

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

ISSN 2076-5835

INDEX  COPERNICUS
I N T E R N A T I O N A L

ICV 2015: 54.30

ВІСНИК ЧЕРКАСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серія
БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

Науковий журнал

Виходить 2 рази на рік

Заснований у березні 1997 року

№1. 2017

Черкаси – 2017

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

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

Для широкого кола науковців, викладачів, аспірантів та студентів.

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

Випуск №1 наукового журналу Вісник Черкаського університету, серія «Біологічні науки» рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (протокол №7 від 12.05.2017 року).

Журнал індексується у міжнародній наукометричній базі Index Copernicus (ICV 2015:54.30) та реферується Українським реферативним журналом «Джерело» (засновники: Інститут проблем реєстрації інформації НАН України та Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського), індексується Google Scholar.

Головна редакційна колегія:

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

Редакційна колегія серії:

Лизогуб В.С., д.б.н., проф. (відповідальний редактор); Черненко-Курагіна Н.П., к.б.н. (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.; Білоножко В.Я., д.с.-г.н., проф.; Боечко Ф.Ф., член-кор. НАПН України, д.б.н., проф.; Гаврилюк М.Н., к.б.н., доц.; Коваленко С.О., д.б.н., проф.; Ковтун М.Ф., д.б.н., проф.; Конограй В.А., к.б.н., доц.; Макаренко М.В., д.б.н., проф.; Макарчук М.Ю., д.б.н., проф.; Мельник Т.О., к.б.н., доц.; Міщенко В.С., д.б.н., проф. (Польща); Освальд Руксенас, д.б.н., проф. (Литва); Харченко Д.М., д.психол.н., к.б.н., проф.

За зміст публікації відповідальність несуть автори.

Адреса редакційної колегії:

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

Тел. (0472) 45-44-23

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

e-mail: nataliya-cherненко2013@yandex.ua

© Черкаський національний
університет, 2016

ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНІ КОРЕЛЯТИ ЗАСВОЄННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ЧИТАННІ ТЕКСТУ З ПАПЕРОВИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ НОСІЇВ

Поступове заміщення паперових видань на електронні є сучасним трендом в книговидавництві. Попри очевидні економічні, екологічні та ергономічні переваги використання електронних носіїв інформації в науковій літературі бракує досліджень щодо ефективності її засвоєння у порівнянні до традиційних паперових видань. Тому, метою роботи стало дослідження особливостей сприйняття інформації з електронних та паперових носіїв. У дослідженні взяло участь 43 студенти. Для читання їм було запропоновано 2 уривки тексту з художньої та науково-популярної літератури, що були презентовані в PDF-файлі електронної книги та в друкованому примірник. Під час читання текстів реєстрували електричну активність мозку за допомогою електроенцефалографа. Рівень розуміння та засвоєння прочитаного перевіряли за допомогою тестування щодо змісту тексту одразу після читання та через 2 тижні. Порівняльний ЕЕГ-аналіз не виявив значущих відмінностей спектральної потужності досліджуваних діапазонів під час читання паперової та електронної книги ні для наукового, ні для художнього тексту. Не виявлено різниці в засвоєнні тексту одразу після прочитання (художній текст: паперова версія 6 [4;7], електронна версія 7 [5;7]; науковий текст: паперова версія 6 [4;7], електронна версія 6 [4;7]). Різниця в довготривалому засвоєнні інформації (через 2 тижні) також не встановлено: (художній текст: паперова версія 4 [3;5], електронна версія 5 [4;6]; науковий текст: паперова версія 5 [4;6], електронна версія 6 [5;7]). Проте, виявлено певні міжстатеві відмінності: у чоловіків спостерігається більша кількість правильних відповідей на тестування одразу ж після читання наукового тексту, ніж у жінок. Відмінностей амплітудно-частотних характеристик ЕЕГ під час читання паперової та електронної книги не виявлено. Досліджено ЕЕГ-кореляти кращого засвоєння тексту залежно від носія інформації: художній текст – менша спектральна потужність в альфа та дельта-діапазонах ЕЕГ; науковий текст – менша спектральна потужність в бета-діапазоні та більша потужність тета-ритму під час читання.

Ключові слова: читання, паперові книги, електронні книги, ЕЕГ, засвоєння інформації, пам'ять, мозок.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. В сучасному інформаційному середовищі спостерігається постійний перехід від читання текстів з книг до екрану, що зумовлено збільшенням числа цифрових пристроїв для читання (комп'ютери і ноутбуки, електронні книги, планшетні пристрої, смартфони). На даному етапі, люди все більше віддають перевагу читанню з електронних носіїв паперовим варіантам тих же книг [1]. В зв'язку з цим, актуальним є вирішення наступних питань: чи є різниця в обробці та засвоєнні інформації прочитаної з електронної версії в порівнянні з друкованим виданням? Чи впливає це на розуміння студентами прочитаного і засвоєння?

Дана тема всебічно висвітлюється в різноманітних дослідженнях. Наприклад, зустрічаються роботи, в яких досліджують ефективність запам'ятовування інформації з різних носіїв з метою зменшення витрат на навчальні підручники [2]. Також є декілька досліджень, які оцінюють продуктивність читання з паперу та екрану у дітей [3]. Проте вони побудовані виключно на тестуваннях, якими перевіряли рівень розуміння та засвоєння тексту. Тому наше дослідження є актуальним, оскільки сьогоднішній день обмаль робіт [1,4,5], в яких би проводили не тільки аналіз швидкості читання та відтворення інформації, але й аналізували роботу мозку під час цих же дій. Ще одним аспектом даного дослідження є спроба виявити ті мозкові процеси під час читання, що супроводжують ефективно відтворення матеріалу в подальшому. Чому одним вдається краще запам'ятати матеріал, а іншим ні? Саме ці питання і є головною темою нашої роботи.

Матеріал та методи

У дослідженні взяло участь 43 студенти 17-21 років, серед яких було 23 дівчат і 20 хлопців. Обстежуваних було поділено на 2 групи: студенти, які працювали з паперовим носієм ($n=22$) та студенти, які використовували електронний носій ($n=21$). Було підібрано два уривки тексту (з художньої та науково-популярної літератури, що були презентовані в PDF-файлі електронної книги та в друкованому примірнику), які мали прочитати обстежувані. Після прочитання кожного тексту учасникам одразу ж давали тестові запитання до змісту тексту, чим перевіряли розуміння та рівень засвоєння прочитаної інформації. Через 2 тижні проводились повторні тести.

В ході експерименту відбувалась реєстрація ЕЕГ за наступною схемою: в стані спокою (закриті очі) – 1 хв., читання художнього тексту – 3 хв., стан спокою (закриті очі) – 1 хв., тестування – 3 хв. Така ж схема використовувалась для читання наукового тексту. Для роботи використовувався діагностичний комплект «Нейрон-Спектр» (ООО «Нейрософт», Росія). Реєстрацію ЕЕГ проводили монополярно у 16 симетричних відведеннях. В якості референтного електрода використовували іпсилатеральний вушний електрод. Електроди розміщувались за міжнародною системою 10-20% у 16 симетричних точках поверхні голови: префронтальних (Fp1/Fp2), середньо-фронтальних (F3/F4), латерально-фронтальних (F7/F8), центральних (C3/C4), передніх (T3/T4) та задніх скроневих (T5/T6), тім'яних (P3/P4) та потиличних (O1/O2). Для аналізу ЕЕГ – показників використовувались лише безартефактні фрагменти запису. Обчислювали амплітудно-частотні характеристики ЕЕГ в наступних діапазонах: дельта (0,5 - 3 Гц), тета (4 - 7 Гц), альфа (8 - 12 Гц), бета низькочастотний (13 - 19 Гц), бета високочастотний (20 – 35 Гц).

Статистичний аналіз проводився за допомогою пакету STATISTICA 10.0 (Statsoft, USA, 2011). При порівнянні залежних вибірок застосовували непараметричний Т-критерій знакових рангів Вілкоксона, при порівнянні незалежних – Мана-Уїтні. Критичний рівень значущості міжгрупових відмінностей при перевірці статистичної гіпотези приймався рівним $p=0,05$. Для опису вибіркового розподілу вказували медіани та міжквартильний розкид (Me [25%; 75%]).

Результати та обговорення

Опрацювавши отримані результати, ми не виявили значущих відмінностей спектральної потужності в досліджуваних діапазонах ЕЕГ під час читання паперової та електронної книги (рис. 1).

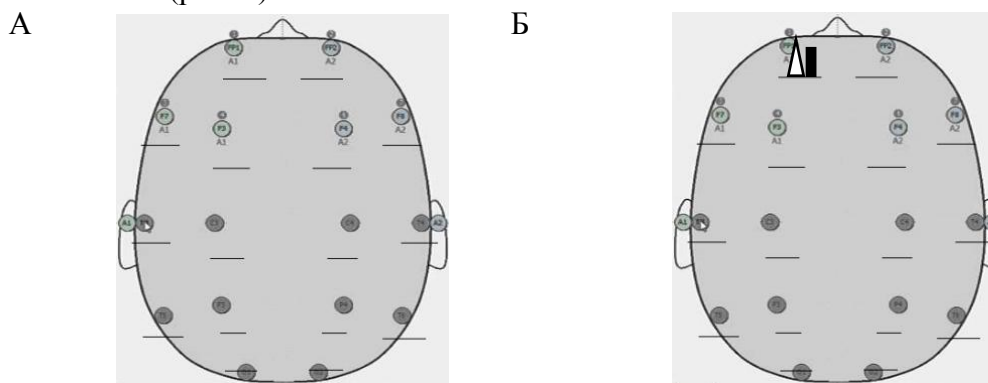


Рис. 1. Топокарти значущих відмінностей спектральної потужності (СП) основних ритмів ЕЕГ обстежуваних: А – під час читання паперового носія відносно електронного (П/Е); Б – під час пригадування (П/Е).

Примітки: горизонтальною лінією вказана відсутність вірогідної різниці між значеннями СП у відповідних відведеннях. Знак над рисочкою – зростання показника, знак під рисочкою – зниження показника.

■ – зміни СП альфа-ритму; ▲ – зміни СП дельта-ритму

Під час пригадування матеріалу одразу ж після прочитання паперової версії зареєстровано більшу СП в альфа- та дельта-діапазоні в лівому префронтальному відведенні порівняно із електронним варіантом тексту. Хоча одиничний показник не може свідчити про суттєві відмінності, можемо припустити, що вилучення інформації з оперативної пам'яті відбувалось при менших енергетичних затратах після читання паперової книги.

В подальшому аналізі результатів тестування ми не отримали жодної різниці в якості засвоєння інформації. Обстежувані, які працювали з паперовою та електронною книгою відтворювали інформацію на однаковому рівні (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість правильних відповідей на тестування по визначенню рівня засвоєння тексту (Медіана; 25%; 75%)

Тип тексту	Тестування одразу після прочитання		Тестування через 2 тижні після прочитання	
	Паперова книга	Електронна книга	Паперова книга	Електронна книга
Художній	6 [4;7]	7 [5;7]	4 [3;5]	5 [4;6]
Науковий	6 [4;7]	6 [4;7]	5 [4;6]	6 [5;7]

Проте, проаналізувавши кількість правильних відповідей з урахуванням статі обстежуваних було отримано певні відмінності. У чоловіків спостерігається більша кількість правильних відповідей в тестуванні одразу ж після читання наукового тексту, ніж у жінок, і цей ефект простежувався і в групі з паперовим, і з електронним текстом (табл.2). Це може бути зумовлено тим, що чоловікам більш властиве просторове та конкретне мислення (науковий текст стосувався географічних даних), коли жінки більш здатні до запам'ятовування деталей (емоції, кольори, описи) [6].

Таблиця 2

Кількість правильних відповідей на тестування по визначенню рівня засвоєння тексту залежно від статі (Медіана; 25%; 75%)

Стать	Паперова книга		Електронна книга	
	Художній текст	Науковий текст	Художній текст	Науковий текст
	Одразу після читання			
Чоловіки (n=20)	7 [4;8]	7 [6;8]*	7 [6;7]	7 [6;7]*
Жінки (n=23)	6 [4;7]	4 [2;6]	6 [5;7]	4 [4;6]
Через 2 тижні після читання				
Чоловіки (n=20)	5 [4;5]	6 [5;6]	4 [3;5]	7 [6;7]*
Жінки (n=23)	4 [3;6]	5 [4;7]	5 [4;6]	6 [4;6]

Примітка: *- $p < 0,05$ – вірогідна різниця в порівнянні з результатами представниць жіночої статі.

