам навантажень в процесі спортивної діяльності, та кореляційного аналізу між досліджуваними психофізіологічними показниками та результатами змагальної діяльності кіберспортсменів.

Список використаної літератури

1. Wattanapisit A., Wattanapisit S., Wongsiri S. Public Health Perspectives on eSports. *Public Health Rep.* 2020 May/Jun; 135(3):295-298.
2. Trotter M.G., Coulter T.J., Davis P.A., Poulos D.R., Polman R. The Association between Esports Participation, Health and Physical Activity Behaviour. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Oct 8;17(19):7329.
3. Імас Є.В., Луць Ю.П., Лук'янцева Г.В. Особливості реактивних змін параметрів системи кровообігу під впливом занять кіберспортом Вісник проблем біології і медицини – 2024 – Вип. 1 (172) 29-36 с
4. Franchi M.V., Reeves N.D., Narici M.V. Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: Morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Front Physiol.* 2017;4(8):447.
5. Schoenfeld B., Grgic J. Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. *Strength Cond J.* 2018;40(4):107-12.
6. Fluck M., Kramer M., Fitze D.P., Kasper S., Franchi M.V., Valdivieso P. Cellular Aspects of Muscle Specialization demonstrate genotype – phenotype interaction effects in athletes. *Front Physiol.* 2018;8(10):526.
7. Katzmarzyk P.T., Powell K.E., Jakicic J.M., Troiano R.P., Piercy K., Tennant B. Sedentary Behavior and Health: Update from the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(6):1227-1241.
8. Saunders T.J., McIsaac T., Douillette K., Gaulton N., Hunter S., Rhodes R.E., et al. Sedentary behaviour and health in adults: an overview of systematic reviews. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2020;45(10):S197–S217.
9. Diagnostic automated complex "CARDIO+": Instructions for operation. Nizhin: W.p. 2016. 28 s. [in Ukrainian]
10. 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.
11. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Безкопильний О.П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. Київ-Черкаси. 2014. 102с.
12. Ільїн В., Філіппов М. Зміни варіабельності серцевого ритму при лактатному анаеробному режимі роботи лижників. Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць. Вип. 11 (30). Вінниця. 2021. С. 278 – 284.
13. Луць Ю.П., Бакуновський О.М., Лук'янцева Г.В., Куценко Т.В., Федорчук С.В., Точність реакції на рухомий об'єкт та варіабельність серцевого ритму кіберспортсменів. Серія «Біологічні науки». 2024. 93-111 с. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-76-86

References

1. Wattanapisit A., Wattanapisit S., Wongsiri S. (2020) Public Health Perspectives on eSports. *Public Health Rep.* May/Jun; 135(3):295-298.

2. Trotter M.G., Coulter T.J., Davis P.A., Poulus D.R., Polman R. (2020) The Association between Esports Participation, Health and Physical Activity Behaviour. *Int J Environ Res Public Health*. Oct 8;17(19):7329.
3. Imas Ye.V., Luts Yu.P., Lukiantseva H.V. (2024) Osoblyvosti reaktivnykh zmin parametriv systemy krovoobihu pid vplyvom zaniat kibersportom *Visnyk problem biolohii i medytsyny Vyp. 1* (172) 29-36 s [in Ukrainian].
4. Franchi M.V., Reeves N.D., Narici M.V. (2017) Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: Morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Front Physiol*. 4(8):447.
5. Schoenfeld B., Grgic J. (2018) Evidence-based guidelines for resistance training volume to maximize muscle hypertrophy. *Strength Cond J*. 40(4):107-12.
6. Fluck M., Kramer M., Fitze D.P., Kasper S., Franchi M.V., Valdivieso P. (2018) Cellular Aspects of Muscle Specialization demonstrate genotype – phenotype interaction effects in athletes. *Front Physiol*. 8(10):526.
7. Katzmarzyk P.T., Powell K.E., Jakicic J.M., Troiano R.P., Piercy K., Tennant B. (2019) Sedentary Behavior and Health: Update from the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. *Med Sci Sports Exerc*. 51(6):1227-1241.
8. Saunders T.J., McIsaac T., Douillette K., Gaulton N., Hunter S., Rhodes R.E., et al. (2020) Sedentary behaviour and health in adults: an overview of systematic reviews. *Appl Physiol Nutr Metab*. 45(10):S197–S217.
9. Diagnostic automated complex "CARDIO+": Instructions for operation. Nizhin: W.p. 2016. 28 s. [in Ukrainian].
10. Makarenko, M.V., Lyzohub, V.S., Holiaka, S.K., Bezcopylnyi, 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].
11. Makarenko, M.V., Lyzohub, V.S., Bezcopylnyi, O.P. (2014) Methodical instructions to the workshop on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. Cherkasy: Vertical. 102 [in Ukrainian].
12. Ilin V., Fillipov M. (2021) Zminy variabelnosti sertsevoho rytmu pry laktatnomu anaerobnomu rezhymi roboty lyzhnykiv. *Fizychna kultura, sport ta zdorovia natsii: zbirnyk naukovykh prats. Vyp. 11* (30). Vinnytsia. S. 278 – 284 [in Ukrainian].
13. Luts Yu.P., Bakunovskyi O.M., Lukiantseva H.V., Kutsenko T.V., Fedorchuk S.V., Tochnist reaktsii na rukhomyi ob'ekt ta variablnist sertsevoho rytmu kibersportsmeniv. *Seriia «Biolohichni nauky»*. 2024. 93-111 s. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2023-2-76-86 [in Ukrainian].

Luts Yu. P., Lukyantseva H. V., Bakunovskyi O. M., Fedorchuk S. V.

Features of indicators of heart rhythm variability in cyber-athletes compared to it specialists and untrained persons

Introduction. *In today's digital world, the popularity of eSports as a profession and entertainment is growing, and the number of IT professionals working in the computer industry is also increasing. These two areas are associated with a long sedentary lifestyle, which can have serious consequences for blood circulation and general health. This study aims to analyze the effects of prolonged sitting using computers and mental load on the autonomic balance of e-athletes, IT specialists and untrained individuals. Identifying potential negative effects and developing effective strategies to mitigate them are important steps toward maintaining health and productivity in both of these industries.*

Purpose. The aim is to study the characteristics of changes in heart function, namely heart rate variability as a marker of autonomic balance in groups of e-athletes, IT specialists and untrained individuals.

Methods. *41 men took part in the study, namely three groups: the KIB group (14 e-athletes), the IT group (13 people, IT specialists) and the NT group (14 untrained people) aged 17-25. Registration of vegetative balance indicators (carried out using the diagnostic computerized complex "Cardio+" (Ukraine) with the option of registering 100 cardio intervals. To determine the state of psychophysiological functions, assess the speed and accuracy of response, the ratio of excitation and inhibition processes in response to a moving object All respondents used the diagnostic complex "Diagnost-1". To study the variability of the heart rhythm, by registering RytmKG, they used the analysis according to Baevsky. Statistical processing of the obtained results was carried out using descriptive statistics of IMB SPSS Statistics, version 26, using non-parametric methods.*

Results and Conclusion. *In a state of rest, the activity of the sympathetic nervous system prevails in sportsmen who specialize in the game genre (MOBA, Shooter). On the other hand, in the same state, IT specialists are distinguished by a decrease in the activity of the parasympathetic nervous system. When performing an imitation of working on a keyboard, the activity of the sympathetic nervous system prevails in e-athletes and IT specialists, which probably indicates the emergence of a starting state in e-athletes and the readiness to switch to work for IT specialists. In the volunteers examined by us (NT group), who, unlike cyber sportsmen and IT specialists, are not professional computer users, the activity of the sympathetic nervous system prevails at rest, but to a lesser extent than in the cyber athletes examined by us. During imitation of work on a computer keyboard and when passing computerized psychophysiological tests in*

untrained persons, the activity of the parasympathetic department of the nervous system prevails. We assume that such changes in autonomic regulation are due to the perception of "communication with the computer" as recreation or entertainment. The need to react quickly (SVMR test) and to solve problems related to the method of quick reaction (RCh1-3 and RCh2-3) causes less stress in the functioning of regulatory systems in e-sportsmen compared to IT specialists. Probably, such a difference is due to sports selection and a high level of adaptation of e-athletes (training) to activities that require a quick reaction. In all three consecutive attempts of the RMO test, e-athletes compared to IT specialists were more accurate, due to greater activity of the sympathetic nervous system. The dynamics of HRV changes in the e-athletes group shows the consistent development of states characteristic of sports activities: starting state (combat readiness), training, steady state. In contrast to athletes, IT specialists and untrained young men have a stress reaction to changes in HRV during the test, rather than the development of conditions characteristic of sports activities.

Key words: *e-athletes, IT specialist, heart rate variability, blood circulation, heart.*

Одержано редакцією: 12.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 797.122.2/3.015:159.91

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-101-111

Пастухова Вікторія Анатоліївна

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Pastuhova_V@ukr.netORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4091-913X>**Зінченко Сергій Володимирович**

Національний університет фізичного виховання і спорту України

svzin2000@gmail.comORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-2604-5399>

ЗМІНИ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ КВАЛІФІКОВАНИХ СПОРТСМЕНІВ-ВЕСЛУВАЛЬНИКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ОКЛЮЗІЙНОЇ ШИНИ (КАПИ)

Дана робота присвячена проблемі вивчення психофізіологічного стану кваліфікованих спортсменів. Виявлено статистично значущі зміни психофізіологічного стану спортсменів після використання капи за результатами реакції на рухомий об'єкт ($p < 0,05$), які можуть свідчити про більшу збалансованість нервових процесів обстежуваних. За результатами тестування в режимі зворотного зв'язку виявлено збільшення функціональної рухливості нервових процесів спортсменів основної групи при повторному тестуванні, тобто після використання капи ($p < 0,05$). Слід відмітити збільшення сили нервової системи спортсменів за відповідними показниками в режимі зворотного зв'язку з вище середнього до високого рівня, збільшення функціональної рухливості нервових процесів за іншими показниками в режимі нав'язаного ритму, проте ці відмінності не набули рівня значущості. Таким чином, за результатами проведеного дослідження доведено, що використання оклюзійної шини (капи) для корекції функціонального стану кваліфікованих спортсменів-веслувальників під час підготовки до головних змагань чинить позитивний вплив на їх психофізіологічний стан, що безумовно має сприяти досягненню високих спортивних результатів.

Ключові слова: оклюзійна шина (капа), психофізіологічний стан, кваліфіковані спортсмени, веслування на байдарках і каное.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Моніторинг і прогнозування психофізіологічного стану спортсменів спрямовані в першу чергу на корекцію тренувального процесу задля підвищення спортивного результату [1, 2, 3, 4], що безумовно залишається актуальним у циклічних видах спорту, зокрема у веслуванні на байдарках і каное [5].

Ефективність процесів сприйняття інформації, швидкість її переробки, здатність правильно оцінювати параметри часу та простору, високий рівень сили та врівноваженості нервових процесів, хороша оперативна пам'ять багато в чому визначають вибір спортивної спеціалізації та, надалі, результативність спортивної діяльності. Заняття спортом розширюють функціональні можливості центральної нервової системи (ЦНС), забезпечуючи високу швидкість і точність зорово-моторної реакції, врівноваженість процесів збудження та гальмування [6].

Основні властивості нервових процесів, сила та функціональна рухливість, обумовлюють індивідуально-типологічні особливості спортсменів, які безумовно впливають на спортивний результат у будь-яких видах спорту [7, 8]. Науковці наполягають на врахуванні насамперед властивостей нервової системи та темпераменту з огляду на те, що вони генетично детерміновані [7] і впливати на їх розвиток вкрай важко на відміну від таких чинників успішності спортивної діяльності як мотиваційна сфера спортсмена, волеві якості, саморегуляція тощо [9].

Процес оцінки перспектив спортсмена в тій чи іншій дисципліні багато в чому зводиться до того, що його індивідуальна психологічна характеристика зіставляється з «ідеальним» профілем – психограмою виду спорту [9]. Наприклад, вважається, що циклічні

види спорту висувають певні вимоги до типу темпераменту спортсмена в залежності від виду дистанції: щодо коротких дистанцій – найбільш відповідними є холеричний і сангвінічний типи темпераменту, для середніх і довгих дистанцій – сангвінічний і флегматичний типи темпераменту [9, с. 17–18].

Вважається, що особлива здатність до довготривалих циклічних навантажень вимагає наявності у спортсменів сильної зрівноваженої нервової системи і невисокого рівня рухливості, що характерно для флегматиків, робота на витривалість розвиває високу стійкість ЦНС до перешкод [8].

Спортивне вдосконалення у разі, коли спортсмен вже досяг певних висот майстерності, характеризується тим, що на цьому рівні власне рухові навички вже відшліфовані в результаті багаторічної спортивної підготовки та досягають рівня автоматизації. На вищих щаблях спортивної майстерності саме робота, спрямована на формування оптимального функціонального стану нервової системи (а не на моторне навчання) має найбільше значення [10, 11]. Цілком ймовірно, що саме формування оптимального функціонального стану нервової системи пов'язане з найбільшими труднощами при переході до вищих ступенів спортивної майстерності. Як правило, спортсмен формує оптимальний стан інтуїтивно. Проте, більшість спортсменів, незважаючи на інтенсивні тренування, не можуть сформувати його самостійно, тому зростання їхньої результативності зупиняється [11, с. 225].

З точки зору біомеханіки, нижня щелепа і жувальні м'язи виконують роль центру рівноваги всього організму людини, що рефлекторно координується ЦНС [12, 13]. На думку S. Minagi та співавт., саме скронево-нижньощелепний суглоб (СНЩС) є центром рівноваги всього організму [14]. Клінічні дані вказують, що порушення скронево-нижньощелепного суглоба спостерігаються у 25–65 % населення, причому часто в молодому віці. Згідно з іншими літературними джерелами, частота дисфункції СНЩС серед дорослого населення становить 5–50 %, а серед пацієнтів, які звертаються за стоматологічною допомогою, 70–95 % [цит. за 15].

Оклюдійна шина (капа) використовується в ортопедії для того, щоб зняти навантаження на скронево-нижньощелепний суглоб, зменшити м'язову напругу і обмежити стертість зубів. Капа позиціонує нижню щелепу в правильне положення, при якому зубощелепова система знаходиться у найбільш збалансованому і розслабленому стані [16, 17]. За допомогою депрограмування жувальних м'язів з використанням міорелаксуючих кап можна стерти патологічно вироблену м'язову пам'ять і встановити щелепу в правильне нейром'язове положення [18].

Доведено, що до порушень нейром'язової регуляції жувального апарату може призводити вплив чинників центрального походження [19, 20]: нервово-психічних стресів, змін нейроендокринної системи та імунологічної реактивності організму тощо [цит. за 15, с. 43].

Спортивна діяльність неминує пов'язана з великою кількістю стресових, надважких ситуацій, особливо на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей, що актуалізує проблему оптимізації та корекції функціонального стану спортсмена.

Мета дослідження – визначення психофізіологічного стану кваліфікованих спортсменів-веслувальників при використанні оклюдійної шини (капи).

Матеріали та методи дослідження. Для вивчення психофізіологічного стану спортсменів використовували діагностичний комплекс «Діагност-1» [21].

У дослідженні як обстежувані брали участь 14 кваліфікованих спортсменів-веслувальників (КМС, МС, ЗМС) віком 17-31 років, спортивний стаж у веслуванні від 5 до 21 року. Спортсмени основної групи (n=4) проходили тестування впродовж підготовки до Олімпійських Ігор 2024 року у Парижі, спортсмени контрольної групи (n=10) – впродовж підготовки до головних змагань. Робота виконана у Науково-дослідному центрі Навчально-наукового інституту здоров'я, реабілітації та фізичного виховання НУФВСУ. Тестування проводилось в два етапи: до та після 1-го місяця використання оклюдійної шини (капи) для корекції функціонального стану спортсменів основної групи.

Під час проведення комплексних досліджень за участю спортсменів відповідно до основних біоетичних норм дотримувалися 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).

Статистичну обробку результатів дослідження проводили за допомогою методів непараметричної статистики. Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид (Me [25 %; 75 %]). Для порівняння незалежних вибірок використовували критерій Манна-Уїтні.

Результати досліджень та їх обговорення. Для аналізу результатів всі обстежені спортсмени були розподілені на дві групи: I група – основна (24-31 рік, n=4); II група – контрольна (17-20 років, n=10). Спортсмени цих двох груп відрізнялись як за віком, так і за спортивним стажем (табл. 1): в I групу увійшли спортсмени найвищого рівня кваліфікації – заслужені майстри спорту (ЗМС) з більшим спортивним стажем, II групу склали кваліфіковані спортсмени – 5 кандидатів в майстри спорту (КМС) і 5 майстрів спорту (МС).

Таблиця 1

Вік та спортивний стаж обстежених спортсменів основної (I) та контрольної (II) групи, Me [25%, 75%]

Показники	I група, n=4	II група, n=10
Вік, роки	26,00 [25,00; 28,50]**	18,50 [18,00; 19,00]
Спортивний стаж (у веслуванні), роки	14,50 [13,50; 18,00]**	7,25 [7,00; 10,00]
Загальний спортивний стаж, роки	19,00 [17,00; 20,50]**	11,50 [9,00; 13,00]

Примітка. ** $p < 0,01$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні.

Визначення психофізіологічного стану спортсменів за показниками сенсомоторних реакцій різного ступеня складності проводилось перед використанням капи: за показниками простої зорово-моторної реакції, реакції вибору одного сигналу із трьох та реакції вибору двох сигналів із трьох. Статистично значущих різниць за критерієм Манна-Уїтні між обстеженими групами спортсменів за показниками ПЗМР, РВ1-3, РВ2-3 та РРО не виявлено.

Відповідно до мети роботи у обстежуваних за психофізіологічними показниками в режимі зворотного зв'язку та в режимі нав'язаного ритму визначалися основні властивості нервової системи, а саме: функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП) і сила нервової системи (СНС), а також ефективність сенсомоторної діяльності (за часом мінімальної експозиції сигналів) та динамічність нервової системи, швидкість впрацювання (за часом виходу на мінімальну експозицію). Отримані результати представлені в таблицях 2 та 3. Виявлено відмінності між виділеними групами спортсменів за досліджуваними показниками СНС та ФРНП в режимі зворотного зв'язку та нав'язаного ритму: спортсмени старшої вікової групи з більшим стажем спортивного тренування характеризувались більшою силою нервової системи (табл. 2, табл. 3) та більшою функціональною рухливістю нервових процесів (табл. 2), що підтверджує результати інших дослідників та цілком узгоджується з відомими літературними даними про вплив фізичних навантажень і занять різними видами спорту на формування і стан психофізіологічних функцій [3, 7, 8, 22].

Крім того, у спортсменів I групи виявлено вищу ефективність сенсомоторної діяльності в режимі зворотного зв'язку за часом виходу на мінімальну експозицію в тесті «120 сигналів» (табл. 2).

Таблиця 2

Психофізіологічні показники в режимі зворотного зв'язку обстежених спортсменів основної (I) та контрольної (II) групи, Me [25%, 75%]

Показники	I група, n=4	II група, n=10
Показник функціональної рухливості нервових процесів (тест 120 сигналів), с	68,00 [65,00; 69,50]*	73,50 [70,00; 74,00]
Мінімальний час експозиції сигналів (тест 120 сигналів), мс	90,00 [70,00; 120,00]**	170,00 [160,00; 200,00]
Час виходу на мінімальну експозицію (тест 120 сигналів), с	42,50 [36,00; 53,00]	50,00 [43,00; 58,00]
Показник сили нервових процесів (тест 5 хв), загальна кількість оброблених сигналів	727,50 [660,00; 796,50]*	624,00 [564,00; 654,00]
Показник функціональної рухливості нервових процесів (тест 5 хв), с	62,43 [60,80; 64,44]	65,55 [63,53; 73,93]
Мінімальний час експозиції сигналів (тест 5 хв), мс	20,00 [20,00; 40,00]	120,00 [20,00; 140,00]
Час виходу на мінімальну експозицію (тест 5 хв), с	184,50 [100,50; 246,00]	71,00 [44,00; 146,00]

Примітка. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні.

За результатами багаторічних досліджень М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, О. П. Безкопильний вважають показники тепінг-тесту окремо для кисті доміантної та субдомінантної руки «індикатором функціонального стану організму, стану динамічної м'язової витривалості рухового апарату, в тому числі темпу, ритму та стійкості його моторної дії» [21, с. 48], який характеризує здатність усіх ланок рухового аналізатора кваліфікованих спортсменів до швидкості та витривалості [23, 24].

Таблиця 3

Показники стану психофізіологічних функцій в режимі нав'язаного ритму обстежених спортсменів основної (I) та контрольної (II) групи, Me [25%, 75%]

Показники	I група, n=4	II група, n=10
Показник функціональної рухливості нервових процесів, сигн/хв	90,00 [80,00; 110,00]	90,00 [80,00; 100,00]
Показник сили нервових процесів, % помилок	13,54 [9,46; 16,78]*	19,25 [18,23; 23,17]
Показник сили нервових процесів, кількість помилок	79,50 [55,50; 98,50]*	113,00 [107,00; 136,00]

Примітка. * $p < 0,05$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні.

Значущих відмінностей динамічної м'язової витривалості руху кисті доміантної руки за кількістю натискань у тепінг-тесті між виділеними групами обстежених спортсменів з різним рівнем кваліфікації не виявлено (табл. 4). Проте, виявлено більш високий рівень динамічної м'язової витривалості руху кисті субдомінантної руки та меншу функціональну асиметрію між доміантною та субдомінантною рукою у спортсменів з вищим рівнем кваліфікації I групи при порівнянні їх із спортсменами II (контрольної) групи (табл. 4).

Відомо, що зменшення функціональної асиметрії у досвідчених спортсменів свідчить про оптимальну тактику тренувань [25]. У веслуванні виражена функціональна асиметрія може бути фактором підвищеного травматизму [26], тому саме зменшення функціональної

асиметрії може свідчити про високий рівень майстерності в даному виді спорту і сприяти успішності змагальної діяльності [27].

Таблиця 4

Показники динамічної м'язової витривалості (тепінг-тест) у обстежених спортсменів основної (I) та контрольної (II) групи, Me [25%, 75%]

Показники	I група, n=4	II група, n=10
Показник руху кисті домінантної руки, кількість натискань	423,00 [407,00; 468,50]	404,00 [389,00; 446,00]
Показник руху кисті субдомінантної руки, кількість натискань	413,00 [395,00; 443,50]**	356,00 [336,00; 385,00]
Асиметрія між домінантною і субдомінантною рукою	4,28 [1,18; 7,42]*	14,42 [7,61; 26,79]

Примітка. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні.

Зміни психофізіологічного стану після 1-го місяця використання капи для корекції функціонального стану спортсменів було проаналізовано за результатами повторного тестування обстежуваних основної групи (табл. 5, табл. 6).

Виявлено статистично значущі відмінності між результатами першого і другого тестування за показниками ПЗМР і РВ1-3, а саме: латентний період ПЗМР зменшився, проте в межах середніх значень; зафіксовано наявність помилок при виконанні реакції простого вибору при повторному тестуванні. За іншими показниками ПЗМР, РВ1-3 і РВ2-3 статистичних різниць між результатами першого і другого тестування не виявлено.

Отримані результати дослідження можна пояснити певним зниженням активації центральної нервової системи обстежуваних спортсменів основної групи. Передбачається, що в процесі тренувань управління основними стереотипними операціями переходить на нижчі рівні регулювання, за рахунок чого активація більшості областей кори головного мозку у досвідчених спортсменів знижується [28]. Аналіз наукової літератури дає змогу узагальнити, що на початкових етапах спортивної підготовки йде активне формування власне рухових навичок, а далі, впродовж тренувань, відбувається автоматизація навичок та зниження загального рівня активації під час виконання спортивної дії [11].

Таблиця 5

Показники реакції на рухомий об'єкт спортсменів основної групи (n=4), I та II тестування, Me [25%, 75%]

Показники	I тестування, n=4	II тестування, n=4
Показник точності реакції на рухомий об'єкт, кількість точних влучень	13,00 [10,50; 14,50]	14,50 [13,00; 15,50]
Показник точності реакції на рухомий об'єкт, відсоток точних влучень	14,45 [11,67; 16,12]	16,12 [14,45; 17,23]
Кількість реакцій випередження	42,00 [41,00; 48,00]	37,00 [34,00; 40,50]
Кількість реакцій запізнювання	33,50 [30,00; 36,00]	38,50 [36,50; 40,50]
Співвідношення Кількість реакцій випередження / Кількість реакцій запізнювання	1,26 [1,15; 1,64]	0,96 [0,84; 1,12]*

Продовження таблиці 5

Сумарне відхилення в реакції на рухомий об'єкт, мс	1829,00 [1577,00; 2332,00]	1708,00 [1587,00; 1864,00]
Сумарне випередження в реакції на рухомий об'єкт, мс	1058,00 [946,00; 1544,00]	922,00 [768,00; 1100,00]
Сумарне запізнювання в реакції на рухомий об'єкт, мс	648,00 [631,00; 788,00]	797,00 [741,00; 842,00]
Співвідношення Сумарне випередження / Сумарне запізнювання	1,50 [1,24; 2,38]	1,19 [0,94; 1,45]
Середнє відхилення в реакції на рухомий об'єкт, мс	20,30 [17,50; 25,90]	18,95 [17,60; 20,70]
Середнє випередження в реакції на рухомий об'єкт, мс	25,85 [22,50; 32,05]	23,75 [22,00; 28,20]
Середнє запізнювання в реакції на рухомий об'єкт, мс	21,75 [18,85; 24,30]	20,60 [19,30; 21,85]
Співвідношення Середнє випередження / Середнє запізнювання	1,23 [1,07; 1,45]	1,24 [1,07; 1,39]

Примітка. * $p < 0,05$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні

Виявлено статистично значущі зміни психофізіологічного стану спортсменів основної групи після використання капи за результатами повторного виконання РРО, а саме за показником співвідношення кількість реакцій випередження / кількість реакцій запізнення ($p < 0,05$), які можуть свідчити про більшу збалансованість нервових процесів обстежуваних після використання капи (табл. 5) З огляду на те, що за літературними даними у спортсменів рівень стресу негативно корелює з кількістю і часом реакцій запізнення в РРО [5], можна припустити, що отримані результати свідчать про деяке зниження рівня стресу у обстежуваних основної групи при повторному тестуванні, тобто після використання капи.