Кореляційний аналіз електричної активності мозку під час читання та короткочасного засвоєння інформації різного типу. Було проведено кореляційний аналіз ЕЕГ показників з кількістю відповідей у тестах та отримано ряд значущих кореляцій. Так, виявлена кореляція між кількістю правильних відповідей щодо змісту художнього тексту одразу після прочитання з потужністю тета-ритму в правих лобно-центрально-ділянках (рис. 2). Кількість правильних відповідей після прочитання наукового тексту обернено корелювала з потужністю низькочастотного бета-діапазону у лівих задньо-скроневих та потиличній ділянках ($r = -0,32$).

Таким чином, для короткочасного утримання в пам'яті деталей художнього тексту важливим є синхронізація нейронних мереж правої півкулі на частоті тета-ритму, що відображує цілісність сприйняття інформації такого роду, ймовірно через емоційні художні образи у обстежуваних. Відтворення змісту наукового тексту було більш ефективним у тих учасників досліджу, в яких реєстрували меншу СП в бета-діапазоні в лівій півкулі, що свідчить про меншу активність залучених в читання асоціативних ділянок лівої півкулі мозку. Можна припустити, що в таких обстежуваних даний текст сприймався з меншими зусиллями, ймовірно в силу їх доброї налаштованості на сприйняття інформації.

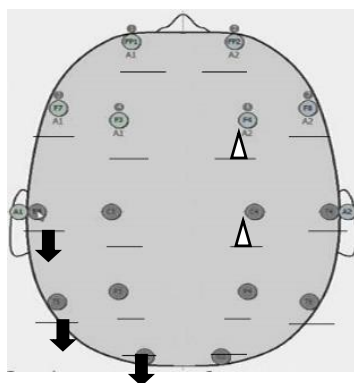


Рис. 2. Значущі коефіцієнти кореляції (r) між СП досліджуваних діапазонів ЕЕГ під час читання й кількістю правильних відповідей одразу після прочитання.

Примітка: горизонтальною лінією вказана відсутність кореляції між значеннями СП у відповідних відведеннях та кількістю правильних відповідей на тестування одразу після прочитання. Знак над рисочкою: $r \geq +0,3$ при $p \leq 0,05$; Знак під рисочкою: $r \geq -0,3$ при $p \leq 0,05$;

□ – художній текст; ■ – науковий текст; Δ – тета-ритм; ▲ – низькочастотний піддіапазон бета-ритму.

Кореляційний аналіз електричної активності мозку під час читання та точністю довготривалого засвоєння різного типу тексту. Цікавим є те, що показники електричної активності мозку під час читання тексту значуще корелювали з кількістю вірних відповідей через 2 тижні. У обстежуваних, що найкраще запам'ятали деталі художнього уривку під час читання було зареєстровано нижчу СП в альфа та дельта-діапазонах ЕЕГ (рис.3.А). Зниження альфа-ритму традиційно розглядається як прояв загальної активації мозку під час будь-якого сенсорного притоку, особливо це явище притаманно для зорової модальності [7-8]. Підвищення дельта-ритму під час розумової діяльності згідно останніх даних є проявом активності гальмівних кортикальних мереж, що намагаються зменшити аферентні входи від незначущих в даний момент каналів [8]. Можна припустити, що обстежувані з меншою потужністю в дельта-діапазоні були достатньо зосереджені при читанні, що не потребувало додаткових гальмівних механізмів, що в результаті посприяло кращому відтворенню не важкого матеріалу, яким є художній текст.

Також ми отримали значущі кореляції відтворення деталей наукового тексту через 2 тижні після читання з амплітудними характеристиками ЕЕГ (рис. 3.Б.). Виявлена обернена кореляція між СП в низькочастотному бета-піддіапазоні та кількістю правильних відповідей ($-0,47 > r > -0,32$) по всьому скальпу (крім лобно-центральної зони). Тобто чим менша була СП низькочастотних бета-хвиль ЕЕГ в обстежуваних, тим краще вони відтворювали інформацію. Зниження потужності в бета-діапазоні відображує краще вигальмовування нерелевантної, відносно завдання, інформації, а також фокусування уваги на змісті [8,9].

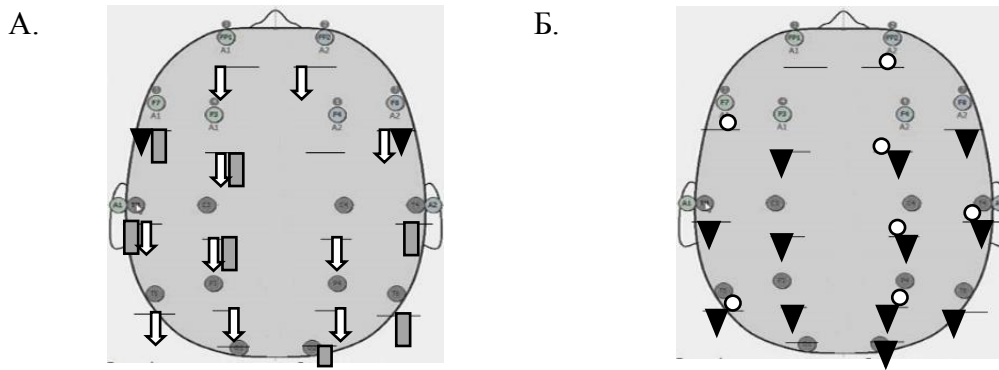


Рис. 3. Значущі коефіцієнти кореляції (r) між СП ритмів ЕЕГ під час читання й кількістю правильних відповідей через 2 тижні: А – художнього тексту; Б – наукового тексту.

Примітки: горизонтальною лінією вказана відсутність кореляції між значеннями СП у відповідних відведеннях та кількістю правильних відповідей через 2 тижні. Знак над рисочкою: $r \geq +0,3$ при $p \leq 0,05$; Знак під рисочкою: $r \geq -0,3$ при $p \leq 0,05$;

□ – альфа-ритм; ↑ – дельта-ритм; ▲ – низькочастотний бета-діапазон; ○ – тета-ритм.

Також спостерігається пряма кореляція з потужністю тета-ритму ($0,31 < r < 0,47$) в правій півкулі (крім потиличних та скроневих зон). Ймовірно більша потужність в тета-діапазоні під час читання є ЕЕГ-маркером кращої консолідації пам'ятного сліду, зважаючи на гіпокампальне походження хвиль вказаного діапазону [8,10,11].

Кореляційний аналіз між електричною активністю головного мозку під час читання та ефективністю засвоєння текстів залежно від типу носія інформації. Провівши детальніший кореляційний аналіз відповідно до груп, на які у нас були поділені обстежувані (ті, хто читав паперову версію книги, та ті, хто читав електронну версію) ми отримали наступні результати (рис. 4.). Кількість правильних відповідей обстежуваних, що читали паперову книгу обернено корелює з СП в альфа-, бета- та дельта-діапазонах при читанні художньої книги, а при читанні наукової – прямо корелює з СП тета-ритму. Краще запам'ятовування деталей художнього тексту притаманне тим, у кого під час читання була зареєстрована менша СП в дельта, альфа та низькочастотному бета-діапазонах, і дані зв'язки виявлені тільки для паперового варіанту завдання.

Отже, при читанні белетристики більше значення для запам'ятовування має сенсорний контекст, так як низька потужність зазначених діапазонів відображує збільшення надходження інформації по сенсорним каналам. Ймовірно додаткова тактильна стимуляція при триманні книжки також вносить певний вклад в формування пам'ятного сліду. На користь останнього припущення свідчить відсутність значущих кореляцій між засвоєнням художнього тексту в електронному варіанті з показниками ЕА головного мозку (див. рис. 4.Б).

Кількість правильних відповідей обстежуваних, що читали науковий текст в електронній книзі обернено корелює з СП в низько- та високочастотним бета-діапазоном. Відомо, що завдання, які потребують значної концентрації уваги супроводжуються посиленням коливань ЕЕГ на частотах бета-ритму (12). Довільна увага, що реалізується через низхідні впливи від префронтальних структур до виконавчих структур є енергозатратним процесом і не може підтримуватись тривалий час. В нашому дослідженні обстежувані, що мали високу СП бета-ритму показували гірші результати по відтворенню інформації. Ймовірно, цим обстежуваним було важче зосередитись на тексті, що відобразилось у більшій СП бета-ритму. Отже, пригадування прочитаного було кращим у тих учасників, які легше зосереджувались, і не витрачали мозкових зусиль на пригнічення неважливих для завдання сигналів.

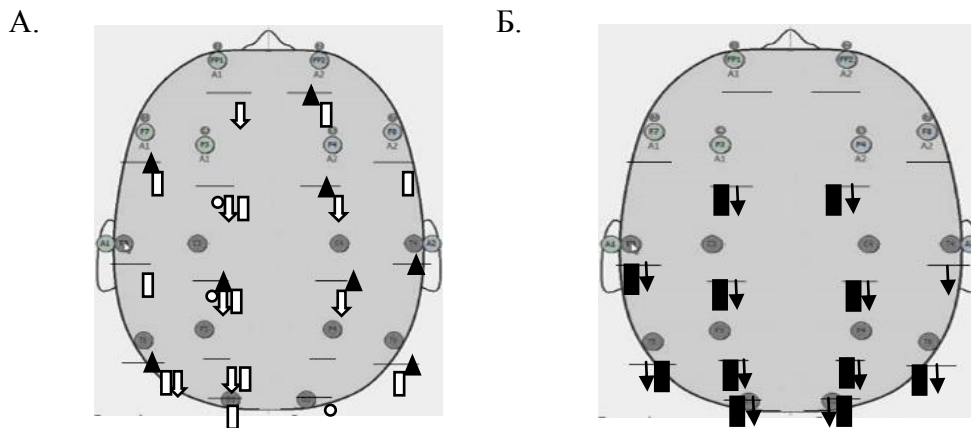


Рис. 4. Значущі коефіцієнти кореляції (r) між СП ритмів ЕЕГ під час читання й кількістю правильних відповідей через 2 тижні: А – паперового носія; Б – електронного носія.

Примітки: горизонтальною лінією вказана відсутність кореляції між значеннями СП у відповідних відведеннях та кількістю правильних відповідей через 2 тижні. Знак над рисочкою: $r \geq +0,3$ при $p \leq 0,05$; Знак під рисочкою: $r \geq -0,3$ при $p \leq 0,05$; \square – художній текст; \blacksquare – науковий текст; \uparrow – альфа-ритм; \square – низькочастотного бета-діапазону; \downarrow – високочастотного бета-діапазону; \bigcirc – дельта-ритм; \triangle – тета-ритм.

Таким чином, краще відтворення прочитаної інформації в науковому стилі виявлено у тих людей, в яких під час читання з електронного носія була менша СП бета-ритму. При читанні ж наукового тексту з паперу предиктором кращого засвоєння була висока СП в тета-діапазоні під час читання, що зазвичай пов'язують з синхронізацією нейронів гіпокампу та лобної кори в процесі кодування нової інформації. Виявлені особливості вказують на відмінності обробки інформації в мозку залежно від типу носія, хоча це й не позначається на загальному результаті.

Отримані нами дані дозволяють прогнозувати ефективність засвоєння прочитаної інформації на основі аналізу поточної ЕЕГ. Зважаючи на те, що загалом низька СП в бета-діапазоні і висока СП тета-ритму сприяла кращому відтворенню змісту в довготривалій перспективі, доцільним є впровадити метод керування біоритмами мозку на основі біологічного зворотного зв'язку, даючи можливість людині перейти в оптимальний для засвоєння функціональний стан, після чого починати сеанс навчання.

Загалом, отримані дані вказують на припустимість використання електронних читальних пристроїв для навчальних цілей, зважаючи на відсутність різниці в засвоєнні інформації в цілому. Проте слід наголосити на важливості подальших досліджень, які мають враховувати більш тривалі сесії читання, які дадуть змогу оцінити динаміку виникнення втоми, вплив яскравості екрана пристрою на функціональний стан читача та ефективність його навчання.

Висновки

1. Ефективність засвоєння інформації з паперового та електронного носія не відрізняється.
2. Відмінностей амплітудно-частотних характеристик ЕЕГ під час читання паперової та електронної книги не виявлено.
3. Виявлено ЕЕГ-кореляти кращого засвоєння тексту обстежуваними. Краще відтворювали зміст прочитаного наукового тексту через 2 тижні ті учасники, в яких під час читання зареєстрували більш низькі значення спектральної потужності в

бета-діапазоні (електронна версія) та вищі значення потужності тета-ритму (паперова версія). Для художнього тексту предиктором кращого відтворення була менша спектральна потужність в альфа та дельта-діапазонах ЕЕГ під час читання паперової версії.

Література

1. Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension/ Anne Mangen, Bente R. Walgermo, Kolbjørn Brønne [et al.] // *International Journal of Educational Research*. – 2013. – Vol.58.–P.61-68.
2. Learning Efficacy and Cost-effectiveness of Print Versus e-Book Instructional Material in an Introductory Financial Accounting Course/David Annand//*Journal of Interactive Online Learning*. – 2008. – Vol.7. – P.152-164.
3. Computerized presentation of text: Effects on children's reading of informational material/ Kerr, M. A., & Symons, S. E.// *Reading and Writing*–2006.–Vol.19(1).–P.1–19.
4. Subjective impressions do not mirror online reading effort: concurrent EEG-eyetracking evidence from the reading of books and digital media/ Kretzschmar F1, Pleimling D, Hosemann J, Füssel S, Bornkessel-Schlesewsky I, Schlewsky M.// *Academic Journal PLoS ONE*. – 2013. – Vol.8. – Issue 2. – P.1.
5. Pupil Dilation and EEG Alpha Frequency Band Power Reveal Load on Executive Functions for Link-Selection Processes during Text Reading/ Scharinger C, Kammerer Y, Gerjets P. // *Academic Journal PLoS ONE*. – 2015. – Vol.10. – Issue 6. – P.1.
6. Дифференціальна психофізіологія чоловіка і жінки / Ільїн Е.П. // Питер. – 2003 – 544 с.
7. Ellen R. Grass Lecture: Extraordinary EEG/Tatum, William O.//*Neurodiagnostic Journal*. – 2014. – Vol.54.1. – P.3–21.
8. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations./Gennady G. Knyazev// *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2007. – Vol.31. – P.377–395
9. EEG beta band activity is related to attention and attentional deficits in the visual performance of elderly subjects/Mateusz Gola, Mikołaj Magnuski, Izabela Szumska, Andrzej Wróbel// *International Journal of Psychophysiology*. – 2013. – Vol.89. – P.334–341.
10. Frontal theta EEG activity correlates negatively with the default mode network in resting state/ René Scheeringa, Marcel C.M. Bastiaansen, Karl Magnus Petersson, Robert Oostenveld, David G. Norris, Peter Hagoort// *International Journal of Psychophysiology*. – 2008. – Vol.67. – P.242–251
11. Relative alpha desynchronization and synchronization during speech perception./Krause, C.M., Porn, B., Lang, A.H., Laine, M.// *Cognitive Brain Research*. – 1997. – Vol.5. – P.295–299.
12. Beta-band oscillations – signalling the status quo? / Engel A. K., Fries P. *Current Opinion in Neurobiology*. – 2010. Vol.20. – P.156-165...

References

1. Anne Mangen, Bente R. Walgermo, Kolbjørn Brønne (2013). Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension. *International Journal of Educational Research*, 58, 61-68.
2. David Annand (2008). Learning Efficacy and Cost-effectiveness of Print Versus e-Book Instructional Material in an Introductory Financial Accounting Course. *Journal of Interactive Online Learning*, 7, 152-164.
3. Kerr, M. A., & Symons, S. E. (2006). Computerized presentation of text: Effects on children's reading of informational material *Reading and Writing*, 19(1), 1-19.
4. Kretzschmar F1, Pleimling D, Hosemann J, Füssel S, Bornkessel-Schlesewsky I, Schlewsky M. (2013). Subjective impressions do not mirror online reading effort: concurrent EEG-eyetracking evidence from the reading of books and digital media. *Academic Journal PLoS ONE*, 8(2), 1.
5. Scharinger C, Kammerer Y, Gerjets P. (2015). Pupil Dilation and EEG Alpha Frequency Band Power Reveal Load on Executive Functions for Link-Selection Processes during Text Reading. *Academic Journal PLoS ONE*, 10(6), 1.
6. Ilyin E.P.(2003). *Differentsialnaya psihofiziologiya muxhchinyi i zhenschinyi*. (Differential psychophysiology of men and women), St. Petersburg. (In Russ.).
7. Tatum, William O.(2014). Ellen R. Grass Lecture: Extraordinary EEG. *Neurodiagnostic Journal*, 54(1), 3-21.
8. Gennady G. Knyazev (2007). Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 31, 377-395.
9. Mateusz Gola, Mikołaj Magnuski, Izabela Szumska, Andrzej Wróbel (2013). EEG beta band activity is related to attention and attentional deficits in the visual performance of elderly subjects. *International Journal of Psychophysiology*, 89, 334-341.

10. René Scheeringa, Marcel C.M. Bastiaansen, Karl Magnus Petersson, Robert Oostenveld, David G. Norris, Peter Hagoort (2008). Frontal theta EEG activity correlates negatively with the default mode network in resting state. *International Journal of Psychophysiology*, 67, 242-251.
11. Krause, C.M., Porn, B., Lang, A.H., Laine, M. (1997). Relative alpha desynchronization and synchronization during speech perception. *Cognitive Brain Research*, 5, 295-299.
12. Engel A. K., Fries P. (2010). Beta-band oscillations—signalling the status quo? *Current Opinion in Neurobiology*, 20, 156-165.

Summary. Andusiak V. V., Kravchenko V. I. EEG correlates of effective assimilation of information in conditions of reading it from different carriers

Introduction. In modern information environment there is a constant transition from reading texts from the books to reading them from the screens, which is caused by the increasing number of digital reading devices (computers, laptops, e-books, tablet devices, smartphones). Today, people prefer more electronic textbook to a paper version of the same book. However, there are some discussions about what is better. Is there some difference between a text read from electronic device and a print edition? Does it affect students' understanding of a text?

Purpose. The main aim was to compare the effectiveness of information retain received from a paper book and an e-book and find out whether there are differences in the work of the brain during reading from these sources.

Methods. Forty three students took part in this research. Two passages of text were chosen from literary and science books, and were presented in PDF-file and in printed copy which the participants had to read. During the reading an electroencephalograph was recording the electrical activity of the brain. EEG spectral power were calculated in ranges: delta (0.5-3 Hz), theta (4-7 Hz), alpha (8-12 Hz) and beta (13-30 Hz), 16 symmetric leads. Immediately after the reading and in two weeks after the participants passed a test on the text content, indicating the level of the text recollection. Statistical analysis of indicators of spectral power (SP) was performed in each EEG range, inter-group and intra-group comparisons, correlation analysis between indicators EEG results and assimilation of information.

Results. Comparative analysis of the EEG revealed no significant differences between the SP of studied ranges during reading paper books and e-books either for scientific or for literary text. There were no differences in the retaining of the text immediately after reading (literary text paper version 6 [4, 7], electronic version 7 [5, 7], scientific text paper version 6 [4, 7], electronic version 6 [4, 7]). Differences in long-term assimilation of information (in 2 weeks) were also not established: (literary text paper version 4 [3, 5], the electronic version 5 [4, 6]; scientific text paper version 5 [4, 6] electronic version 6 [5, 7]).

Originality. For the first time a comparative analysis of the electrical activity of the brain while reading text from paper and electronic sources was conducted. For the first time revealed the EEG correlates of effective learning of the text in conditions of reading it from different carriers.

Conclusion. EEG correlates of better text learning depending on the paper or e-book type were discovered. In the participants, which gave more correct answers in 2 weeks after reading the text (scientific text in paper version), during the reading a higher SP was registered in theta range in most areas of the right hemisphere and the left temporo-parietal ($0,42 < r < 0,72$). Instead, better remembering of the text in the electronic version was correlated with lower SP beta in the range EEG during reading ($-0,78 < r < -0,46$). Better recollection of fiction text correlated with lower SP alpha and beta-1 ranges only for the paper version ($-0,42 < r < -0,58$).

Key words: reading, paper books, E-books, EEG, learning, memory, brain.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

Одержано редакцією 15.01.2016

Прийнято до публікації 15.05.2017

**СТАН МЕХАНІЗМІВ РЕГУЛЯЦІЇ СЕРЦЕВОГО РИТМУ
СТУДЕНТІВ МОЛОДШИХ КУРСІВ
ФАКУЛЬТЕТУ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ
ПРИ ВИКОНАННІ ДОЗОВАНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ
ЗА ЗАМКНУТИМ ЦИКЛОМ**

Вивчено динаміку показників кардіоритму у студентів першого та другого курсів факультету фізичного виховання при виконанні дозованого фізичного навантаження за замкнутим циклом. Ритм серцевих скорочень аналізувався за допомогою програми «Caspico» (Коваленко С. О., 2005), в основі якої лежав метод математичного аналізу, або варіаційної пульсометрії Р. М. Баєвського. Виявлено, що на навантаження за замкнутим циклом у студентів молодших курсів факультету фізичного виховання відмічалася значна напруга регуляторних механізмів серцевого ритму, яка, в той же час, не досягала граничних меж і може розцінюватися як оптимальна для даної потужності навантаження.

Ключові слова: *серцевий ритм, механізми регуляції, варіаційна пульсометрія, фізичне навантаження, студенти.*

Постановка проблеми. Дослідження серцево-судинної системи займають одне з основних місць в комплексі обстежень спортсмена. За характером адаптаційних зрушень, які визначаються при динамічних спостереженнях у стані відносного спокою (довготривала адаптація) та у відповідь на фізичне навантаження (термінова адаптація) можна судити про функціональний стан серцево-судинної системи і організму в цілому [1; 2].

Вивчення серцевої діяльності при різних рівнях рухової активності викликає неослабний інтерес у дослідників, оскільки серце є ефективним індикатором, здатним визначити потенційний рівень пристосованості організму. При оптимальній фізичній активності органи і системи працюють економічно, адаптаційні резерви великі, опірність організму до несприятливих умов висока [3; 4; 5].

Контроль за переносимістю фізичних навантажень у практиці фізичного виховання і спорту, як правило, ведеться за частотою серцевих скорочень без урахування того, що одна і та ж частота серцевих скорочень не завжди відображає дійсний стан серцево-судинної системи і може приховувати за собою різну ступінь напруги кардіорегуляторних систем. Тобто одній і тій же частоті серцевих скорочень можуть відповідати включення різних рівнів регуляторних систем, керуючих ритмом серця. Виходячи з цього, адаптивні реакції організму взагалі і, зокрема у спорті, необхідно вивчати не тільки за частотою серцевих скорочень, як у більшості досліджень, а і за станом регуляторних систем [6].

В даний час одним з найбільш популярних і інформативних методів експрес-оцінки функціонального стану різних ланок механізмів регуляції і організму в цілому є метод аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР). Зацікавленість до даного методу з часом зростає, і це свідчить про те, що він дійсно дозволяє отримувати важливу інформацію про функціональний стан і регуляторно-адаптивні можливості організму. Є велика кількість публікацій щодо практичного застосування методу аналізу ВСР в різних областях медицини, фізіології та спорті.

Таким чином, вищезазначене свідчить про актуальність досліджень щодо вивчення стану варіабельності ритму серця за різних умов впливу і особливо при заняттях фізичною культурою і спортом.

Аналіз останніх публікацій. До перших досліджень, у яких здійснювалася поточна довготривала реєстрація серцевого ритму, необхідно віднести роботи виконані

під керівництвом Р. М. Баєвського [7; 8] під час тренувань космонавтів та їх знаходження у космосі. У науковій літературі є дані щодо особливостей показників ВСР у стані спокою [9, 10], зустрічаються поодинокі відомості стосовно впливу дозованих фізичних навантажень [11]. Є роботи, в яких описано стан механізмів регуляції кардіоритму у дітей на граничні навантаження [12]. Але обмаль досліджень щодо змін показників серцевого ритму на реверсі навантаження, яке змінюється за замкнутим циклом, коли ЧСС досягає 150-155 ударів на хвилину. Адаже за умов дослідження, частота серцевих скорочень на вершині потужності роботи мала бути однаковою у всіх обстежених, проте індекс напруги регуляторних систем міг варіювати в великих діапазонах. Дослідження стану механізмів регуляції серцевого ритму безпосередньо під час виконання м'язової роботи є складним за технічними умовами процес. Необхідно виконати ряд вимог щодо запобігання накладання на запис в першу чергу електричних сітєвих (220 В) та м'язових наведень, які ускладнюють реєстрацію та аналіз кардіоритму. Це обумовило недостатню кількість подібних експериментальних робіт та обмаль публікацій щодо цього у науковій продукції.

Мета дослідження: вивчити динаміку механізмів регуляції серцевого ритму юнаків – студентів молодших курсів факультету фізичного виховання під впливом дозованих фізичних навантажень за замкнутим циклом.

Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання:

1. Вивчити стан механізмів регуляції серцевого ритму студентів молодших курсів факультету фізичного виховання у різні етапи м'язової діяльності.
2. Визначити швидкість відновлення стану механізмів регуляції кардіоритму після фізичного навантаження.

Матеріали та методи.

Дослідження проводилось в лабораторії вікової фізіології спорту імені професора Т. Н. Цоневої кафедри біології і основ здоров'я Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського. Тема дослідження входить до тематики науково-дослідної роботи кафедри «Адаптація дітей і молоді до навчальних та фізичних навантажень (юнаки 17-21 років)», номер державної реєстрації 0114U007158.

В обстеженнях прийняли участь 32 студента першого курсу, які повторно обстежувалися на другому курсі навчання.

Фізичне навантаження за замкнутим циклом (з реверсом) здійснювалося за методикою Д. М. Давиденко зі співавторами [13, 14] на електромеханічному велоергометрі ВЕД-12 в спеціальній екранованій і звукоізолюваній камері. Для контролю частоти педалювання і величини потужності велоергометр був обладнаний пультом керування, який знаходився поза межами звукоізолюваної камери. Суть тестування полягає в рівномірному збільшенні навантаження (33 Вт на хвилину) до досягнення частоти серцевих скорочень 150-155 ударів на хвилину з подальшим зниженням потужності роботи до нуля.

Ритм серцевих скорочень вивчали за допомогою програми «Caspico» (Коваленко С. О., 2005) у режимі MS DOS [15]. На грудну клітку накладали кардіодатчик Т31 (Polar Electro OU, Finland), який формував імпульси тривалістю 8 мс на вершині комплексу QRS. Ці імпульси телеметрично сприймались пульсометром А1 (Polar Electro OU, Finland) та передавались на компаратор з гальванічною розв'язкою 5 кВ, що замикав контакти на LPT порту комп'ютера. Точність реєстрації – 1 мс.

Кардіоінтервалограми реєстрували в стані відносного м'язового спокою (до навантаження), в момент реверсу (ЧСС складала 150-155 ударів на хвилину), на першій та на п'ятій хвилині відновлення.

Стан механізмів регуляції серцевого ритму у досліджуваних періодах визначали за методом Р. М. Баєвського (1979), відомого під назвою математичного аналізу або

варіаційної пульсометрії, що відображає стан як автономного, так і центрального контурів управління серцевої регуляції. Розраховувалися наступні показники: мода (M_0 , с), амплітуда моди (AM_0 , %), варіаційний розмах (ΔX , с), індекс напруги регуляторних систем ($IN=AM_0/2*M_0*\Delta X$, у. о.), індекс вегетативної рівноваги ($AM_0/\Delta X$, у.о), активність адренергічних або холінергічних механізмів гуморального каналу регуляції ($M_0/\Delta X$, у.о) та інші критерії.

Статистична обробка отриманих даних проводилась за допомогою загальноприйнятих методів математичного аналізу [16, 17].

Результати та обговорення

Виконання фізичних навантажень закономірно супроводжується активацією симпатичного відділу вегетативної нервової системи і центральних контурів регуляції серцевого ритму, в результаті чого стабілізується ритм серця, зменшується варіативність тривалості кардіоінтервалів. Слід відмітити, що реверс – поворот потужності навантаження – за умовами методики тестування здійснювався при однаковій для всіх оптимальній частоті серцевих скорочень у 150-155 ударів на хвилину. В дійсності середньогруповий пульс реверсу в наших обстеженнях для обох груп I і II курсів достовірно не відрізнявся і складав $151,97 \pm 0,73$ та $152,0 \pm 0,98$ уд/хв. Однак, при однаковій екстракардіальній фізіологічній «ціні» спостерігались істотні зміни функціонального стану механізмів регуляції ритму серця.

Першою особливістю отриманих результатів виявилось недостовірне різні значення показників фізичної працездатності. В середньому студенти молодших курсів факультету фізичного виховання здійснювали велоергометричне педалювання на протязі близько 14 хв. (Т загальне) при середній потужності навантаження у 113-120 Вт. За таких умов вони виконали фізичну роботу (А загальна) у 106 (I курс) і 96 (II курс) кДж та досягли потужності реверсу (W рев) 238,6 і 227,0 Вт, відповідно (табл. 1). Отримані результати свідчать про недостовірне ($p > 0,05$) превалювання у показниках фізичної працездатності студентів I курсу, що свідчить як найменше про нестабільність рівня фізичного стану другокурсників або його погіршення у окремих обстежених. Відносні, на кг маси тіла, значення показників працездатності підтверджують висловлену думку.

Таблиця 1

Фізична працездатність студентів молодших курсів факультету фізичного виховання, за даними тестування з реверсом (юнаки 17-19 років)

Показники \ Курс	1 курс (M±m) n = 32	2 курс (M±m) n = 32
W рев, Вт	238,63±6,53	226,97±7,05
W рев, Вт / кг	3,31±0,13	3,06±0,09
Т загальне, хв.	14,46±0,40	13,76±0,33
Маса тіла, кг	72,75±1,32	74,66±1,37
А загальна, кДж	106,2±5,31	96,31±6,29

Зміни стану регуляторних механізмів ритму серця на вершині потужності навантаження виражались в укороченні в 1,9 разів кардіоінтервалів у студентів першого курсу та у 2,1 рази – у юнаків другого року навчання в порівнянні зі станом спокою (табл. 2).

Більш виражена централізація рівня керування серцевим ритмом при виконанні фізичного навантаження за замкнутим циклом відмічалася у студентів другого курсу і відбувалася внаслідок значного підвищення активності симпатичного відділу

вегетативної нервової системи та адренергічного каналу регуляції на фоні зменшення впливу парасимпатичного відділу ВНС та холінергічного каналу регуляції на діяльність серця порівняно з юнаками першого року навчання. Так, якщо на реверсі навантаження показник активності симпатичного відділу ВНС (АМо) збільшився у юнаків першого курсу в 2,95 рази і становив 58,31 %, то на другому курсі у цих студентів АМо зростав у 3,1 рази і складав, відповідно 58,38 % ($p > 0,05$).

Таблиця 2

Динаміка показників варіабельності серцевого ритму студентів молодших курсів факультету фізичного виховання на дозоване фізичне навантаження за замкнутим циклом ($M \pm m$)

Показники	Курс	Спокій	Реверс	Після навантаження	Відновлення
Мо, с	I	0,74±0,03	0,38±0,01	0,56±0,02	0,64±0,01
	II	0,78±0,03	0,38±0,01	0,59±0,02	0,66±0,01
АМо, %	I	19,75±1,02	58,31±1,79	30,13±1,79	23,63±1,37
	II	18,81±0,94	58,38±2,82	27,75±1,45	25,63±1,62
ΔХ, с	I	0,24±0,01	0,05±0,01	0,14±0,01	0,18±0,01
	II	0,27±0,02	0,05±0,01	0,17±0,01	0,19±0,01
ІН, у. о.	I	64,90±8,43	1839,40±186,13	266,85±37,42	145,36±26,23
	II	70,02±11,00	1985,88±151,76	203,34±38,96	153,16±28,51
ВІР, у. о.	I	6,23±0,39	60,84±4,63	15,63±1,37	10,82±1,18
	II	6,51±0,67	67,15±4,81	12,99±1,75	10,48±1,04
АМо/ΔХ, у. о.	I	91,09±9,63	1386,72±142,33	277,78±38,53	174,41±26,96
	II	98,72±12,87	1486,51±108,46	226,84±43,08	192,64±33,98
АМо/Мо, у. о.	I	27,87±2,02	154,11±4,72	56,22±3,66	38,28±2,51
	II	25,57±1,81	155,37±7,83	48,95±3,37	39,97±2,83
Мо/ΔХ, у. о.	I	3,27±0,28	8,74±0,68	4,44±0,29	4,09±0,29
	II	3,49±0,30	9,39±0,66	4,22±0,54	4,27±0,35

При навантаженні за замкнутим циклом варіаційний розмах суттєво знижувався до 0,05 с в обох групах обстежуваних. Ці результати свідчать про зменшення тонусу блукаючого нерва і зростання напруги регуляторних механізмів.

В той же час, необхідно відмітити, що при дозованих фізичних навантаженнях, яким є тестування з реверсом, граничної ригідності кардіоритму не відбувалося і вона була у 5 разів менше у порівнянні з роботою до відмови, особливо в умовах підвищеної мотивації [12]. Більш сприятливий вихідний рівень забезпечував більшу працездатність до ЧСС реверсу.

Реакція на м'язові напруження логічно виражалася в централізації механізмів регуляції, збільшенні їх напруги, на що вказує зростання величин АМо і АМо/ΔХ. Збільшення Мо/ΔХ підтверджує активацію гуморального каналу при зростанні переваги впливу адренергічних механізмів регуляції над холінергічними. Так, в групі юнаків першого курсу показник Мо/ΔХ збільшився приблизно на 155 % і склав 8,74 у. о. У студентів другого курсу відмічалися менші зрушення – у 147 % при більших абсолютних значеннях цього критерію (9,39 у. о.), що обумовлено більшими вихідними (доробочими) величинами Мо/ΔХ (3,49±0,30 проти 3,27±0,28 у.о., $p > 0,05$).

У зростанні індексу напруги на реверсі навантаження основний вклад належить показникам АМо і Мо (Баєвський Р.М., 1979), які входять у формулу розрахунку ІН і є більш чутливими до впливу різноманітних факторів. Це свідчить про перехід ролі управління серцевим ритмом до центральних структур регуляції. Результати

дослідження, як і у попередніх випадках, показали, що при навантаженні за замкнутим циклом інтегральний показник стану регуляторних механізмів далекий від свого максимального рівня і становить 30-40 відсотків від можливого за граничних навантажень.

Важливо зазначити, що при оцінці стану регуляторних механізмів серцевої діяльності необхідно суворо дотримуватись принципу індивідуалізації, одного з важливіших у процесах навчання і спортивного тренування, на що вказує висока варіативність більшості вивчених критеріїв, коефіцієнт варіації яких в окремих випадках був більшим за 50% (ІН, АМо/ΔX, АМо/Мо). Цікаво, що цим критеріям варіативність властива як у стані відносного м'язового спокою, так і при фізичних навантаженнях.

Наприкінці велоергометричної проби, коли потужність навантаження зменшувалась до нуля, відмічалась стабілізація показників варіаційної пульсометрії, проте рівень регуляції не досягав вихідних значень в обох групах обстежуваних (рис. 1).

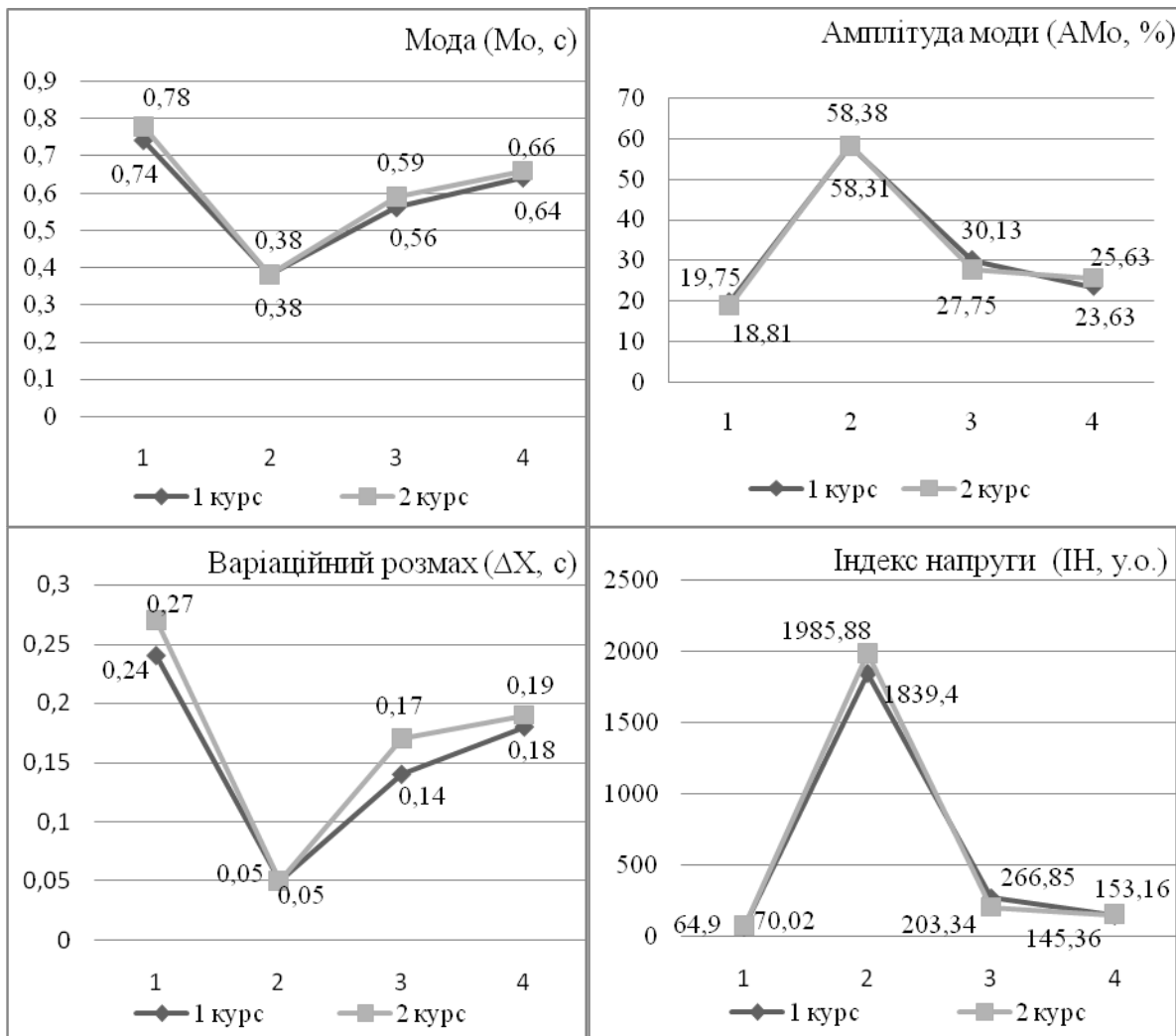


Рис. 1. Динаміка основних показників серцевого ритму у студентів молодших курсів факультету фізичного виховання на різних етапах м'язової діяльності (1- спокій, 2 – реверс потужності роботи, 3 – перша хвилина відновлення, 4 – п'ята хвилина відновлення після фізичного навантаження).