Таблиця 6

Показники стану психофізіологічних функцій в режимі зворотного зв'язку спортсменів основної групи ($n=4$), I та II тестування, Ме [25%, 75%]

Показники	I тестування, $n=4$	II тестування, $n=4$
Показник функціональної рухливості нервових процесів (тест 120 сигналів), с	68,00 [65,00; 69,50]	60,50 [59,50; 63,00]*
Мінімальний час експозиції сигналів (тест 120 сигналів), мс	90,00 [70,00; 120,00]	50,00 [20,00; 110,00]
Час виходу на мінімальну експозицію (тест 120 сигналів), с	42, 50 [36,00; 53,00]	38,00 [35,50; 44,50]
Показник сили нервових процесів (тест 5 хв), загальна кількість оброблених сигналів	727,50 [660,00; 796,50]	747,50 [647,50; 802,50]
Показник функціональної рухливості нервових процесів (тест 5 хв), с	62,43 [60,80; 64,44]	61,28 [56,42; 65,11]
Мінімальний час експозиції сигналів (тест 5 хв), мс	20,00 [20,00; 40,00]	20,00 [20,00; 70,00]
Час виходу на мінімальну експозицію (тест 5 хв), с	184,50 [100,50; 246,00]	56,50 [42,00; 70,00]

Примітка. * $p < 0,05$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні.

У відповідності до мети роботи у спортсменів досліджувалися наступні показники РРО: показник точності реакції на рухомий об'єкт (кількість і відсоток точних влучань), кількість реакцій випередження, кількість реакцій запізнення, співвідношення кількості реакцій випередження / кількість реакцій запізнення, сумарне відхилення в реакції на рухомий об'єкт, сумарне випередження в реакції на рухомий об'єкт, сумарне запізнення в реакції на рухомий об'єкт, співвідношення сумарне випередження / сумарне запізнення, середнє відхилення в реакції на рухомий об'єкт (мс), середнє випередження в реакції на рухомий об'єкт, середнє запізнення в реакції на рухомий об'єкт, співвідношення середнє випередження / середнє запізнення (табл. 5). Слід відмітити покращення психофізіологічного стану спортсменів І групи при повторному тестуванні за іншими показниками РРО, проте всі інші відмінності не набули рівня значущості (табл. 5).

За результатами тестування в режимі зворотного зв'язку виявлено збільшення функціональної рухливості нервових процесів спортсменів основної групи при повторному тестуванні ($p < 0,05$). Слід відмітити збільшення сили нервової системи спортсменів за показниками СНС в режимі зворотного зв'язку з вище середнього до високого рівня (табл. 6), збільшення функціональної рухливості нервових процесів за іншими показниками в режимі нав'язаного ритму, проте всі ці відмінності не набули рівня значущості.

В той же час, за результатами проведених досліджень в контрольній групі вищезазначених змін не виявлено. Проте слід відмітити у обстежених спортсменів ІІ групи при повторному тестуванні зменшення часу центральної обробки інформації (ЦОІ) в РВ1-3 (табл. 7).

За результатами дослідження спектрально-когерентних характеристик електроенцефалограми в осіб із різною швидкістю обробки інформації вищими відділами центральної нервової системи було визначено, що швидкість ЦОІ є «інтегральною властивістю вищих відділів ЦНС, яка забезпечує активацію різних відділів і структур головного мозку, що супроводжується відповідним залученням усіх ритмогенних нейромереж» [29]. За результатами досліджень, проведених спільно фахівцями НУФВСУ та КНУ ім. Тараса Шевченка спортсмени-веслувальники відрізнялися від нетренованих осіб вищою швидкістю обробки інформації в ЦНС за умов відсутності різниці між групами обстежуваних за ЛП ПЗМР, з приводу чого було зроблено висновок про зміни передусім у центральних ланках організації рухових програм внаслідок тренування. Відзначено, що за даними дослідження периферичні компоненти сенсомоторних реакцій спортсменів меншою мірою зазнавали перебудови внаслідок регулярних фізичних навантажень [5].

Таблиця 7

Психофізіологічні показники обстежених спортсменів контрольної групи (n=10), І та ІІ тестування, реакція вибору одного сигналу із трьох, Me [25%, 75%]

Показники	І тестування, n=10	ІІ тестування, n=10
Латентний період реакції вибору одного із трьох сигналів, мс	363,72 [345,56; 398,33]	357,06 [348,22; 384,11]
Похибка середнього арифметичного, мс	17,23 [12,71; 21,88]	12,47 [11,78; 15,46]
Середньоквадратична величина відхилення, мс	51,29 [38,13; 65,65]	37,39 [35,34; 46,38]
Коефіцієнт варіації, %	13,93 [10,56; 17,79]	10,79 [10,15; 11,82]
Моторний компонент реакції, мс	99,50 [80,56; 120,25]	95,39 [89,67; 135,44]
Час центральної обробки інформації, мс	123,80 [91,57; 136,00]	95,67 [76,92; 108,88]*

Примітка. * $p < 0,05$ – значущі різниці між групами за критерієм Манна-Уїтні.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження доведено, що використання оклюзійної шини (капи) для корекції функціонального стану спортсменів під час підготовки до відповідальних змагань чинить позитивний вплив на їх психофізіологічний стан, що безумовно має призвести до підвищення спортивного результату. А врахування індивідуально-типологічних особливостей нервової системи спортсменів дозволить тренерам здійснювати індивідуальний підхід до кожного спортсмена та своєчасно вносити корективи у навчально-тренувальний процес задля досягнення спортсменами високих результатів [1, 2].

Висновки. Аналіз наукової літератури свідчить про те, що спортивне вдосконалення у разі, коли спортсмен вже досяг певних висот майстерності, характеризується тим, що рухові навички вже відшліфовані в результаті багаторічної спортивної підготовки та досягають рівня автоматизації. Тому, на вищих щаблях спортивної майстерності саме робота, спрямована на формування оптимального функціонального стану нервової системи має найбільше значення.

Виявлено статистично значущі зміни психофізіологічного стану спортсменів після використання оклюзійної шини (капи) за результатами реакції на рухомий об'єкт, а саме за показником співвідношення кількість реакцій випередження / кількість реакцій запізнення ($p < 0,05$), які можуть свідчити про більшу збалансованість нервових процесів обстежуваних після використання капи.

За результатами тестування в режимі зворотного зв'язку виявлено збільшення функціональної рухливості нервових процесів спортсменів основної групи при повторному тестуванні, тобто після використання капи ($p < 0,05$). Слід відмітити збільшення сили нервової системи спортсменів за відповідними показниками в режимі зворотного зв'язку з вище середнього до високого рівня, збільшення функціональної рухливості нервових процесів за іншими показниками в режимі нав'язаного ритму, проте ці відмінності не набули рівня значущості.

Таким чином, за результатами проведеного дослідження доведено, що використання капи для корекції функціонального стану кваліфікованих спортсменів-веслувальників під час підготовки до головних змагань чинить позитивний вплив на їх психофізіологічний стан, що безумовно має сприяти досягненню високих спортивних результатів.

Список використаної літератури

1. Кокун О. М. Моніторинг та корекція психофізіологічної адаптації спортсменів вищої кваліфікації : Автореф. дис. ... канд. психол. наук: 19.00.02. Ін-т психології ім. Г. С. Костюка АПН України. К. 1997. 21 с.
2. Коробейніков Г., Приступа Є., Коробейнікова Л., Бріскін Ю. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті. Л.: ЛДУФК, 2013. 312 с.
3. Korobeynikova L. G., Makarchuk M. Y., Korobeynikov G. V., Mischenko V. S., Zapovitriana O. V. Psychophysiological Functions of Elite Athletes in Different Age Groups. *International Journal of Physiology and Pathophysiology*. 2018. Vol. 9 (1). P. 1–8. DOI: 10.1615/IntJPhysPathophys.v9.i1.10
4. Shpaniuk V. V., Lyzohub V. S., Pustovalov V. O., Khomenko S. M., Kozhemiako T. V., Boechko F. F. Physical performance and its relation to the individual-typological properties of the central nervous system. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*. 2019. Vol. 2. P. 81–89.
5. Федорчук С., Кравченко В., Фібах К., Лисенко О., Шинкарук О. Стан нейродинамічних функцій і динамічна м'язова витривалість кваліфікованих спортсменів-веслувальників. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2021. № 1. С. 128–133.
6. Катрич Л. В., Гронская А. С., Бугаец Я. Е., Куракин А. В. Характеристика функциональных возможностей центральной нервной системы при занятиях различными видами спорта. *Физическая культура, спорт – наука и практика*. 2008. № 4. С. 31–34.
7. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. Черкаси. 2011. 256 с.
8. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учебник. М. 2001. 620 с.
9. Лапин А. Ю., Бабичев И. В., Жихарева О. И. Прогнозирование спортивных результатов на основе психологических особенностей спортсмена. *Вестник спортивной науки*. 2016. № 4. С. 16–18.
10. Кокун О. М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності : монографія. К.: Міленіум, 2004. 265 с.
11. Напалков Д. А., Ратманова П. О., Салихова Р. Н., Коликов М. Б. Электроэнцефалографические корреляты оптимального функционального состояния головного мозга спортсмена в стрелковом спорте. *Бюллетень сибирской медицины*. 2013. № 12 (2). С. 219–226.

12. Жан-Жак Д. Височно-челюстной сустав, фасции, общая компенсаторная модель и postura: основы и взаимосвязи. *Клиническая постурология, поза и прикус* : материалы I междунар. симп. СПб. 2004. С. 16–17.
13. Иванов В. В., Марков Н. М. Влияние зубочелюстной системы на постуральный статус пациента. *Мануальная терапия*. 2013. № 3 (51). С. 83–89.
14. Minagi S., Ohmori T., Sato T. et al. Effect of eccentric clenching on mandibular deviation in the vicinity of mandibular rest position. *J. Oral. Rehabil.* 2000. Vol. 27. № 2. P. 175–179.
15. Табака Х. І., Бакалюк Т. Г., Сірант Г. О. Взаємозв'язок дисфункції скронево-нижньощелепного суглобу з порушенням постави у людей молодого віку. *Медсестринство*. 2018. № 3. 42–44.
16. Мельник В. Л., Шевченко В. К., Силенко Ю. І. Використання кап як етап лікування дисфункції скронево-нижньощелепного суглоба. *Мультидисциплінарний підхід в ортодонтичному лікуванні* : матер. наук.-практ. конф. з міжнар. уч., присв. 100-річчю Укр. мед. стомат. академії та 30-річчю каф. післядипл. освіти лікарів-ортодонтів, 12–13 листопада 2020 р. Полтава. 2020. С. 30.
17. Новіков В. М., Резвіна К. Ю., Коросташова М. А., Додатко В. І., Ющенко Я. О. Дисфункція скронево-нижньощелепного суглоба. Методи діагностики та лікування. *Modern trends of scientific development* : The II International Scientific and Practical Conference, January 18 – 21, 2022, Vancouver, Canada. 2022. P. 253–257.
18. Лисицына А. Ю. Эффективность использования индивидуальной капы для депрограммирования мышц. *Актуальные проблемы современной медицины и фармации*. 2017. С. 1041–1044.
19. Шувалов С. М. Заболевания и дисфункциональные нарушения височно-нижнечелюстного сустава у детей и взрослых. Клиника, диагностика, лечение. Винница : Книга-Вега, 2012. 48 с.
20. Щербаков А. С., Петрика И. В., Буланов В. И., Загорко М. В. Изучение распространенности и диагностики функциональных нарушений ВНЧС у лиц молодого возраста. *Институт стоматологии*. 2013. № 1. С. 18–20.
21. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. Київ-Черкаси. 2014. 102 с.
22. Коробейнікова Л. Г., Макачук М. Ю., Коробейніков Г. В., Міщенко В. С. Стан психофізіологічних функцій у висококваліфікованих спортсменів різних вікових груп. *Фізіологічний журнал*. 2016. № 6. С. 81–87.
23. Федорчук С., Куценко Т., Лисенко О. Максимальний темп руху за показниками тепінг-тесту як індикатор стану динамічної м'язової витривалості. *Здоров'я, фізичне виховання і спорт: перспективи та краєці практики* : матер. IV Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф., 16-17 травня, 2023 р., Київ, ун-т ім. Бориса Грінченка, 2023. С. 99–101.
24. Федорчук С., Петрушевський Є. Динамічна м'язова витривалість у зв'язку зі станом психофізіологічних функцій кваліфікованих спортсменок. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv*. 2020. Т. 82 (3). С. 59–62. DOI: 10.17721/1728_2748.2020.82.59-62
25. Romanenko V., Podrihalo O., Podrigalo L., Iermakov S., Sotnikova-Meleshkina Z., Bobrova O. The study of functional asymmetry in students and schoolchildren practicing martial arts. *Physical education of students*. 2020. Vol. 24 (3). P. 154–161. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0305>
26. Fohanno V, Nordez A, Smith R, Colloud F. Asymmetry in elite rowers: effect of ergometer design and stroke rate. *Sports Biomech.* 2015 Sep. Vol. 14 (3). P. 310–322. doi: 10.1080/14763141.2015.1060252. Epub 2015 Aug 12. PMID: 26266336.
27. Федорчук С., Куценко Т., Ярошенко О., Лисенко О., Шинкарук О. Функціональний стан центральної нервової системи спортсменів-веслувальників за показниками реакції на рухомий об'єкт. *Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія*. 2022. № 1. С. 42–48.
28. Del Percio C., Babiloni C., Bertollo M. et al. Visuoattentional and sensorimotor alpha rhythms are related to visuo-motor performance in athletes. *Hum. Brain Mapp.* 2009. V. 30. № 11. P. 3527–3540.
29. Юхименко Л. Спектрально-когерентні характеристики електроенцефалограми в осіб із різною швидкістю обробки інформації вищими відділами центральної нервової системи. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки. Серія : Біологічні науки*. 2016. № 12 (337). С.109–115.