У ранньому періоді відновлення спостерігалось підсилення активності вагусної регуляції, перехід на автономний контур управління серцевим ритмом, про що свідчить збільшення показників моди, варіаційного розмаху та відповідне зниження частоти серцевих скорочень, амплітуди моди, вегетативного показника ритму, індексу вегетативної рівноваги, індексу напруги. Так, середня тривалість модального значення кардіоритму у студентів першого і другого курсів реєструвалась в межах 0,56с і 0,59 с на першій хвилині та 0,64с і 0,66с на п'ятій хвилині відновлення, що відповідало частоті серцевих скорочень у 93-98 та 106-110 ударів на хвилину. Групові величини M_o на п'ятій хвилині відновлення на 13,5-15 % були менше вихідного стану. Однак, у окремих юнаків першого курсу (12,5 %) були зафіксовані випадки, коли в ранньому періоді відновлення величини M_o перевищували стан спокою, що вказує на позитивне відновлення організму у даних студентів.

Показники амплітуди моди після навантаження не досягали вихідних даних і були вище у 1,2 та 1,36 рази, відповідно у молоді першого і другого курсів. Проте у 9,38 % студентів обох курсів ці величини на п'ятій хвилині відновлення дорівнювали вихідних значень, а в 34,38 % (1 курс) та 18,17 % (2 курс) випадків спостерігалися нижчі показники, що є свідченням про більшу активність парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

При аналізі динаміки інтегрального показника регуляторних механізмів спостерігалась велика варіативність даних. В 18,75 % випадків на першому курсі та в 12,75 % на другому ІІІ на п'ятій хвилині відновлення був менше ніж на початку навантаження, в той час, як середньостатистичні величини по групах дорівнювали 145,36 у. о. у студентів першого курсу та 153,16 – другого, що в 2,24 і 2,19 разів перевищували вихідний стан.

Висновки

Таким чином, проведене дослідження виявило, що на дозоване фізичне навантаження за замкнутим циклом у студентів молодших курсів факультету фізичного виховання відмічалася значна напруга регуляторних механізмів серцевого ритму, яка не досягала граничних меж і може розцінюватися як оптимальна для даної потужності навантаження. У ранньому періоді реституції, на 5 хвилині відпочинку, повного відновлення рівня регуляції серцевого ритму не відбувалося, що обумовлює необхідність збільшення терміну функціонального контролю після тестування. Значних достовірних відмінностей у реакціях регуляторних механізмів серцевого ритму студентів молодших курсів у різних етапах тестування не зареєстровано, що свідчить про відносну стабільність регуляторних механізмів на протязі одного року навчання.

Література

1. Платонов В. Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В. Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 584 с.
2. Плахтій П. Д. Фізіологія людини. Частина 2 / П. Д. Плахтій. – Кам'янець-Подільський, 2000. – С. 127-130.
3. Апанасенко Г. Л. Здоровье спортсмена / Г. Л. Апанасенко // Наука в олимпийском спорте. – 2000. – № 1. – С. 15-18.
4. Бутченко Л. А. Спортивное сердце / Л. А. Бутченко, М. С. Кушаковский. – СП., 1993. – 48 с.
5. Карпман В. Л. Некоторые общие закономерности адаптации сердечно-сосудистой системы человека к физическим нагрузкам / В. Л. Карпман, М. А. Абрикосова // Успехи физиологических наук. – 1984. – Т. 10, № 2. – С. 97-121.
6. Босенко А. І. Стан механізмів регуляції серцевого ритму гімнастів 20-22 років при виконанні окремих видів гімнастичного багатоборства / А. І. Босенко // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2002. – № 4. – С. 19-23.
7. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский. – М.: Наука, 1998. – 236 с.

8. Баевский Р. М. Ритм сердца у спортсменов / Р. М. Баевский, Р. Е. Мотылянская. – М., 1986. – 173 с.
9. Вовканич Любомир. Використання показників варіабельності серцевого ритму для характеристики функціональної підготовленості спортсменів-біатлоністів / Л. Вовканич, Б. Виноградський, А. Власов [та ін.] // Молода спортивна наука України. – 2010. – Т. 3. – С. 50-55.
10. Михалюк Е. Л. Комплексная оценка состояния сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы у спортсменов высокого класса / Е. Л. Михалюк // Спортивна медицина. – 2006. – № 2. – С. 82-87.
11. Коваленко С. О. Аналіз варіабельності серцевого ритму за допомогою методу медіанної спектрограми / С. О. Коваленко // Фізіологічний журнал. – 2005. – Т. 51, № 3. – С. 92-95.
12. Босенко А. И. Выявление функциональных возможностей сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у подростков при напряженной мышечной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тарту, 1986. – 25 с.
13. Давиденко Д. Н. Методика оценки мобилизации функциональных резервов организма по его реакции на дозированную нагрузку / Д. Н. Давиденко // Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта». – 2011. – № 12 (70). – С. 52-57.
14. Давиденко Д. Н. Методика оценки функциональных резервов организма при использовании нагрузочной пробы по замкнутому циклу изменения мощности / Д. Н. Давиденко, В. П. Андрианов, Г. М. Яковлев [та ін.] // Пути мобилизации функциональных резервов спортсмена: сб. науч. труд. – Л.: ГДОИФК, 1984. – С. 35-41.
15. Коваленко С. О. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання („CASPICO“) / С. О. Коваленко, М. Е. Яковлев / Авторське свідоцтво України №11262 – 54 с. – Укр. – Деп. в УААСП 4.10.2004. – Реф. у офіційному бюлетені „Авторське право і суміжні права“ – 2005. – № 6. – С. 338.
16. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц; пер. с англ. А. Ю. Данилова. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
17. Коренберг В. Б. Спортивная метрология: учебник / В. Б. Коренберг. – М.: Физическая культура, 2008. – 368 с.

References

1. Platonov, V.N. (1997). A general theory of preparation of sportsmen in Olympic sport. Kiev, Olympic Literature, 584 p [in Russian].
2. Plahtij, P. D. (2000). Physiology of Humans. Part 2 – Kam'janec'-Podil's'kij, 127-130 p [in Russian].
3. Aranasenko, G. L. (2000). Athlete's health. *Nauka v olimpijskom sporte (Science in the Olympic sport)*, 1, 15-18 [in Russian].
4. Butchenko, L. A. & Kushakovskij, M. S. (1993). The Heart of a Sports Person. Saint-Petersburg, 48 p [In Russian].
5. Karpman, V. L. & Abrikosova, M. A. (1984) Certain general patterns of adaptation of the human's cardiovascular system to physical loads. *Uspehi fiziologicheskikh nauk (The successes of Physiological Sciences)*, 2, 97-121 [in Russian].
6. Bosenko, A. I. (2002). Heart rate regulation in 20-22 year-old gymnasts doing some kinds of gymnastic all-round competitions. *Teorija i metodika fizichnogo viovannja i sportu (Theory and methods of physical education and sports)*, 4, 19-23 [in Ukrainian].
7. Baevskij, R. M. (1998). Mathematical analysis of heart rate changes during stresses. Moscow.: Nauka, 236 p [in Russian].
8. Baevskij, R. M. & Motyljanskaja, R. E. (1986). Heart rate at sportsmen. Moscow.: Nauka, 173 p [in Russian].
9. Vovkanich Ljubomir, Vinogradskij Bogdan, Vlasov Andrej, Berezhanskij Viktor et all (2010). The use of parameters of heart rate variability index for the characteristic of functional efficiency of biathlonists. *Moloda sportivna nauka Ukraïni (Young sport science of Ukraine)*, 3, 50-55 [in Ukrainian].
10. Mihaljuk, Ye. L. (2006). Complex estimation of cardiovascular and vegetative nervous system state in top level athletes. *Sportivna medicina (Sports medicine)*, 2, 82-87 [in Russian].
11. Kovalenko, S. O. (2005). Analysis of the heart rhythm variability using median spectrogram method. *Fiziologichnij zhurnal (Journal of physiology)*, 3, 92-95 [in Ukrainian].
12. Bosenko, A. I. (1986). Discovering functional capacity of cardiovascular and central nervous system in adolescents in case of intensive muscular work. *Extendent abstract of candidate's thesis*. Tartu [in Russian].
13. Davidenko, D. N. (2011). Method of assessing body's functional reserve mobilization in case of its response to controlled activity. *Nauchno-teoreticheskij zhurnal "Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta" (Scientific and theoretical journal "Scholarly notes of Lesgaft University")*, 12(70), 52-57 [in Russian].
14. Davidenko, D. N., Andrianov, V. P., Yakovlev, G. M. at all (1984). Method of assessing the body's functional reserve when using exercise tolerance test over one cycle of power change. *Puti mobilizacii*

- funkcional'nyh rezervov sportsmena: Sbornik nauchnykh trudov(Ways of mobilization of athlete's functional reserve: Collection of scientific papers)*, pp. 35-41. Leningrad: GDOIFK [in Russian].
15. Kovalenko, S. O. & Yakovlev, M. Ye. (2005). The computer program for registration and analysis of heart rate and respiration ("CASPIKO"). *The author testimony of Ukraine №11262, Abstract in the official journal "Copyright and Related Rights"*, 6, 338 [in Ukrainian].
 16. Glanc, S. (1998). *Statistics of medicine and biology*. (A. Yu. Danilova, Trans). Moscow: Praktika [in Russian].
 17. Korenberg, V. B. (2008). *Sports metrology*. Moscow: Fizicheskaja kul'tura [in Russian].