References

1. Kokun O. M. (1997). Monitoring and correction of psychophysiological adaptation of highly qualified athletes: Author's abstract. thesis ... candidate psychol. sciences: 19.00.02. Institute of Psychology named after G. S. Kostyuk, APN of Ukraine. K. 21 p. [in Ukrainian].
2. Korobeynikov G., Prystupa E., Korobeynikova L., Briskin Y. (2013). Assessment of psychophysiological states in sports. L. 312 p. [in Ukrainian].
3. Korobeynikova L. G., Makarchuk M. Y., Korobeynikov G. V., Mischenko V. S., Zapovitriana O. V. (2018). Psychophysiological Functions of Elite Athletes in Different Age Groups. *International Journal of Physiology and Pathophysiology*. Vol. 9 (1). P. 1–8. DOI: 10.1615/IntJPhysPathophys.v9.i1.10
4. Shpaniuk V. V., Lyzohub V. S., Pustovalov V. O., Khomenko S. M., Kozhemiako T. V., Boecko F. F. (2019). Physical performance and its relation to the individual-typological properties of the central nervous system. *Cherkasy University Bulletin: Biological Sciences Series*. Vol. 2. P. 81–89.
5. Fedorchuk S., Kravchenko V., Fibakh K., Lysenko O., Shynkaruk O. (2021). The state of neurodynamic functions and dynamic muscular endurance of qualified rowers. *Sports medicine, physical therapy and occupational therapy*. No. 1. P. 128–133. [in Ukrainian].

6. Katrich L. V., Gronskaya A. S., Bugaets Ya. E., Kurakin A. V. (2008). Characteristics of the functional capabilities of the central nervous system during various sports. *Physical Education, Sport – Science and Practice*. No. 4. P. 31–34. [in Russian].
7. Makarenko M. V., Lyzogub V. S. (2011). Ontogeny of human psychophysiological functions. Cherkasy 256 p. [in Ukrainian].
8. Solodkov A. S., Sologub E. B. (2001). Human physiology. General. Sports. Age: textbook. M. 620 p. [in Russian].
9. Lapin A. Yu., Babichev I. V., Zhikhareva O. I. (2016). Forecasting sports results based on the psychological characteristics of an athlete. *Bulletin of sports science*. No. 4. P. 16–18. [in Russian].
10. Kokun O. M. (2004). Optimizing a person's adaptive capabilities: the psychophysiological aspect of ensuring activity: a monograph. K.: Millennium. 265 p. [in Ukrainian].
11. Napalkov D. A., Ratmanova P. O., Salikhova R. N., Kolikov M. B. (2013). Electroencephalographic correlates of the optimal functional state of the athlete's brain in shooting sports. *Bulletin of Siberian Medicine*. No. 12 (2). P. 219–226. [in Russian].
12. Jean-Jacques D. (2004). The temporomandibular joint, fascia, general compensatory model and posture: fundamentals and relationships. *Clinical posturology, posture and occlusion* : proc. I int. symp. SPb. P. 16–17. [in Russian].
13. Ivanov V. V., Markov N. M. (2013). The influence of the dental system on the patient's postural status. *Manual therapy*. No. 3 (51). P. 83–89. [in Russian].
14. Minagi S., Ohmori T., Sato T. et al. (2000). Effect of eccentric clenching on mandibular deviation in the vicinity of mandibular rest position. *J. Oral. Rehabil.* Vol. 27. № 2. P. 175–179.
15. Tabaka H. I., Bakaliuk T. G., Sirant G. O. (2018). Relationship between temporomandibular joint dysfunction and postural disorders in young people. *Nursing*. No. 3. 42–44. [in Ukrainian].
16. Melnyk V. L., Shevchenko V. K., Silenko Yu. I. (2020). The use of caps as a stage of treatment of temporomandibular joint dysfunction. *Multidisciplinary approach in orthodontic treatment: Mater. science and practice conf. from international academic, adj. On the 100th anniversary of the Ukr. med. stomat. academy and the 30th anniversary of the faculty. postgraduate of education of orthodontists, November 12–13, 2020, Poltava*. P. 30. [in Ukrainian].
17. Novikov V. M., Rezvina K. YU., Korostashova M. A., Dodatko V. I., Yushchenko YA. O. (2022). Temporomandibular joint dysfunction. Methods of diagnosis and treatment. *Modern trends of scientific development* : The II International Scientific and Practical Conference, January 18 – 21, 2022, Vancouver, Canada. P. 253–257. [in Ukrainian].
18. Lisitsyna A. Yu. (2017). Efficiency of using an individual mouth guard for muscle deprogramming. *Actual problems of modern medicine and pharmacy*. P. 1041–1044. [in Russian].
19. Shuvalov S. M. (2012). Diseases and dysfunctional disorders of the temporomandibular joint in children and adults. Clinic, diagnostics, treatment. Vinnytsia: Kniga-Vega. 48 p. [in Russian].
20. Shcherbakov A. S., Petrika I. V., Bulanov V. I., Zagorko M. V. (2013). Study of the prevalence and diagnosis of functional disorders of the TMJ in young people. *Institute of Dentistry*. No. 1. P. 18–20. [in Russian].
21. Makarenko, M. V., Lyzohub, V. S. & Bezcopylnyi, O. P. (2014) Methodical instructions to the workshop on differential psychophysiology and physiology of higher human nervous activity. Cherkasy: Vertical. 102 [in Ukrainian].
22. Korobeynikova L. G., Makarchuk M. Yu., Korobeynikov G. V., Mishchenko V. S. (2016). The state of psychophysiological functions in highly qualified athletes of different age groups. *Physiological journal*. No. 6. P. 81–87. [in Ukrainian].
23. Fedorchuk S., Kutsenko T., Lysenko O. (2023). The maximum pace of movement according to the tapping test indicators as an indicator of the state of dynamic muscular endurance. *Health, physical education and sports: perspectives and best practices* : Mater. IV International science and practice online conference, May 16-17, 2023, Kyiv, University of Boris Grinchenko. P. 99–101. [in Ukrainian].
24. Fedorchuk S., Petrushevskiy E. (2020). Dynamic muscular endurance in connection with the state of psychophysiological functions of qualified sportswomen. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv*. Vol. 82 (3). P. 59–62. DOI: 10.17721/1728_2748.2020.82.59-62 [in Ukrainian].
25. Romanenko V., Podrihalo O., Podrigalo L., Iermakov S., Sotnikova-Melezhkina Z., Bobrova O. (2020). The study of functional asymmetry in students and schoolchildren practicing martial arts. *Physical education of students*. Vol. 24 (3). P. 154–161. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0305>
26. Fohanno V, Nordez A, Smith R, Colloud F. (2015 Sep.). Asymmetry in elite rowers: effect of ergometer design and stroke rate. *Sports Biomech*. Vol. 14 (3). P. 310–322. doi: 10.1080/14763141.2015.1060252. Epub 2015 Aug 12. PMID: 26266336.
27. Fedorchuk S., Kutsenko T., Yaroshenko O., Lysenko O., Shinkaruk O. (2022). Functional state of the central nervous system of rowing athletes according to indicators of reaction to a moving object. *Sports medicine, physical therapy and occupational therapy*. No. 1. P. 42–48. [in Ukrainian].
28. Del Percio C., Babiloni C., Bertollo M. et al. (2009). Visuoattentional and sensorimotor alpha rhythms are related to visuo-motor performance in athletes. *Hum. Brain Mapp*. V. 30. № 11. P. 3527–3540.
29. Yukhymenko L. (2016). Spectral-coherent characteristics of the electroencephalogram in individuals with different speed of information processing by the higher departments of the central nervous system. *Scientific Bulletin of the East*

Pastukhova V. A., Zinchenko S. V.

Changes in the psychophysiological state of qualified rowers when using an occlusive splint (mouth guard)

Introduction. *This work is devoted to the problem of studying the psychophysiological state of qualified athletes. Monitoring and forecasting of the psychophysiological state of athletes is primarily aimed at correcting the training process in order to improve sports results. It is known that disturbances in the neuromuscular regulation of the masticatory apparatus can be caused by the influence of factors of central origin: neuropsychological stress, in particular. Sports activities are inevitably associated with a large number of stressful, extremely difficult situations, especially at the stage of maximum realization of individual capabilities. All this actualizes the problem of optimization and correction of the athlete's functional state.*

Purpose. *The aim of the research was to determine the psychophysiological state of qualified rowers when using an occlusive splint (mouth guard).*

Methods. *14 qualified rowers took part in the study as examinees. The athletes of the main group were tested during the preparation for the 2024 Olympic Games in Paris, the athletes of the control group - during the preparation for the main competitions. The diagnostic complex "Diagnost-1" (M. V. Makarenko, V. S. Lyzogub) was used to study the psychophysiological state of athletes. The testing was carried out in two stages: before and after the 1st month of using the mouth guard to correct the functional condition of the athletes of the main group. Statistical processing of the research results was carried out using non-parametric statistics methods.*

Result. *Differences between the selected groups of athletes were revealed according to the investigated indicators of strength and functional mobility of nervous processes in the feedback mode and imposed rhythm: athletes of the older age group with more experience in sports training were characterized by greater strength of the nervous system and greater functional mobility of nervous processes, which confirms the results of other researchers and is fully consistent with known literature data on the influence of physical exertion and activities in various sports on the formation and state of psychophysiological functions (M. V. Makarenko, V. S. Lyzogub, G. V. Korobeynikov, L. G. Korobeynikova, A. S. Solodkov, E. B. Sologub et al.).*

The dynamic muscular endurance of the dominant hand by the number of taps in the tapping test did not differ in the selected groups of examined athletes. However, a higher level of dynamic muscular endurance of the movement of the hand of the subdominant hand ($p < 0.01$) and a smaller functional asymmetry between the dominant and subdominant hand ($p < 0.05$) were found in athletes with a higher level of qualification of the I group when comparing them with athletes of the II (control) group.

Statistically significant changes in the psychophysiological state of athletes after the use of the mouth guard were revealed according to the results of the reaction to a moving object, namely, the ratio of the number of reactions in advance / the number of reactions in delay ($p < 0.05$), which may indicate a greater balance of the nervous processes of the subjects after use cap. According to the results of testing in the feedback mode, an increase in the functional mobility of the nervous processes of the athletes of the main group was found during repeated testing, that is after using the mouth guard ($p < 0.05$). It should be noted an increase in the strength of the nervous system of athletes according to the relevant indicators in the feedback mode from above average to a high level, an increase in the functional mobility of nervous processes according to other indicators in the imposed rhythm mode, but these differences did not reach the level of significance.

Originality. *There is no data on the study of changes in the psychophysiological state of qualified rowers when using an occlusive splint (mouth guard).*

Conclusion. *Thus, according to the results of the research, it was proven that the use of an occlusive splint (mouth guard) to correct the functional state of qualified rowers during preparation for major competitions has a positive effect on their psychophysiological state, which should definitely contribute to achieving high sports results.*

Key words: *an occlusion splint (mouth guard), psychophysiological condition, qualified athletes, rowing.*

Одержано редакцією: 17.10.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

УДК 57.012.4:616.33-018.73:616.441-008.66

DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2024-2-112-120

Раскалей В. Б.

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця

t.raskaley@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5240-6278>

Раскалей Т. Я.

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця

t.raskaley@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6737-2381>

МОРФО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОРУШЕННЯ ОРГАНІВ І СИСТЕМ, ПІДКОНТРОЛЬНИХ ТРАВМОВАНИЙ ДІЛЯНЦІ СПИННОГО МОЗКУ

Травма спинного мозку – це комплексна патологія, яка очолює рейтинг травматичних уражень і рівень захворюваності в світі сягає приблизно 250 000 – 500 000 осіб щороку. Очевидною є втрата рухової активності, проте спинномозкова травма є небезпечною своїми проявами порушень нейротрофічного контролю, порушеннями контролю вегетативної нервової системи гомеостазу організму, розвитком ускладнень у всіх органах і системах, підконтрольних травмованій ділянці. Поширеними проявами таких ускладнень після травми спинного мозку є порушення серцево-судинної системи, дисфункції шлунка, товстої кишки та аноректальні і сечостатеві дисфункції. Шлунково-кишкові ускладнення спинномозкової травми становлять близько 11% причин випадків госпіталізацій. 20-60% шлунково-кишкових ускладнень серед осіб, які страждають на травму спинного мозку, припадають на нейрогенний кишечник. Клінічні прояви нейрогенного кишечника (порушення дефекації) часто поєднуються з дисфункціями сечової системи (нетримання сечі), що в комплексі значно ускладнює існування постраждалих в соціумі й робить проблему надзвичайно соціально значущою, яка потребує залучення уваги суспільства на всіх його рівнях.

Ключові слова: *спинномозкова травма, товста кишка, гладком'язова тканина, дисфункції кишечника, нейротрофічний контроль, шлунково-кишковий тракт.*

Постановка проблеми. Травма спинного мозку різного ступеня тяжкості пошкодження призводить до порушень нейротрофічного контролю всіх органів, які отримують іннервацію від сегментів, розташованих нижче місця травмування [1]. Поширеними проявами таких ускладнень після травми спинного мозку є порушення серцево-судинної системи, дисфункції шлунка, товстої кишки та аноректальні і сечостатеві дисфункції [2, 3]. Клінічні прояви означених порушень часто поєднуються між собою, що в комплексі значно ускладнює якість життя постраждалих в соціумі й робить проблему надзвичайно соціально значущою, яка потребує залучення уваги суспільства на всіх його рівнях.

Мета дослідження: систематизувати відомості наукової літератури щодо проблематики морфо-функціональних порушень органів і систем, підконтрольних травмованій ділянці спинного мозку.

Матеріали та методи дослідження. Аналіз сучасної літератури здійснювали шляхом опрацювання наукових джерел, які представлені в наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library та інших за останні 10 років. Ми використали пошукові визначення «спинномозкова травма», «товста кишка», «гладком'язова тканина», «дисфункції кишечника», «нейротрофічний контроль», «шлунково-кишковий тракт» та інші. Відбір першоджерел здійснювали наступним чином: спочатку аналізували тему статті; якщо тема відповідала напряму нашого дослідження, аналізували резюме. Якщо зміст відповідав

напряму нашого дослідження, то аналізу піддавали текст статті. Було зібрано та критично проаналізовано дослідження, які відповідали меті нашої роботи.

Результати і обговорення **Результати і обговорення.** Показовими після травми спинного мозку є функціональні зміни скелетної мускулатури, які супроводжуються і обумовлені морфологічними змінами поперечно-посмугованої м'язової тканини. Патологічні зміни виникають не лише в нервовому волокні, починаючи від тіл нейронів, що локалізуються в пошкодженій ділянці спинного мозку, і закінчуючи нервово-м'язовими з'єднаннями і нейроваскулярними контактами, але й у системі гемомікроциркуляторного русла підконтрольної пошкодженій ділянці м'язу, що веде до порушення нейротрофічного контролю [4]. Протягом перших місяців після травмування спинного мозку починає знижуватися окислювальна ферментативна активність і біохімічний склад скоротливих білків [2, 3]. До прикладу, фіксується прогресуюче зниження частки волокон ізоформи повільного важкого ланцюга міозину [3]. Порушення іннервації, кровопостачання, а згодом і структурні зміни у міофібрилах і міофіламентах неминуче ведуть до порушень функції скелетних м'язів, підконтрольних травмованій ділянці спинного мозку.

Доведено, що об'єм фізичних вправ здатний моделювати якість регенеративної відповіді на травму, якщо вони починаються в гострій фазі (перші тижні після травмування) та регулюються відповідно до вікна запалення [5]. Патоморфологічні зміни в скелетних м'язах при пошкодженнях спинного мозку можуть прогресувати в незворотну патологію, в залежності від сили травмування, об'єму пошкодження і тривалості патологічного впливу.

Важливо вчасно встановити терапевтичне вікно для лікування патологічних змін м'язової тканини, аби не допустити їх до межі незворотності. Цікаве дослідження проводились в експерименті на щурах з вивченням камбалоподібного м'яза після травмування спинного мозку [6]. Було доведено, що співвідношення різноманітних структурних компонентів міофібрил, м'язових волокон, пухкої сполучної тканини підлягають закономірним змінам відповідно до термінів після травмування спинного мозку. Дослідження механізмів розвитку атрофії скелетних м'язів після пошкодження спинного мозку на молекулярному рівні довели, що основним з них є руйнуюча дія окислювального стресу [7]. Атрофія скелетних м'язів, на думку вчених, є ознакою важкого ураження спинного мозку, проте не виключається ймовірність розвитку м'язової атрофії при тривалому травмуючому впливі меншого ступеня ураження. Крім того, на розвиток дегенеративних процесів у скелетних м'язах можуть впливати такі фактори, як системне запалення, низький рівень тестостерону, низький інсуліноподібний фактор росту (IGF)-1 і лікування високими дозами глюкокортикоїдів. В результаті проведених досліджень було доведено, що стратегії, які поєднують схеми фізичної реабілітації для паралізованих скелетних м'язів із застосуванням препаратів, спрямованих на запобігання атрофічних змін, спричинених травмою спинного мозку, як то як урсолова кислота та $\beta 2$ -агоністи, мають найбільший потенціал для покращення відновлення м'язів після важкої спинномозкової травми [8].

Функціональні зміни внутрішніх органів, які отримують нейротрофічний контроль від пошкодженої ділянки спинного мозку є не настільки показовими після травми, як порушення скелетної мускулатури, проте вирізняються комплексністю і багатовекторністю, що призводить досить швидко до порушень більш масштабніших за значенням для організму в цілому.

Автономна нервова система контролює основні функції шлунково-кишкового тракту через ентєральну нервову систему; до них відносяться моторна, секреторна, чутлива, накопичувальна і видільна функції. Розлади нервової системи, що впливають на роботу шлунково-кишкового тракту, проявляються в першу чергу порушенням моторної функції. Загальні шлунково-кишкові симптоми при неврологічних розладах включають сialорєю, дисфагію, гастропарез, кишкову псевдонепрохідність, запор, діарею та нетримання калу. Захворювання і травми нервової системи можуть призвести до порушення моторики шлунково-кишкового тракту [9]. Окрім лікування основного неврологічного захворювання, терапія має включати корекцію роботи шлунково-кишкового тракту й інших органів і систем, які знервуються ділянкою центральної нервової системи, що була уражена.

Враховуючи особливості товстої кишки, слід пам'ятати той анатомічний нюанс, що товста кишка до прямої кишки отримує парасимпатичну іннервацію, яка власне забезпечує моторику й секрецію, від краніального відділу центральної частини парасимпатичної нервової системи. Ця функція переважно виконується блукаючим нервом. Парасимпатична іннервація прямої кишки здійснюється від каудального відділу, який розміщується в бічних рогах сірої речовини спинного мозку в сегментах SI-SIII. Отже травма спинного мозку, особливо невисокого рівня, в першу чергу призводить до морфо-функціональних змін в прямій кишці і органах тазу.

Надзвичайно актуальним є дослідження не лише функціональних проблем прямої кишки, але й детальне вивчення послідовності морфологічних змін всіх структур її стінки. Є напрацювання в плані створення карти біохімічних змін скоротливих білків гладком'язових клітин середньої оболонки стінки прямої кишки.

Травма спинного мозку в експерименті призвела до порушення морфо-функціонального стану стінки товстої кишки. Морфологічно було виявлено збільшення кількості колагенових волокон в м'язовій оболонці стінки прямої кишки і зниження експресії α -актину гладких м'язів (α -SMA), що ймовірно й спричинило зниження скоротливої здатності стінки й порушення евакуації калових мас [10]. Спинномозкову травму супроводжує прогресивне скорочення часу колоректального транзиту, що є результатом патологічної зміни нервово-м'язового з'єднання.

Морфологічні дослідження виявили значне зменшення кількості кишкових нейронів в стінці прямої кишки після травми спинного мозку, зміни співвідношення кількості гладком'язових клітин до кількості колагенових волокон на користь останніх в середній оболонці стінки кишки, зменшення кількості і глибини крипт слизової оболонки [11]. Після важкої спинномозкової травми, яка супроводжувалась повним перетином спинного мозку з порушенням низхідних вегетативних шляхів, що проходять через спинний мозок, виникає кишкова дисфункція, механізми якої вивчені ще недостатньо. Основними її проявами є зменшення загального часу проходження калових мас шлунково-кишковим трактом, що є наслідком зменшення чутливості барорецепторів і зменшення скоротливої здатності стінки. Модель дисфункції прямої кишки після травми спинного мозку є клінічно значущою, оскільки в результаті вегетативної дисфункції прямої кишки виникає так званий стан «нейрогенного кишечника» у 98% випадків [12].

Після травми спинного мозку виникає низка проблем, пов'язаних з кишечником, які впливають на захворюваність і якість життя, включають зниження перистальтики кишечника, втрату контролю над сфінктером, виразки шлунка, вегетативну дисрефлексію, біль, діарею, запор і нетримання калу. Клінічна діагностика та дослідження на людях значною мірою поклалися на процедури аноректальної манометрії, щоб покращити розуміння функціонального впливу спинномозкової травми на колоректальну моторику та фізіологію дефекації. Нещодавні доклінічні дослідження на гризунах також використовували аноректальну манометрію для подальшого розуміння дисфункцій кишечника після травми спинного мозку [13].

Нейрогенний кишечник є одним з найпоширеніших ускладнень спинномозкової травми і супутнім ускладненням захворювань, що пов'язані з ураженням спинного мозку. Клінічним проявом нейрогенного кишечника є скорочення часу колоректального проходження, що здатне провокувати такі побічні ефекти, як кровотечі, геморой, утворення анальних тріщин, нетримання калу, хронічні запори. Клінічна картина погіршується також приєднанням порушень функцій сечового міхура у вигляді нетримання сечі, високою ймовірністю кишкових кровотеч, що в цілому переводить проблему в ранг соціальних проблем з високим рейтингом щодо порушення якості життя пацієнтів.

Механізм розвитку нейрогенного кишечника пояснюється порушеннями низхідної ланки комплексної рефлекторної дуги, втратою соматичного і вегетативного супраспинального контролю, який відбувався через пошкоджений спинний мозок [14]. Проте

шлунково-кишковий тракт має власну систему нейрального контролю, внутрішню нервову систему, відому як ентеральна нервова система (ЕНС), яка є відповідальною за регуляцію секреторних, сегментаційних і пропульсивних функцій в шлунково-кишковому тракті [15]. До прикладу, ЕНС викликає скоординований перистальтичний рефлекс, важливий для ортоградного руху вмісту просвіту. Це умовне коло (рефлекторна дуга) має внутрішню полярність, завдяки якій висхідна ланка в підсумку іннервує збуджуючі мотонейрони, а низхідна ланка іннервує гальмівні мотонейрони. Подразнення, що подразнює рецептор в просвіті кишки, викликає скорочення гладких м'язів проксимально до подразника та розслаблення гладких м'язів дистально від подразника, таким чином створюючи градієнт тиску, який забезпечує рух вмісту просвіту [16].