Summary. *Bosenko A. I., Topcii M. S.. The State of the heart rate regulation mechanisms of junior students of the Physical Training Department in the application of dosed physical loading in closed cycle.*

Introduction. *The study of functioning of the heart during different types of motive activity attracts a lot of researchers' attention nowadays. Adaptation reactions of organism in general and particularly in sports should be studied from the point of view on heart contracts frequency, as well as on the regulator system state/*

Purpose. *The immediate aim is to study the dynamics of heart rate regulation mechanisms of youths – students of junior courses of Physical Training Teachers Department under the influence of dosed physical loading in closed cycle.*

Methods. *The research involves 32 participants – students of the first course, who were re-examined on the second course. The testing in a closed cycle was held by the method of D. N. Davidenko and co-authors involving electromechanical bicycle ergometre. The state of the heart rate regulation mechanisms was analyzed at the stage of regulative muscles rest, at the reserve moment with heart contracts frequency equal to 150-155 beats per minute, at the end of loading and at the 5th minute of rehabilitation with the help of program "Caspico" based on the cardiac rhythm mathematical analysis by Baevsky R. M.*

Results. *Average statistical values of heart rate of Physical Training Department junior students measured at the state of relative muscles rest correspond to the permissible age quantities diapason. The loading in closed cycle caused changes of vegetative balance and as a result heart rate regulation mechanisms tension. Evidently, the modal value (M_o) and the heart rate variation magnitude (ΔX) decrease and the mode amplitude (AM_o) and tension index (IN) increase. The increase $M_o/\Delta X$ is indicative of the humoral regulation channel activation within the increase of predominant influence of adrenergic regulation mechanisms over cholinergic ones. At the end of bicycle ergometre test, the power of tension being at the zero level, the stabilization of heart rate values is registered, although the tension level of heart rate regulation exceed the initial values in both groups examined. After the dosed physical loading increase of parasympathetic tonus and decrease of sympathetic branch of vegetative nervous system occur, which is characterized by the increase of M_o and ΔX data, decrease of AM_o , $AM_o/\Delta X$, $M_o/\Delta X$ and tension index (IN), being the integral exponent of regulation mechanisms. By the fifth minute of rehabilitation full restitution of regulation level is not marked, that stipulates the necessity to prolong after work out control period.*

Originality. *It's for the first time that there have been registered and analyzed the data of the heart rate regulation mechanisms of junior students of the Physical Training Department directly during the muscles loading in a closed cycle. The diapason of heart rate regulation level reaction has been determined at different stages of testing.*

Conclusions. *The conducted research proved that the loading in a closed cycle of junior students of Physical Training Department is marked by a definite tension of heart rate regulation mechanisms, which never reached extreme values and thus could be estimated as optimal for the certain power of loading. Complete rehabilitation of initial level of heart rate regulation of 17-19-year-old youths never occurs by the 5th minute of rest after the muscles work out.*

Keywords: *heart rate, regulation mechanisms, variation pulsometer, physical loading, students.*

**Південноукраїнський національний педагогічний університет
імені К. Д. Ушинського, м. Одеса**

Одержано редакцією 07.10. 2016
Прийнято до публікації 15.05.2017

ВІДТВОРЮВАНІСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛИВАНЬ ЧАСТОТИ СЕРЦЕВИХ СКОРОЧЕНЬ ТА УДАРНОГО ОБ'ЄМУ КРОВІ У ЧОЛОВІКІВ

Актуальність. Для практичного застосування, теоретичної інтерпретації результатів, отриманих за допомогою різних методик оцінки фізіологічних коливань гемодинаміки, вельми важливо наскільки відтворюються значення показників, виміряних за ними через тривалий період часу.

Мета. Дослідити відтворюваність показників хвильової структури коливань частоти серцевих скорочень (ЧСС), ударного об'єму крові (УОК) та рівня їх синхронізації.

Методика. Проведені повторні вимірювання показників спектрального аналізу коливань ЧСС та УОК на 37 чоловіках у середньому через 216 днів.

Результати. Показники спектрального аналізу коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу RR як в спокої, так і при різних навантаженнях залишаються відносно стабільними протягом достатньо тривалого часу. Крос-спектральна потужність коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R у діапазоні 0,05-0,15 Гц є достатньо сталою індивідуальною характеристикою серцево-судинної системи людини.

Новизна. Вперше показана відтворюваність характеристик спектрального аналізу коливань ЧСС та УОК у чоловіків через тривалий проміжок часу.

Висновки. Характеристики коливань частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові є стабільними індивідуальними характеристиками діяльності серцево-судинної системи людини.

Ключові слова: *варіабельність серцевого ритму, спектральний аналіз.*

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Доведено, що показники хвильової структури коливань частоти серцевих скорочень (ЧСС) та ударного об'єму крові (УОК) є прогностичними характеристиками для оцінки функціонального стану організму, смертності після перенесеного інфаркту міокарду [1, 2]. Для практичного застосування, теоретичної інтерпретації результатів, отриманих за допомогою різних методик оцінки фізіологічних коливань гемодинаміки, вельми важливо наскільки відтворюються значення показників, виміряних за ними через тривалий період часу.

Як показано дослідженнями, проведеними на близнюках [3, 4], існує висока генетична обумовленість загальної варіативності інтервалу R-R. Проведені дослідження і відтворюваності показників коливань частоти серцевих скорочень [5]. Разом з тим не достатньо проаналізовані відтворюваність окремих показників хвильової структури коливань ЧСС і тим більше ударного об'єму крові, їх синхронізації.

Мета роботи. Дослідити відтворюваність показників хвильової структури коливань ЧСС та УОК та рівня їх синхронізації.

Методика

Вимірювання проведені на 37 здорових молодих чоловіках віком від 18 до 23 років. Дослідження проведено з дотриманням основних положень Конвенції Ради Європи про права людини та біомедицину (від 04.04.1997р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1994-2008 рр.).

Зранку (з 8 до 11 годин) після 15-хвилинного відпочинку лежачи проводилися 5-хвилинні реєстрації електрокардіограми та диференційованої імпедансної реограми від реоаналізатора РА-5-01 (Київський науково-дослідний інститут радіовимірювальної апаратури). Подібні записи здійснювали і при ортопробі (7 хвилин), нейродинамічному навантаженні за тестом М.В. Макаренка, фізичному навантаженні потужністю 1 Вт на кг маси тіла. Ударний об'єм крові розраховували за сигналом диференційованої

імпедансної реограми, тривалість інтервалу R-R – за сигналом ЕКГ за всіма реалізаціями впродовж 5-10 хвилин [6].

Тривалість кожного кардіоциклу розраховували за часовими параметрами найвищої точки зубця R електрокардіограми. Часовий ряд, що складався з цих числових даних та відповідних даних ударного об'єму крові, експортувався у програму “Caspico” (А.с. України №11262). В цій програмі вибирали ділянку запису для аналізу та проводили ручну корекцію артефактних значень.

Спектральний аналіз здійснювали за допомогою періодограмного методу зі згладжуванням вікна Daniel у програмі Caspico (а/с України №11262). При цьому в спектрі ЧСС та УОК розрізняли наступні компоненти [7]: 0,15-0,4 Гц (HF) – потужність у діапазоні високих частот; 0,04-0,15 Гц (LF) – потужність у діапазоні низьких частот; 0-0,04 Гц, (VLF) – потужність у діапазоні дуже низьких частот; 0-0,4 Гц (TP) – загальна потужність спектру. Також оцінювали показник нормалізованої потужності спектру в діапазоні 0,15-0,4 Гц (HF_{norm}), який відображає рівень ваго-симпатичного балансу.

Крос-спектральну потужність (КСП) 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 піків у стандартних діапазонах.

Альфа-індекс барорефлекторної чутливості розраховували як квадратний корінь співвідношення потужності коливань інтервалу R-R до потужності коливань УОК в діапазоні від 0,04 Гц до 0,15 Гц (α_{LF}). При цьому враховували тільки потужність на частотах, на котрих функція когерентності вище 0,5 [8].

Зв'язки між досліджуваними показниками визначали за ранговим коефіцієнтом кореляції Спірмена.

Результати та обговорення

Загальноприйнятою методикою визначення відтворюваності результатів досліджень є кореляційний аналіз між повторними вимірюваннями. Для вирішення цього питання виконували повторні записи сигналів тетраполярної імпедансної реограми грудної клітки та електрокардіограми на одних і тих же особах (37 чоловіків) за різних умов у середньому через 216 днів. Ступінь взаємозв'язків між показниками спектрального аналізу коливань гемодинамічних показників представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції між показниками спектрального аналізу коливань УОК та t-R-R за різних умов при повторних вимірюваннях через 216 ± 56 днів

Показники	Положення лежачи		Положення стоячи		Розумове навантаження		Фізичне навантаження	
	RR n=37	УОК n=33	RR n=28	УОК n=28	RR n=15	УОК n=13	RR n=17	УОК n=14
M	0,68	0,59	0,76	0,51	0,73	0,76	0,87	0,43
VLF	0,42	0,36	0,41	0,23	0,46	0,72	0,51	0,13
LF	0,72	0,53	0,58	0,54	0,76	0,86	0,67	0,64
HF	0,65	0,42	0,82	0,47	0,80	0,64	0,39	0,73
TP	0,69	0,29	0,64	0,42	0,79	0,92	0,62	0,71
HF_{norm}	0,37	0,67	0,19	0,59	0,76	0,62	0,64	0,55

Примітка. Жирним шрифтом виділені значущі коефіцієнти кореляції Спірмена.

В стані спокою (положення лежачи) взаємозв'язок між значеннями коливань t-RR за більшістю характеристик (M, LF, HF, TP), отриманими при дворазових повторних вимірюваннях, був щільним (ρ від 0,65 до 0,72). У меншій мірі, але значуще,

відтворювались VLF ($\rho=0,42$) та HF_{norm} ($\rho=0,37$). Коефіцієнти кореляції між показниками спектрального аналізу для коливань УОК майже в усіх випадках були меншими, однак також вірогідними. Привертає увагу той факт, що відтворюваність нормалізованої потужності спектру в діапазоні 0,15-0,4 Гц була значно вищою за цим показником, ніж за т-R-R. Останнє, очевидно, пояснюється явним домінуванням дихальних хвиль у спектрі коливань УОК.

Загалом можна відмітити значну стабільність переважної більшості показників хвильової структури гемодинамічних показників, виміряних через тривалий проміжок часу в стані спокою у положенні лежачи.

У вертикальному положенні тіла зберігається рівень майже всіх взаємозв'язків між повторними вимірюваннями показників варіабельності серцевого ритму, виявлені нами у стані спокою.

При дозованому розумовому навантаженні за всіма аналізованими показниками спостерігається збільшення щільності взаємозв'язків. При фізичному навантаженні в найбільшому ступені відтворюються загальна потужність коливань УОК та т-R-R, потужність їх спектрів в діапазоні 0,04-0,15 Гц, нормалізована потужність в діапазоні 0,15-0,4 Гц. При регламентованому диханні з частотою 6 циклів за хвилину коефіцієнти кореляції між результатами повторних вимірювань були значущими тільки для показників коливань т-R-R (для LF – 0,681; Total – 0,638; HF – 0,491; HF_{norm} – 0,491).

Отже, показники коливань УОК та т-RR як в спокої, так і при різних навантаженнях залишаються відносно стабільними протягом достатньо тривалого часу.

Важливими характеристиками діяльності систем організму є наявність синхронізації між коливаннями різних їх показників [9]. Тому доцільно було визначити відтворюваність загальноприйнятого α -індексу та параметрів крос-спектральної потужності коливань УОК і т-RR, визначених в одних і тих же осіб через тривалий проміжок часу (табл. 2).

В спокої (положення лежачи) у найбільшому ступені відтворювались максимуми КСП у діапазоні 0,05-0,15 Гц ($\rho=0,63$), мінімуми у діапазоні 0,15-0,4 Гц ($\rho=0,47$) та у діапазоні 0-0,04 Гц ($\rho=0,51$). Звертає на себе увагу те, що відсутній взаємозв'язок між значеннями α -індексу при повторних вимірюваннях. При ортопробі та фізичному навантаженні цей показник стає значущим ($\rho=0,54$ та $\rho=0,74$ відповідно). Крім того, при ортопробі також з'являється вірогідна кореляція між результатами повторних вимірювань максимумів КСП у діапазонах VLF ($\rho=0,59$) та HF ($\rho=0,61$). Варто відмітити, що найбільш стабільно відтворюваним за всіх умов є максимум КСП коливань УОК та т-RR.

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції між крос-спектральними показниками коливань УОК та т-RR і α -індексом за різних умов при повторних вимірюваннях через 216±56 днів

Умови	Спектральні діапазони						
	0-0,04 Гц		0,04-0,15 Гц			0,15-0,4 Гц	
	макс	мін	макс	мін	α -LF	макс	мін
Лежачи (n=30)	0,31	0,51	0,63	0,13	0,06	0,15	0,47
Стоячи (n=26)	0,59	0,03	0,69	0,34	0,54	0,61	0,29
Розумове навант. (n=13)	0,41	0,71	0,68	0,38	0,21	0,66	0,58
Фізичне навант. (n=12)	0,37	0,27	0,55	0,47	0,74	0,22	0,66

Примітка. Жирним шрифтом виділені значущі коефіцієнти кореляції Спірмена.

Отже, показники КСП коливань УОК та т-RR у діапазоні 0,05-0,15 Гц є достатньо стабільними індивідуальними характеристиками серцево-судинної системи людини. Вони відображають рівень спонтанної барорефлекторної чутливості [10].

Таким чином, характеристики коливань ударного об'єму крові, тривалості інтервалу R-R та рівень їх синхронізації в однакових умовах у одних і тих же людей залишаються відносно стабільними.

Висновки

1. Показники спектрального аналізу коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу RR як в спокої, так і при різних навантаженнях залишаються відносно стабільними протягом достатньо тривалого часу.