Розглянемо ЕНС, як інтегративну нейрональну мережу, яка складається з двох гангліозних сплетень (міжм'язового та підслизового), що утворена нейронами і ентеральними гліальними клітинами і контролює активність гладкої мускулатури кишечника, секрецію слизової оболонки та кровотік. ЕНС контролює моторику кишківника та секрецію за допомогою місцевих рефлексів, які викликаються локальним розтягненням кишкової стінки, вигинами слизової оболонки та вмістом у просвіті. Ця нейрональна регуляція функції шлунково-кишкового тракту відбувається завдяки специфічним нейромедіаторам, які синтезуються та вивільняються ентеральними нейронами. ЕНС працює узгоджено з рефlekсами ЦНС і командними центрами, а також з ланками рефлекторних дуг, які проходять через симпатичні ганглії для контролю функції травлення. Існує обмін інформацією між ЕНС і ЦНС, а також між ЕНС і симпатичними превертебральними гангліями [15, 17].

Рухові центри кори головного мозку (передцентральна звивина), які здійснюють довільний контроль дефекації, або гальмують, або посилюють збудливість нейронів у стовбурі мозку, через які активуються вегетативні низхідні ланки рефлекторних дуг, що ведуть до дистальних відділів товстої та прямої кишки. Ці нейрони проєктуються в інтермедіолатеральному стовпі (IML) на рівні S1, який, у свою чергу, з'єднується з внутрішніми рефлекторними шляхами ЕНС через тазові ганглії. Аферентні (сенсорні) нейрони, які отримують інформацію від рецепторів слизової оболонки товстої кишки, сприяють позивам, а нейрони, які відчують тиск у черевній порожнині, посилюють дефекацію. Вони з'єднуються з нейронами другого порядку, які створюють локальні зв'язки в спинному мозку та надають сенсорну інформацію мосту та корі головного мозку [12, 18].

Клінічні та експериментальні дослідження проявів і ускладнень високої травми грудного або шийного відділів хребта з пошкодженням спинного мозку відповідних ділянок, довели високу ймовірність затримки випорожнення шлунка, раннього насичення, дисфагії, запору, нетримання сечі, нудоти, здуття живота та болю в животі. У доклінічних моделях на гризунах високе пошкодження спинного мозку проявляється гострою та хронічною аферентною дисфункцією вагусного нерва шлунка. Однак механізм, який лежить в основі цієї дисфункції, залишається невідомим [19].

Говорячи про різноманіття клінічних і морфо-функціональних проявів ускладнень спинномозкової травми, слід пам'ятати про ураження спинного мозку нетравматичного генезу. Ці ураження подекуди призводять до аналогічних наслідків, а інколи маскуються в хаосі проявів, особливо у випадках системних захворювань, чи захворювань з ще невизначеною етіологією.

Недавні відкриття показали, що кишкові гліальні клітини відіграють важливу роль у різних нейродегенеративних розладах, таких як хвороба Паркінсона, яка характеризується руховими дисфункціями, спричиненими прогресуючою втратою дофамінергічних нейронів у чорній речовині стовбура головного мозку та немоторними симптомами, включаючи дисфункцію шлунково-кишкового тракту. У цьому дослідженні вивчалися модулюючі ефекти флавоноїду рутину на поведінку та мієнтеральні сплетення на тваринній моделі та реакцію ентеральної глії [20].

Травма спинного мозку порушує нейротрофічний контроль і веде до посттравматичних ускладнень у серцево-судинній системі, які клінічно проявляються різними проявами серцево-судинної дисфункції (низьким артеріальним тиском, коливаннями артеріального тиску, ортостатичною гіпотензією). Протягом останніх двох десятиліть вчені намагаються змоделювати і детально дослідити морфо-функціональну дезадаптацію серцево-судинної системи після спинномозкової травми [21]. В літературі описаний випадок постпрандіальної гіпотензії у 26-річного чоловіка із пошкодженням шийного відділу спинного мозку — це тип вегетативної дисфункції, при якому спостерігається зниження систолічного артеріального тиску >20 мм рт.ст. протягом 2 годин після прийняття їжі, що, як вважають, пов'язане зі слабкою серцево-судинною компенсацією відтоку крові до органів травної системи. Ця форма вегетативної дисфункції недостатньо діагностується у пацієнтів із ушкодженням спинного мозку, ймовірно, частково тому, що вона може протікати майже безсимптомно, особливо у малорухомих пацієнтів [22]. Доведено низьку ймовірність гемодинамічних порушень під час операцій на поперековому відділі хребта: сім опублікованих випадків з брадикардією, гіпотензією та/або асистолією під час інтраопераційної маніпуляції на твердій мозковій оболонці [23]. Відомо, що пошкодження шийного або верхньогрудного відділів спинного мозку (SCI, $\geq T6$) часто призводить до низького артеріального тиску у стані спокою та погіршення серцево-судинної реакції на гостре фізичне навантаження. Цікаве дослідження методів стимуляції серцево-судинної системи після пошкодження спинного мозку було проведене з використанням методів епідуральної стимуляції спинного мозку (інвазивної, ESCS) і черезшкірної стимуляції спинного мозку (неінвазивної, TSCS), оптимізованих для серцево-судинної системи довело перспективність цих методів як додаткових до загальної схеми реабілітації після спинномозкової травми, що супроводжується порушенням роботи серцево-судинної системи [24].

Прагнення до вирішення проблеми порушення іннервації внутрішніх органів і позбавлення пацієнтів від проявів дисфункцій у різних органах і системах, що керувались від пошкодженої ділянки спинного мозку, об'єднує вчених різних галузей науки і лікарів різних спеціальностей, спонукаючи до пошуку способів корекції.

Проблема пацієнтів з ушкодженням спинного мозку, які страждають від кишкової дисфункції, точна патофізіологія якої, зокрема залучення ентеральної нервової системи або епітеліальної дисфункції, є погано вивченою, притягнула до себе увагу вчених-спеціалістів в галузі мРНК. В своїх дослідженнях експериментальних моделей дисфункціональних порушень травної системи після ушкодження спинного мозку на щурах вони досліджували зміни рівнів експресії мРНК відповідно до рівня пошкодження спинного мозку і локалізації посттравматичних проявів у кишківнику [25].

Враховуючи системний вплив спинномозкової травми на всі фізіологічні системи, останні декілька років увага вчених була прикута до вивчення ролі мікробіому кишківника у відновленні роботи шлунково-кишкового тракту. Оскільки мікробіом має здатність модулювати запальні та метаболічні реакції, було прийнято рішення щодо використання мікробіому для корекції травміндукованих патологічних станів кишківника і проведена низка експериментальних досліджень на моделях гризунів [26]. Як на тваринних моделях, так і у клінічних випадках спостерігались зміни в мікробних таксонах кишкового мікробіому. На основі цих нових спостережень та експериментальних досліджень розробляється більш повна картина відновлення організму після спинномозкової травми [27]. Зміни кишкової флори можуть порушити баланс двонаправленої кишково-мозкової осі. Це посилює вторинне ураження головного мозку та порушує когнітивну функцію та моторику, що призводить до поганого прогнозу [28].

У переважної більшості осіб із важкою спинномозковою травмою розвивається нейрогенна дисфункція нижніх сечовивідних шляхів (ННМП) із симптомами, починаючи від нейрогенної гіперактивності детрузора, диссинергії сфінктера детрузора або

недостатньої активності сфінктера залежно від локалізації та ступеня ураження спинного мозку. Нейрогенна дисфункція сечового міхура є станом, який впливає як на зберігання сечі в сечовому міхурі, так і на функцію сечовипускання, і залишається однією з основних посттравматичних проблем разом з нейрогенним кишківником після травми спинного мозку. [29].

Експериментально доведено і клінічно підтверджено, що пошкодження спинного мозку вище попереково-крижового відділу спинного мозку викликає втрату довільного контролю над сечовипусканням, проте існує брак інформації і звідси виникла потреба у порівняльному аналізі порушень функціонування органів, наразі органів сечовипускання, що виникають після перерізу та контузії різного ступеня [30]. Тема морфологічних і функціональних змін органів і систем при тавмуванні спинного мозку різного ступеня і рівня пошкодження лишається актуальною і перспективною для подальших наукових розробок, досліджень і впроваджень.

Висновки. Проблема системних дисфункцій після спинномозкової травми залишається надзвичайно актуальною і поки-що не достатньо вивченою. Такий напрям експериментальних досліджень, як моделювання дисфункційних станів кишківника після травми спинного мозку різного рівня на щурах є перспективним і обнадійливим. Дієвими методами корекції вищеописаних дисфункційних післятравматичних станів, пов'язаних з травмою спинного мозку, на думку вчених є розробка нових методів стимуляції спинного мозку, адаптованих до різних систем організму, використання моделюючої здатності мікробіому товстої кишки, медикаментозної корекції, а для скелетної мускулатури – ранньої стимуляції м'язів з використанням інгібіторів дегенерації.

Список використаної літератури

1. Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M, Wing PC. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology. *Spinal Cord*. 2014 Feb;52(2):110-6. doi: 10.1038/sc.2012.158.
2. Holmes GM, Blanke EN. Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2019 Oct;320:113009. doi: 10.1016/j.expneurol.2019.113009.
3. Biering-Sørensen B, Kristensen IB, Kjaer M, Biering-Sørensen F. Muscle after spinal cord injury. *Muscle Nerve*. 2009 Oct;40(4):499-519. doi: 10.1002/mus.21391.
4. Nemeth C, Banik NL, Haque A. Disruption of Neuromuscular Junction Following Spinal Cord Injury and Motor Neuron Diseases. *Int J Mol Sci*. 2024 Mar 20;25(6):3520. doi: 10.3390/ijms25063520. PMID: 38542497; PMCID: PMC10970763
5. Dos Santos ACR, Laurindo RP, Pestana FM, Heringer LDS, Canedo NHS, Martinez AMB, Marques SA. Exercise Volume Can Modulate the Regenerative Response to Spinal Cord Injury in Mice. *Neurotrauma Rep*. 2024 Jul 31;5(1):721-737. doi: 10.1089/neur.2024.0023.
6. Kok HJ, Fletcher DB, Oster JC, Conover CF, Barton ER, Yarrow JF. Transcriptomics reveals transient and dynamic muscle fibrosis and atrophy differences following spinal cord injury in rats. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024 Aug;15(4):1309-1323. doi: 10.1002/jcsm.13476.
7. Xu X, Talifu Z, Zhang CJ, Gao F, Ke H, Pan YZ, Gong H, Du HY, Yu Y, Jing YL, Du LJ, Li JJ, Yang DG. Mechanism of skeletal muscle atrophy after spinal cord injury: A narrative review. *Front Nutr*. 2023 Mar 3;10:1099143. doi: 10.3389/fnut.2023.1099143. PMID: 36937344; PMCID: PMC10020380
8. Otzel DM, Kok HJ, Graham ZA, Barton ER, Yarrow JF. Pharmacologic approaches to prevent skeletal muscle atrophy after spinal cord injury. *Curr Opin Pharmacol*. 2021 Oct;60:193-199. doi: 10.1016/j.coph.2021.07.023. Epub 2021 Aug 28. PMID: 34461564; PMCID: PMC9190029.
9. Camilleri M. Gastrointestinal motility disorders in neurologic disease. *J Clin Invest*. 2021 Feb 15;131(4):e143771. doi: 10.1172/JCI143771. PMID: 33586685; PMCID: PMC7880310.
10. Gao T. Structural changes of rectal smooth muscle after spinal cord injury in rats. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Medical Science)*; (12): 963-968, 2019.
11. White AR, Holmes GM. Anatomical and Functional Changes to the Colonic Neuromuscular Compartment after Experimental Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma*. 2018 May 1;35(9):1079-1090. doi: 10.1089/neu.2017.5369.
12. Frias B, Phillips AA, Squair JW, Lee AHX, Laher I, Krassioukov AV. Reduced colonic smooth muscle cholinergic responsiveness is associated with impaired bowel motility after chronic experimental high-level spinal cord injury. *Auton Neurosci*. 2019 Jan;216:33-38. doi: 10.1016/j.autneu.2018.08.005.
13. Xu P, Guo S, Xie Y, Liu Z, Liu C, Zhang X, Yang D, Gong H, Chen Y, Du L, Yu Y, Yang M. Effects of highly selective sympathectomy on neurogenic bowel dysfunction in spinal cord injury rats. *Sci Rep*. 2021 Aug 5;11(1):15892. doi: 10.1038/s41598-021-95158-5.