2. Крос-спектральна потужність коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R у діапазоні 0,05-0,15 Гц є достатньо сталою індивідуальною характеристикою серцево-судинної системи людини.

Література

1. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction / R.E.Kleiger [et al] // *Am. J. Cardiol.* – 1987. – V.59, №4. – P.256-262.
2. Influence of non-invasive measurements of arterial blood pressure in frequency and time-domain estimates of cardiac baroreflex sensitivity / S.M.Smith [et al] // *J Hypertens.* – 2008. – V.26, №1. – P.76-82.
3. Heritability of ambulatory heart rate variability / N.H.Kupper [et al] // *Circulation.* – 2004. – V.110, №18. – P.2792-2796.
4. Familiality of heart rate and cardiac-related autonomic activity in five-month-old twins: the Quebec newborn twins study / E.Dubreuil [et al] // *Psychophysiology.* – 2003. – V.40, №6. – P.849-862.
5. Коваленко С.О. Регуляторні ритми гемодинаміки та їх індивідуальні особливості у людей. – дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.13 ; Черкаси. – Черкаси, 2009. - 372 с.
6. Коваленко С.О. Програмна система первинної обробки кардіографічних сигналів / С.О. Коваленко, О.Є. Кушніренко, Л.І. Носенко // Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки. – Черкаси. – 2000. – Вип. 22. – С.73-78.
7. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // *Circulation.* – 1996. – V. 93. – P. 1043-1065.
8. Harrington F. Relationship of baroreflex sensitivity and blood pressure in an older population / F.Harrington, A.Murray, G.A.Ford // *J. Hypertens.* – 2000. – V.18, №11. – P.1629-1633.
9. Коваленко С.О. Варіабельність серцевого ритму. Методичні аспекти. / С.О. Коваленко, Л.І. Кудій – Черкаси: Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, 2016. – 298 с.
10. Коваленко С.О., Токар С.І. Хвильова структура коливань ударного об'єму крові та RR-інтервалів у діапазоні низьких частот серцевого ритму / С.О. Коваленко, С.І. Токар // *Фізіол. журн.* – 2007. – Т.53, №2. – С.36-40.

References

1. Kleiger R.E. et al (1987). Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction *Am. J. Cardiol.* 59, 4. 256-262.
2. Smith S.M. et al. (2008). Influence of non-invasive measurements of arterial blood pressure in frequency and time-domain estimates of cardiac baroreflex sensitivity *J Hypertens.* 26, 1. 76-82.
3. Kupper N.H. et al. (2004). Heritability of ambulatory heart rate variability. *Circulation.* 110, 18. 2792-96.
4. Dubreuil E. et al. (2003). Familiality of heart rate and cardiac-related autonomic activity in five-month-old twins: the Quebec newborn twins study. *Psychophysiology.* 40, 6. 849-62.
5. Kovalenko S.O. (2009). Regulatory rhythms of haemodynamics and their individual features at people Sc d dis. Cherkasy. 372 (in Ukr.).
6. Kovalenko S.O., Kushnirenko O.Ye., Nosenko L.I. (2000). Programmatic system of essential analysis of cardiographic signals. *Visnik Cherkaskogo unIversitetu(Bulletin of Cherkasy University. Biological sciences series).* Cherkasy. 22. 73-8 (In Ukr.).
7. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. (1996). *Circulation.* 93. 1043-65.
8. Harrington F., Murray A., Ford G.A. (2000). Relationship of baroreflex sensitivity and blood pressure in an older population. *Hypertens.* 18, 11. 1629-33.
9. Kovalenko S.O., Kudiy L.I. (2016). Heart Rate Variability. Methodical aspects. Cherkasy: Cherkas'kyy natsional'nyy universytet im. B. Khmel'nyts'koho. 298 p (In Ukr.)

10. Kovalenko S.O., Tokar S.I. (2006). The wave structure of the stroke volume and RR-interval oscillations in the low wave range of the heart rhythm. *Fiziolohichniy zhurnal (Physiology magazine)* (Kiev, Ukraine: 1994). 53, 2. 36-40.

Summary. *Kovalenko S. O., Miniev B. P., Kudii L. I., Androshchuk O. I., Zavhorodnia V. A. Reproducibility of oscillation characteristics of heart rate and stroke volume in men.*

Introduction. *To apply practically and to interpret theoretically the results obtained using different methods of evaluating the physiological hemodynamic oscillations, it is highly important to what extent the values of indicators are measured according to them after a long period of time.*

Purpose. *The purpose of our work was to research the reproducibility of the indicators of oscillation wave structure of heart rate (HR), stroke volume of blood (SV) and the level of their synchronization.*

Methods. *The repeated measurements of the indicators of spectral analysis of HR oscillations and SV were conducted on 37 men in 216 days on average.*

Results. *The indicators of spectral analysis of stroke volume and the duration of RR interval at rest and with different load remain relatively stable during rather long period of time. The cross-spectral power of stroke volume oscillations and the duration of RR interval in the range of 0.05-0.15 Hz is rather stable individual characteristics of cardio-vascular system of a man.*

Originality. *The reproducibility of the characteristics of spectral analysis of HR and SV oscillations in men after a long period of time is presented for the first time.*

Conclusion. *The characteristics of the oscillations of heart rate and stroke volume are the stable individual characteristics of the activity of cardio-vascular system of a man.*

Key words: *heart rate variability, spectral analysis.*

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 17.02. 2017
Прийнято до публікації 15.05.2017

ІНДИВІДУАЛЬНІ НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНІ ТА ВЕГЕТАТИВНІ МЕХАНІЗМИ ПЕРЕРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ОСОБАМИ З РІЗНОЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ РУХЛИВІСТЮ НЕРВОВИХ ПРОЦЕСІВ

Досліджували психофізіологічні показники ефективності переробки інформації, потужність основних ритмів ЕЕГ, коефіцієнт активації мозку та спектральні характеристики варіабельності серцевого ритму у осіб з різною функціональною рухливістю нервових процесів. Під час переробки інформації встановили залежність потужності основних ритмів ЕЕГ, коефіцієнту активації мозку та автономних механізмів регуляції серцевого ритму від функціональної рухливості нервових процесів. Особи з високими характеристиками ФРНП виконували тестове завдання по переробці інформації з меншою кількістю помилок, більш високою потужністю основних ритмів ЕЕГ і рівнем активації головного мозку та спектральних характеристик регуляції серцевого ритму, ніж обстежувані з низьким рівнем досліджуваної типологічної властивості.

Ключові слова: переробка інформації, функціональна рухливість нервових процесів, варіабельність серцевого ритму, електроенцефалографія.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. Наразі визнано, що технологія дослідження переробки інформації за показниками її кількості і якості, електрофізіологічними показниками ЕЕГ головного мозку та варіабельності серцевого ритму може бути ефективною для дослідження розумової діяльності [3, 10, 11]. Рядом досліджень показано, що варіабельність серцевого ритму, яка оцінюється за показниками TP, HF та LF і SDNN, RRNN кардіоінтервалів, підвищується за умови виконання когнітивних завдань [1, 3]. Крім того, іншими дослідженнями показана роль ЕЕГ-активності мозку у регуляції когнітивних функцій [10]. Показано роль паттернів діапазону ЕЕГ мозку у ефективному вирішенні задач контролю за переробкою інформації, використання короточасної пам'яті [4, 11].

Чисельні дослідження ЕКГ і ЕЕГ під час переробки інформації узгоджуються в тому, що стверджують наявність зв'язку між різними характеристиками варіабельності серцевого ритму та частотою, потужністю, величиною синхронізації і десинхронізації різних ритмів ЕЕГ [2, 8]. Але, на основі представлених робіт поки, що не можливо зробити узагальнення про вплив високо генетично детермінованих індивідуально-типологічних властивостей ВНД, а саме ФРНП на ефективність переробки інформації та варіабельність серцевого ритму і ЕЕГ- активність головного мозку. Припускаємо, що індивідуально-типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи можуть визначати участь різних нейрофізіологічних та вегетативних механізмів забезпечення переробки інформації.

Виходячи з цього, **метою** наших досліджень було вивчити індивідуальні особливості спектральних характеристик ЕЕГ і варіабельності серцевого ритму осіб з різною функціональною рухливістю основних нервових процесів під час переробки інформації.

Методика

Об'єктом обстеження були 30 підлітків 11-12 років. Дослідження проводили з дотриманням норм біоетики та положень Хельсинської декларації 1975 р. (у редакції 2000 р.) за попередньою згодою самих обстежуваних після інформування про цілі, тривалість та процедуру дослідження.

Для дослідження кількісних і якісних показників переробки інформації була

використана методика та комп'ютерний діагностичний комплекс «Діагност-1М» (1999-2014) [6]. В якості навантаження для переробки інформації застосовували диференціювання позитивної та гальмівної слухової інформації. Використовували тони, які подавались бінаурально через навушники. До початку роботи обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності до якої за умови появи звуку 1000 Гц (високий тон) необхідно було швидко натиснути та відпустити пальцем правої руки на праву кнопку. Поява звуку 300 Гц (низький тон) вимагала швидкого натискання та відпускання пальцем лівої руки на ліву кнопку. На звук 600 Гц (середній тон) - гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок. Всі обстежувані виконували на комп'ютері розумову роботу по переробці інформації у продовж 5 хв. на швидкості пред'явлення подразників 90 за хвилину. За цих умов кожен обстежуваний диференціював 450 подразників. Якість виконання завдань оцінювали за кількісними і якісними показниками. Кількісними показниками розумової роботи була величина переробленої інформації за 5-хв виконання завдання., а якість оцінювалась за абсолютною та відносною (%) кількістю помилкових реакцій.

До початку роботи (фон) та під час виконання завдання реєструвались показники варіативності серцевого ритму (ВСР) за допомогою комп'ютерної програми „Caspico”. Визначали статистичні та спектральні характеристики серцевого ритму [5, 9].

Запис та аналіз ЕЕГ здійснювали за допомогою електроенцефалографічного комплексу "Нейроком" ("ХАІ-медика"). У відповідності до міжнародної схеми 10/20 накладалися 19 електродів (Fp₁, Fp₂, F₃, F₄, F_z, C₃, C₄, C_z, P₃, P₄, P_z, T₃, T₄, F₇, F₈, T₅, T₆, O₁, O₂). В якості референтного використовувався об'єднаний вушний електрод.

Отримані результати обробляли комп'ютерною програмою Microsoft Excel-2010. Для порівняння груп підлітків використовувався непараметричний критерій “U” Вілкоксона-Манна-Уїтні. Достовірними вважали відмінності при значеннях $p \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення

Індивідуальний аналіз показав, що серед обстежуваних виділялась група осіб, які при переробці інформації робили малу і велику кількість помилкових реакцій. Межами цих груп були вибрані значення ФРНП які дорівнювали $M \pm m \times t$, де M- середнє значення, m – стандартна помилка, t – значення критерію Стьюдента при $p < 0,05$ для відповідного об'єму вибірки. Таким методом були виділені три групи з високими (більше $M + m \times t$), низькими (менше $M - m \times t$) і середніми показниками ФРНП.

Всі обстежувані виконували завдання з переробки інформації упродовж 5 хв. на швидкості пред'явлення подразників 90 за хвилину, та показали різну якість роботи, що залежала від рівня ФРНП обстежуваного. Особи з високим рівнем ФРНП допускали при виконанні завдання в середньому $5,6 \pm 0,4$ % помилкових реакцій. Обстежувані з середнім рівнем ФРНП виконували аналогічне завдання і допускали при цьому $9,4 \pm 1,4$ % помилок. Особи з низьким рівнем ФРНП допускали значно більше помилок під час виконання завдання – $16,6 \pm 2,3$ % помилок.

До початку роботи (фон) та під час виконання завдання реєструвались показники варіативності серцевого ритму (ВСР) у вихідному стані у обстежуваних з високим і низьким рівнем ФРНП достовірних різниць спектральних показників ВСР не виявили. Хоча, у групі з високим рівнем ФРНП спостерігали дещо вищі, ніж у осіб з низькою типологічною властивістю, значення тривалості RR інтервалів ЕКГ, значення LF/HF і нижчі потужності високочастотного діапазону HF.

Загальна потужність спектру ВСР під час виконання розумової роботи по диференціюванню і переробці інформації у осіб, як з високою, так і з низькою ФРНП достовірно знижувалась ($p < 0,05$). У групі осіб з високою ФРНП під час виконання роботи по переробці інформації спостерігали достовірно вищі значення загальної потужності (TP) спектра ВСР, ніж у обстежуваних з низькою ФРНП ($p < 0,05$).