14. Ramp A, Holmes GM. (2019). Investigating neurogenic bowel in experimental spinal cord injury: Where to begin? *Neural Regen Res.* 2019 Feb;14(2):222-226. doi: 10.4103/1673-5374.244779.
15. Furness JB, Callaghan BP, Rivera LR, Cho HJ. The enteric nervous system and gastrointestinal innervation: integrated local and central control. *Adv Exp Med Biol.* 2014;817:39-71. doi: 10.1007/978-1-4939-0897-4_3.
16. White AR, Werner CM, Holmes GM. Diminished enteric neuromuscular transmission in the distal colon following experimental spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2020 Sep;331:113377. doi: 10.1016/j.expneurol.2020.113377.
17. Sharkey KA, Mawe GM. The enteric nervous system. *Physiol Rev.* 2023 Apr 1;103(2):1487-1564. doi: 10.1152/physrev.00018.2022.
18. Torres RD, Rashed H, Mathur P, Castillo C, Abell T, de Paleville DGL. Autogenic biofeedback training improves autonomic responses in a participant with cervical motor complete spinal cord injury- case report. *Spinal Cord Ser Cases.* 2023 Jul 12;9(1):31. doi: 10.1038/s41394-023-00593-3.
19. Blanke EN, Ruiz-Velasco V, Holmes GM. Spinal cord injury-mediated changes in electrophysiological properties of rat gastric nodose ganglion neurons. *Exp Neurol.* 2022 Feb;348:113927. doi: 10.1016/j.expneurol.2021.113927.
20. de Jesus LB, Frota AF, de Araújo FM, Jesus RLCd, Costa MdFD, de Vasconcelos DF SA et al. Effect of the Flavonoid Rutin on the Modulation of the Myenteric Plexuses in an Experimental Model of Parkinson's Disease. *Int J Mol Sci.* 2024; 25(2):1037. <https://doi.org/10.3390/ijms25021037>.
21. Sachdeva R, Hutton G, Marwaha AS, Krassioukov AV. Morphological maladaptations in sympathetic preganglionic neurons following an experimental high-thoracic spinal cord injury. *Exp Neurol.* 2020 May;327:113235. doi: 10.1016/j.expneurol.2020.113235.
22. Dieffenbach SS, Shoval HA. Treatment of postprandial hypotension with acarbose in an adult with cervical spinal cord injury: a case report. *Spinal Cord Ser Cases.* 2023 Dec 18;9(1):56. doi: 10.1038/s41394-023-00613-2. PMID: 38110351; PMCID: PMC10728054.
23. Hernandez EA, Sherman JH. Dural manipulation coinciding with transient asystole during lumbar spine surgery: illustrative case. *J Neurosurg Case Lessons.* 2024 Oct 28;8(18):CASE24158. doi: 10.3171/CASE24158. PMID: 39467316; PMCID: PMC11525756.
24. Hodgkiss DD, Williams AMM, Shackleton CS, Samejima S, Balthazaar SJT, Lam T, Krassioukov AV, Nightingale TE. Ergogenic effects of spinal cord stimulation on exercise performance following spinal cord injury. *Front Neurosci.* 2024 Aug 29;18:1435716. doi: 10.3389/fnins.2024.1435716. PMID: 39268039; PMCID: PMC11390595.
25. Lefèvre C, Le Roy C, Bessard A. Region-specific remodeling of the enteric nervous system and enteroendocrine cells in the colon of spinal cord injury patients. *Sci Rep* 13, 16902 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44057-y>.
26. Fung TC, Olson CA, Hsiao EY. Interactions between the microbiota, immune and nervous systems in health and disease. *Nat Neurosci.* 2017 Feb;20(2):145-155. doi: 10.1038/nn.4476.
27. Hamilton AM, Sampson TR. Traumatic spinal cord injury and the contributions of the post-injury microbiome. *Int Rev Neurobiol.* 2022;167:251-290. doi:10.1016/bs.irm.2022.06.003.
28. Zhang Z, Cheng N, Liang J, Deng Y, Xiang P, Hei Z, Li X. Gut microbiota changes in animal models of spinal cord injury: a preclinical systematic review and meta-analysis. *Ann Med.* 2023;55(2):2269379. doi: 10.1080/07853890.2023.2269379
29. Doelman AW, Streijger F, Majerus SJA, Damaser MS, Kwon BK. Assessing Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction after Spinal Cord Injury: Animal Models in Preclinical Neuro-Urology Research. *Biomedicines.* 2023 May 26;11(6):1539. doi: 10.3390/biomedicines11061539.
30. Ferreira A, Sousa Chambel S, Avelino A, Nascimento D, Silva N, Duarte Cruz C. Urinary dysfunction after spinal cord injury: Comparing outcomes after thoracic spinal transection and contusion in the rat. *Neuroscience.* 2024 Oct 4;557:100-115. doi: 10.1016/j.neuroscience.2024.08.015.

References

1. Lee B. B., Cripps R. A., Fitzharris M., Wing P. C. (2014) The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology. *Spinal Cord.* Vol. 52, № 2. P. 110-116. doi: 10.1038/sc.2012.158.
2. Holmes G. M., Blanke E. N. (2019) Gastrointestinal dysfunction after spinal cord injury. *Exp Neurol.* Vol. 320. 113009. doi: 10.1016/j.expneurol.2019.113009.
3. Biering-Sorensen B., Kristensen I. B., Kjaer M., Biering-Sorensen F. (2009) Muscle after spinal cord injury. *Muscle Nerve.* Vol. 40, № 4. P. 499-519. doi: 10.1002/mus.21391.
4. Nemeth C., Banik N. L., Haque A. (2024) Disruption of Neuromuscular Junction Following Spinal Cord Injury and Motor Neuron Diseases. *Int J Mol Sci.* Vol. 25, № 6. 3520. doi: 10.3390/ijms25063520.
5. Dos Santos A. C. R., Laurindo R. P., Pestana F. M., Heringer L. D. S., Canedo N. H. S. et al. (2024) Exercise Volume Can Modulate the Regenerative Response to Spinal Cord Injury in Mice. *Neurotrauma Rep.* Vol. 5, № 1. P. 721-737. doi: 10.1089/neur.2024.0023.
6. Kok H. J., Fletcher D. B., Oster J. C., Conover C. F., Barton E. R., Yarrow J. F. (2024) Transcriptomics reveals transient and dynamic muscle fibrosis and atrophy differences following spinal cord injury in rats. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* Vol. 15, № 4. P. 1309-1323. doi: 10.1002/jcsm.13476.
7. Xu X., Talifu Z., Zhang C. J., Gao F., Ke H., Pan Y. Z., Gong H., Du H. Y., Yu Y., Jing Y. L., Du L. J., Li J. J., Yang D. G. (2023) Mechanism of skeletal muscle atrophy after spinal cord injury: A narrative review. *Front Nutr.* Vol. 10. 1099143. doi: 10.3389/fnut.2023.1099143. PMID: 36937344; PMCID: PMC10020380

8. Otzel D. M., Kok H. J., Graham Z. A., Barton E. R., Yarrow J. F. (2021) Pharmacologic approaches to prevent skeletal muscle atrophy after spinal cord injury. *Curr Opin Pharmacol.* Vol. 60. P. 193-199. doi: 10.1016/j.coph.2021.07.023. Epub 2021 Aug 28. PMID: 34461564; PMCID: PMC9190029.
9. Camilleri M. (2021) Gastrointestinal motility disorders in neurologic disease. *J Clin Invest.* Vol. 131, № 4. e143771. doi: 10.1172/JCI143771. PMID: 33586685; PMCID: PMC7880310.
10. Gao T. (2019) Structural changes of rectal smooth muscle after spinal cord injury in rats. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Medical Science).* Vol. 12. P. 963-968.
11. White A. R., Holmes G. M. (2018) Anatomical and Functional Changes to the Colonic Neuromuscular Compartment after Experimental Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma.* Vol. 35, № 9. P. 1079-1090. doi: 10.1089/neu.2017.5369.
12. Frias B., Phillips A. A., Squair J. W., Lee A. H. X., Laher I., Krassioukov A. V. (2019) Reduced colonic smooth muscle cholinergic responsiveness is associated with impaired bowel motility after chronic experimental high-level spinal cord injury. *Auton Neurosci.* Vol. 216, P. 33-38. doi: 10.1016/j.autneu.2018.08.005.
13. Xu P., Guo S., Xie Y., Liu Z., Liu C., Zhang X. et al (2021) Effects of highly selective sympathectomy on neurogenic bowel dysfunction in spinal cord injury rats. *Sci Rep.* Vol. 11, № 1. 15892. doi: 10.1038/s41598-021-95158-5.
14. Ramp A, Holmes GM. (2019). Investigating neurogenic bowel in experimental spinal cord injury: Where to begin? *Neural Regen Res.* 2019 Feb;14(2):222-226. doi: 10.4103/1673-5374.244779.
15. Furness J. B., Callaghan B. P., Rivera L. R., Cho H. J. (2014) The enteric nervous system and gastrointestinal innervation: integrated local and central control. *Adv Exp Med Biol.* Vol. 14, № 817. P. :39-71. doi: 10.1007/978-1-4939-0897-4_3.
16. White A. R., Werner C. M., Holmes G. M. (2020) Diminished enteric neuromuscular transmission in the distal colon following experimental spinal cord injury. *Exp Neurol.* Vol. 331. 113377. doi: 10.1016/j.expneurol.2020.113377.
17. Sharkey K. A., Mawe G. M. (2023) The enteric nervous system. *Physiol Rev.* Vol. 103, № 2. P. 1487-1564. doi: 10.1152/physrev.00018.2022.
18. Torres R. D., Rashed H., Mathur P., Castillo C., Abell T., de Paleville D. G. L. (2023) Autogenic biofeedback training improves autonomic responses in a participant with cervical motor complete spinal cord injury- case report. *Spinal Cord Ser Cases.* Vol. 9, № 1. P. 31. doi: 10.1038/s41394-023-00593-3.
19. Blanke E. N., Ruiz-Velasco V., Holmes G. M. (2022) Spinal cord injury-mediated changes in electrophysiological properties of rat gastric nodose ganglion neurons. *Exp Neurol.* Vol. 348. 113927. doi: 10.1016/j.expneurol.2021.113927.
20. de Jesus L. B., Frota A. F., de Araújo F. M., Jesus R. L. C., Costa M. F. D., de Vasconcelos D. F. et al. (2024) Effect of the Flavonoid Rutin on the Modulation of the Myenteric Plexuses in an Experimental Model of Parkinson's Disease. *Int J Mol Sci.* Vol. 25, № 2. 1037. <https://doi.org/10.3390/ijms25021037>.
21. Sachdeva R., Hutton G., Marwaha A. S., Krassioukov A. V. (2020) Morphological maladaptations in sympathetic preganglionic neurons following an experimental high-thoracic spinal cord injury. *Exp Neurol.* Vol. 327. 113235. doi: 10.1016/j.expneurol.2020.113235.
22. Dieffenbach S. S., Shoval H. A. (2023) Treatment of postprandial hypotension with acarbose in an adult with cervical spinal cord injury: a case report. *Spinal Cord Ser Cases.* Vol. 9, № 1. 56. doi: 10.1038/s41394-023-00613-2. PMID: 38110351; PMCID: PMC10728054.
23. Hernandez E. A., Sherman J. H. (2024) Dural manipulation coinciding with transient asystole during lumbar spine surgery: illustrative case. *J Neurosurg Case Lessons.* Vol. 8, № 18. CASE24158. doi: 10.3171/CASE24158. PMID: 39467316; PMCID: PMC11525756.
24. Hodgkiss D. D., Williams A. M. M., Shackleton C. S., Samejima S., Balthazaar S. J. T., Lam T. et al. (2024) Ergogenic effects of spinal cord stimulation on exercise performance following spinal cord injury. *Front Neurosci.* Vol. 18. 1435716. doi: 10.3389/fnins.2024.1435716. PMID: 39268039; PMCID: PMC11390595.
25. Lefèvre C., Le Roy C., Bessard A. (2023) Region-specific remodeling of the enteric nervous system and enteroendocrine cells in the colon of spinal cord injury patients. *Sci Rep.* Vol. 13. 16902. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44057-y>.
26. Fung T. C., Olson C. A., Hsiao E. Y. (2017) Interactions between the microbiota, immune and nervous systems in health and disease. *Nat Neurosci.* Vol. 20, № 2. P. 145 - 155. doi: 10.1038/nn.4476.
27. Hamilton A. M., Sampson T. R. (2022) Traumatic spinal cord injury and the contributions of the post-injury microbiome. *Int Rev Neurobiol.* Vol. 167. P. 251-290. doi:10.1016/bs.irm.2022.06.003.
28. Zhang Z., Cheng N., Liang J., Deng Y., Xiang P., Hei Z., Li X. (2023) Gut microbiota changes in animal models of spinal cord injury: a preclinical systematic review and meta-analysis. *Ann Med.* Vol. 55, № 2. 2269379. doi: 10.1080/07853890.2023.2269379
29. Doelman A. W., Streijger F., Majerus S. J. A., Damaser M. S., Kwon B. K. (2023) Assessing Neurogenic Lower Urinary Tract Dysfunction after Spinal Cord Injury: Animal Models in Preclinical Neuro-Urology Research. *Biomedicines.* Vol. 11, № 6. 1539. doi: 10.3390/biomedicines11061539.
30. Ferreira A., Sousa Chambel S., Avelino A., Nascimento D., Silva N., Duarte Cruz C. (2024) Urinary dysfunction after spinal cord injury: Comparing outcomes after thoracic spinal transection and contusion in the rat. *Neuroscience.* Vol. 557. P. 100-115. doi: 10.1016/j.neuroscience.2024.08.015.

Raskaliei V., Raskaliei T.

Morpho-functional disorders of the organs and systems under the control of the injured areas of the spinal cord

One of the most important problems of modern medicine and science is the damage to the central nervous system and the solution of the problems associated with them. Injuries of the central parts of the nervous system of varying degrees of severity have post-traumatic consequences not only locally, but also in organs and systems that receive neuro-trophic control from the damaged area of the brain or spinal cord. The degree and volume and level of injury to structures such as the spinal cord cause corresponding pathological changes in controlled organs and systems, triggering a chain reaction of secondary and tertiary distant changes. They should be researched and formatted like a map of morphological, biochemical, physiological and physical changes according to the term of damage, level, volume, strength. There is a large list of various methods of researching pathological changes in the spinal cord after receiving an injury of various degrees of severity. The interest of scientists in various fields of medical science has been firmly and long-term attached to the study of the problem of spinal cord regeneration after injury. There is a large developed material, obtained thanks to many years of research. However, there are still unexplained moments of the post-traumatic pathogenesis of some pathological conditions in the body of a spinal patient, the connection of which with a spinal cord injury must be scientifically proven in order to have a full chance of solving the problem.

An interesting study was conducted in an experiment on rats with the study of soleus muscle after spinal cord injury, which proved the importance of timely establishment of a therapeutic window for the treatment of pathological changes in muscle tissue in order to prevent irreversible morphological changes. It has been proven that the ratios of various structural components of myofibrils, muscle fibers, and loose connective tissue are subject to natural changes according to the terms after spinal cord injury of the spinal cord, especially of a low level, primarily leads to morpho-functional changes in the rectum and pelvic organs. The study of not only functional problems of the rectum, but also a detailed study of the sequence of morphological changes of all structures of its wall is extremely relevant. There is progress in creating a map of biochemical changes in the contractile proteins of the smooth muscle cells of the middle lining of the rectal wall. The clinical picture is also worsened by the addition of disorders of the urinary bladder in the form of urinary incontinence, a high probability of intestinal bleeding, which in general puts the problem in the rank of social problems with a high rating in relation to the quality of life of patients. After a severe spinal cord injury, which was accompanied by a complete transection of the spinal cord with a violation of the descending autonomic pathways passing through the spinal cord, intestinal dysfunction occurs, the mechanisms of which are not yet sufficiently understood. To further understand gut dysfunction after spinal cord injury, recent preclinical studies in rodents have used anorectal manometry. Clinical and experimental studies of the manifestations and complications of a high trauma of the thoracic or cervical spine with damage to the spinal cord of the corresponding areas have proven a high probability of delayed gastric emptying, early satiety, dysphagia, constipation, urinary incontinence, nausea, abdominal distention and abdominal pain. Recent findings have shown that enteric glial cells play an important role in various neurodegenerative disorders, such as Parkinsons disease, which is characterized by motor dysfunctions caused by the progressive loss of dopaminergic neurons in the substantia nigra of the brainstem and non-motor symptoms. including gastrointestinal dysfunction.

Given the systemic impact of spinal cord injury on all physiological systems, the last few years the attention of scientists has been focused on studying the role of the gut microbiome in restoring the work of the gastrointestinal tract.

The problem of systemic dysfunctions after a spinal cord injury remains extremely relevant and still not sufficiently studied. Effective methods of their correction, according to scientists, are the use of the modeling ability of the colon microbiome, drug correction. It is promising to study the maximum possible changes in organs and systems that occur in the period after receiving a spinal cord injury, systematic data processing and creation of maps of the correspondence of spinal cord morphological, physiological, biochemical changes to changes in controlled and uncontrolled organs and systems.

Keywords: *spinal cord injury, colon, smooth muscle tissue, intestinal dysfunction, neurotrophic control, gastrointestinal tract.*

Одержано редакцією: 19.11.24

Прийнято до публікації: 11.12.24

Відомості про авторів

Артеменко Богдан Олександрович – к.б.н., ст. викладач, ЧНУ ім. Б. Хмельницького, кафедра спортивних ігор

Бабак Світлана Віталіївна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін, Навчально-науковий інститут здоров'я, реабілітації та фізичного виховання, Національний університет фізичного виховання і спорту України

Бакуновський Олександр Миколайович – Викладач кафедри медико-біологічних дисциплін, Навчально-науковий інститут здоров'я, реабілітації та фізичного виховання, Національний університет фізичного виховання і спорту України

Богдановський Ігор Васильович – к. пед.н., доцент кафедри теорії та методики фізичного виховання, Навчально-наукового інституту охорони здоров'я, Національний університет водного господарства та природокористування

Бріжата Ірина Анатоліївна – кандидат педагогічних наук, доцент, Сумський державний університет

Бугаєнко Тетяна Вікторівна – кандидат педагогічних наук, доцент, Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка

Виноградов Валерій Євгенович – д.б.н., професор кафедри спорту та фітнесу, Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

Гончаренко Ігор Вікторович д.б.н., професор, професор кафедри медичної біології і спортивної дієтології Національного університета фізичного виховання і спорту України

Дегтяренко-Мельник Тетяна Володимирівна – д.мед.н, професор, Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського

Дзюник Іван Сергійович – аспірант кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Дроздовська Світлана Богданівна – д.б.н., професор, професор кафедри медичної біології і спортивної дієтології Національного університета фізичного виховання і спорту України

Ейдельштейн Геннадій Борисович – викладач, ХНУПС ім. Кожедуба, кафедра авіаційного обладнання та комплексів повітряної розвідки

Ільїн Володимир Миколайович – д.б.н., професор, професор кафедри медичної біології і спортивної дієтології Національного університета фізичного виховання і спорту України

Каленіченко Олексій Володимирович – кандидат біологічних наук, доцент завідувач кафедри спортивних дисциплін, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Клименко Оксана Олександрівна – кандидат медичних наук, науковий співробітник, Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

Коваленко Станіслав Олександрович – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри спортивних дисциплін, 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

Колесник Анна Сергіївна – доктор філософії, Сумський державний університет

Лизогуб Володимир Сергійович – д.б.н., професор, директор Науково-дослідного інституту фізіології імені М. Босого

Лук'янцева Галина Володимирівна – д.б.н., професор, професор кафедри медичної біології і спортивної дієтології Національного університета фізичного виховання і спорту України

Луць Юлія Петрівна – викладач кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України

Малюга Сергій Сергійович – кандидат біологічних наук, викладач, Національний університет фізичного виховання і спорту України

Пастухова Вікторія Анатоліївна – д.м.н., професор, зав. кафедри медичної біології і спортивної дієтології Національного університету фізичного виховання і спорту України

Полторацька Ілана Євгенівна – здобувачка вищої освіти першого (бакалаврського) рівня 2 курсу, Навчально-науковий інститут здоров'я, реабілітації та фізичного виховання, Національний університет фізичного виховання і спорту 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

Федяй Ірина Олександрівна – PhD зі спеціальності 091 біологія, доцент кафедри медико-біологічних основ спорту та фізичної культури, Харківська державна академія фізичної культури

Філіппов Михайло Михайлович – д.б.н., проф. кафедри медико-біологічних дисциплін, Національний університет фізичного виховання і спорту України

Хоменко Сергій Миколайович – к.б.н., доцент, ЧНУ ім. Б. Хмельницького, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації

ЗМІСТ

Артеменко Б. О., Пустовалов В. О., Хоменко С. М., Богдановський І. В., Ейдельштейн Г. Б. Психофізіологічні особливості здоров'я військовослужбовців в умовах війни.....	4
Бакуновський О. М., Клименко О. О., Полторацька І. Є., Бабак С. В. Вплив відновленого нікотинамідаденіндинуклеотиду на толерантність до фізичного навантаження.....	12
Дегтяренко-Мельник Т. В. Актуальність подальшої розробки проблеми професійної надійності в контексті психофізіологічної експертизи	20
Ільїн В. М., Філіппов М. М., Виноградов В. Є. Характеристика фізичної працездатності у спортсменів без ознак та з ознаками хронічної втоми.....	29
Каленіченко О. В., Дзюник І. С., Федяй І. О., Коваленко С. О. Варіабельність показників гемодинаміки та їх синхронізм у спортсменів, які тренують витривалість	35
Колесник А. С., Кожемяко Т. В., Брижата І. А., Бугаєнко Т. В. Зв'язок генетично-детермінованих індивідуально -типологічних властивостей з характером психофізіологічних функцій дітей 5-7 років.....	43
Lyzohub V. S., Salivonchuk I. I., Pustovalov V. O., Kozhemiako T. V. Statokinetic stability of football players and its relationship with individual-typological properties of the nervous system.....	51
Лук'янцева Г. В., Бакуновський О. М., Пастухова В. А., Дроздовська С. Б., Бабак С. В., Ільїн В. М., Малюга С. С. Вплив стато-динамічних вправ на параметри серцево-судинної системи при заняттях силовим фітнесом.....	59
Лук'янцева Г. В., Ільїн В.М., Дроздовська С.Б., Гончаренко І.В., Пастухова В.А. Особливості нейро-гуморальної регуляції скоротливої активності гладком'язової тканини товстої кишки	69
Луць Ю. П., Бакуновський О. М., Лук'янцева Г. В., Федорчук С. В. Особливості варіабельності серцевого ритму у кіберспортсменів в порівнянні з ІТ-спеціалістами та нетренованими особами.....	83
Пастухова В. А., Зінченко С. В. Зміни психофізіологічного стану кваліфікованих спортсменів-веслувальників при використанні оклюзійної шини (капи).....	101
Раскалей В. Б., Раскалей Т. Я. Морфо-функціональні порушення органів і систем, підконтрольних травмованій ділянці спинного мозку	112
Відомості про авторів	121

CONTENT

Artemenko B. O., Pustovalov V. O., Khomenko S. M., Bohdanovskiy I. V., Eidelshtein G. B. Characteristics of the psycho-physiological health of military servants in the conditions of performing the service	4
Bakunovskiy O., Klymenko O, Poltoratska I, Babak S. Effect of reduced nicotinamide adenine dinucleotide on tolerance to physical exercise.....	12
Degtyarenko-Melnyk T. Relevance of further development of the problem of professional reliability in the context of psychophysiological examination	20
Ilyin V. M., Filippov M. M., Vinogradov V. E. Features of physical performance in athletes without and with signs of chronic fatigue	29
Kalenichenko O., Dziunyk I., Fediai I., Kovalenko S. Hemodynamic fluctuations and their synchronization in endurance athletes.....	35
Kolesnyk A. S., Kozhemiako T. V., Brizhata I. A., Buhaienko T. V. Relationship of genetically-determined individual-typological properties with the character of psycho-physiological functions of children 5-7 years old	43
Lyzohub V. S., Salivonchyk I. I., Pustovalov V. O., Kozhemiako T. V. Statokinetic stability of football players and its relationship with individual-typological properties of the nervous system.....	51
Lukyantseva H. V., Bakunovskiy O. M., Pastukhova V. A., Drozdovska S. B., Babak S. V., Ilyin V. M., Malyuga S. S. The influence of stato-dynamic exercises on the parameters of the cardiovascular system during strength fitness.....	59
Lukyantseva H. V., Ilyin V. M., Drozdovska S. B., Goncharenko I. V., Pastukhova V. A. Features of neurohumoral regulation of contractile activity of colon smooth muscle tissue.....	60
Luts Yu. P., Lukyantseva H. V., Bakunovskiy O. M., Fedorchuk S. V. Features of indicators of heart rhythm variability in cyber-athletes compared to it specialists and untrained persons	83
Pastukhova V. A., Zinchenko S. V. Changes in the psychophysiological state of qualified rowers when using an occlusive splint (mouth guard).....	101
Raskaliei V., Raskaliei T. Morpho-functional disorders of the organs and systems under the control of the injured areas of the spinal cord.....	112
Information about the authors	121

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія біологічні науки
№ 2. 2024

Відповідальний за випуск
Лизогуб В. С.

Відповідальний секретар:
Светлова О. Д.

Комп'ютерне верстання
Любченко Л. Г.

Підписано до друку 24.12.2024.
Формат 84x108/16. Папір офсет. Друк офсет. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 10,8. Обл. вид. арк. 11,5.
Замовлення № 271. Тираж 300 прим.