Потужність високочастотного діапазону HF спектру ВСР (табл.1.) у обстежуваних обох груп під час виконання роботи по відношенню до фонових значень зменшилась ($p < 0,05$). За цих умов під час виконання тестового завдання потужність HF компоненту була достовірно більшою у групі осіб з високою ФРНП ($p < 0,05$).

Таблиця 1

Показники кардіоінтервалографії (медіана і квартилі 25-75%) у групах за рівнем функціональної рухливості основних нервових процесів

Групи досліджуваних за рівнем ФРНП	Етапи дослідження		Значимість різниць
	Фон	Під час роботи	
RR, мс			
З високою	686 (652; 697)	587 (552; 602) *	$p < 0,05$
З низькою	673 (660; 685)	567 (539; 581)	
Р (1-2 гр.)		$p < 0,05$	
HF, мс ²			
З високою	688 (658; 697)	385 (377; 393) *	$p < 0,05$
З низькою	670 (657; 685)	216 (201; 232) *	$p < 0,05$
Р (1-2 гр.)			
LF, мс ²			
З високою	996 (981; 1011)	567 (548; 586) *	$p < 0,05$
З низькою	1039 (1020; 1049)	487 (465; 503) *	$p < 0,05$
Р (1-2 гр.)		$p < 0,05$	

Потужність низькочастотного діапазону LF спектру ВСР у обстежуваних обох груп під час виконання роботи по відношенню до фонових значень зменшилась ($p < 0,05$). За цих умов під час виконання тестового завдання потужність LF компоненту була достовірно більшою у групі осіб з високою ФРНП ($p < 0,05$). У обстежуваних з низьким рівнем ФРНП потужність LF діапазону під час виконання роботи по переробці інформації була вища потужності HF діапазону спектра.

Таблиця 2

Співвідношення LF/HF та загальної потужності спектру (медіана і квартилі 25-75%) у групах за рівнем функціональною рухливості основних нервових процесів

Групи досліджуваних за рівнем ФРНП	Етапи дослідження		Значимість різниць
	Фон	Під час роботи	
Співвідношення LF/HF			
високий	1,13 (1,01; 1,25)	2,72 (2,61; 2,87) *	$p < 0,05$
низький	1,19 (1,02; 1,31)	2,33 (2,24; 2,58) *	$p < 0,05$
вірогідність, р		$p < 0,05$	
Загальна потужність TP, мс ²			
високий	2368 (2169; 2597)	1231 (1104; 1463) *	$p < 0,05$
низький	2278 (2098; 2401)	1091 (994; 1231) *	$p < 0,05$
вірогідність, р			

У осіб з високим та низьким рівнем ФРНП під час виконання роботи по переробці інформації спостерігали зміни співвідношення потужності LF та HF

діапазонів спектру ВСР. У фоні середні значення LF і HF діапазонів були практично однаковими, а під час виконання роботи достовірно переважала потужність LF діапазону ($p < 0,05$). Відповідно, значення LF/HF у вихідному стані, перед виконанням тесту у групах не відрізнялись, а під час виконання роботи по переробці інформації значення LF/HF достовірно зростали ($p < 0,05$). У випробовуваних з низьким і високим рівнем ФРНП під час виконання роботи по диференціюванню і переробці інформації потужність LF біла достовірно вища, ніж потужність HF діапазону (табл.2.). Відповідно, значення LF/HF під час діяльності значимо збільшився при переході від стану спокою до роботи ($p < 0,05$). Достовірні зміни цього показника спостерігали у групі осіб з низьким і високим рівнем ФРНП.

У вихідному положенні у обстежуваних з високим рівнем ФРНП спостерігались дещо вищі значення загальної потужності TP, потужності HF, LF і нижчі співвідношення LF/HF. Під час виконання робіт по переробці інформації у цих обстежуваних виявили достовірне зниження тривалості RR-інтервалів ЕКГ, потужності в діапазонах HF, LF і загальної потужності TP спектру ВСР при достовірному підвищенні співвідношення LF/HF. За умови виконання роботи по переробці інформації у обстежуваних з високим рівнем ФРНП достовірно вищими були значення загальної потужності TP, потужності HF, LF і більшим співвідношення LF/HF, ніж у обстежуваних з низькою ФРНП.

У групі осіб з низькою ФРНП у фоні виявили дещо нижчі значення загальної потужності TP спектру ВСР, потужності HF, LF і вищі співвідношення LF/HF. Під час виконання робіт по переробці інформації у них відбувалось зниження результатів переробки інформації та виявили достовірне зниження тривалості RR-інтервалів ЕКГ, потужності в діапазонах HF, LF та загальної потужності TP спектру ВСР при достовірному підвищенні співвідношення LF/HF.

Таким чином, якщо тривалість RR-інтервалів ЕКГ і потужність HF діапазону спектра ВСР зменшувалась під час виконання завдання по переробці інформації у обстежуваних обох груп, то зміни загальної потужності (TP) і співвідношення потужності LF і HF компонентів спектру ВСР були вищими у групі осіб з високою ФРНП, які допускали найменшу кількість помилок.

Показники коефіцієнту активації (КА) ЕЕГ у всіх обстежуваних за умови замружені очі були нижчими, ніж у стані відкриті очі. У фоні з відкритими очима ми не виявили достовірних різниць за коефіцієнтом активації у групах з високим та низьким рівнем ФРНП (рис. 1.)

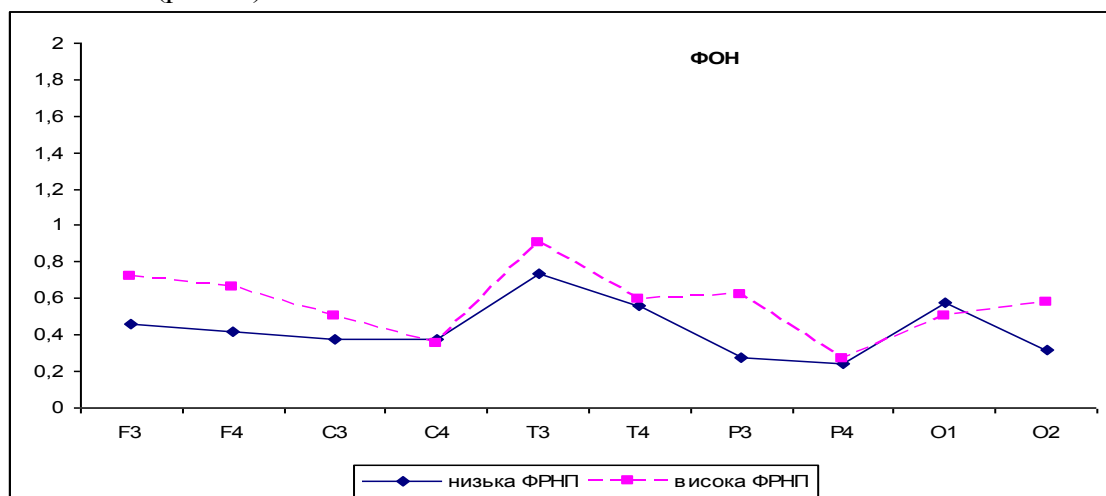


Рис. 1. Коефіцієнт активації головного мозку ЕЕГ у групах з високим та низьким рівнем функціональної рухливості основних нервових процесів у спокої

Під час роботи по переробці інформації КА обстежуваних з високим і низьким рівнем ФРНП зріс у більшості відведень по відношенню до фонових показників ($p < 0,05$) (табл. 3).

Таблиця 3

Показники коефіцієнту активації ЕЕГ (медіана і квартилі 25-75%) у групах з різним рівнем функціональної рухливості основних нервових процесів

Відведення ЕЕГ	Етапи дослідження		Значимість різниць
	Фон	Під час роботи	
висока ФРНП			
F3	0,72 (0,59; 0,9)	1,19 (1,08; 1,28)	
F4	0,66 (0,47; 0,84)	0,76 (0,62; 0,87)	
C3	0,5 (0,31; 0,69)	0,86 (0,67; 0,94)	
C4	0,35 (0,21; 0,51)	0,99 (0,81; 1,15)	
T3	0,9 (0,81; 1,1)	1,27 (1,11; 1,41)	
T4	0,59 (0,47; 0,72)	1,27 (1,05; 1,52)	
P3	0,62 (0,45; 0,89)	1,73 (1,28; 1,99)	$p < 0,05$
P4	0,27 (0,19; 0,41)	1,62 (1,42; 1,87)	$p < 0,05$
O1	0,5 (0,35; 0,61)	0,89 (0,77; 1,05)	
O2	0,58 (0,41; 0,79)	0,82 (0,72; 0,99)	
низька ФРНП			
F3	0,46 (0,28; 0,59)	0,85 (0,59; 1,03)	
F4	0,42 (0,33; 0,61)	0,86 (0,63; 0,97)	
C3	0,38 (0,22; 0,57)	0,68 (0,55; 0,77)	
C4	0,38 (0,25; 0,54)	0,85 (0,68; 0,97)	
T3	0,74 (0,59; 0,88)	1,1 (0,89; 1,35)	
T4	0,56 (0,37; 0,74)	1,37 (1,17; 1,52)	
P3	0,28 (0,14; 0,42)	1,62 (1,38; 1,77)	$p < 0,05$
P4	0,24 (0,17; 0,39)	1,58 (1,41; 1,70)	$p < 0,05$
O1	0,58 (0,35; 0,72)	1,28 (1,03; 1,45)	
O2	0,32 (0,18; 0,55)	0,66 (0,44; 0,78)	

У обстежуваних з високим рівнем ФРНП спостерігали достовірне підвищення потужності КА при виконанні роботи по переробці інформації у порівнянні з фоновими значеннями. Під час виконання роботи достовірні зміни спостерігались у відведеннях P4, P3, C3, C4 та T4, O2 ($p < 0,05$). У обстежуваних з низьким рівнем ФРНП при виконанні тестового завдання по диференціюванню та переробки інформації КА ЕЕГ достовірно ($P < 0,05$) підвищувався, але був меншим у більшості відведень ніж у обстежуваних з високим рівнем досліджуваної типологічної властивості у відведеннях P4, P3, C3, C4 та O2 (рис. 2).

Таким чином, у обстежуваних з різною ФРНП, при переробці інформації, спостерігали достовірні зміни КА при переході від стану спокою до виконання тестового завдання. Причому найбільш виражене підвищення КА ЕЕГ мало місце у обстежуваних з високою ФРНП, які допускали найменшу кількість помилкових реакцій і демонстрували кращі результати переробки інформації.

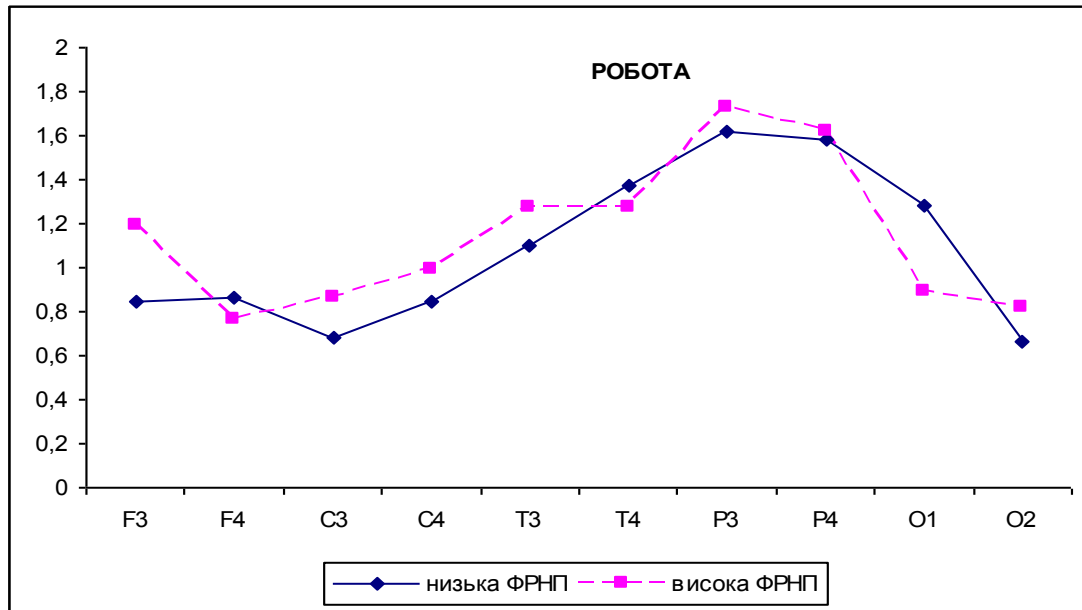


Рис. 2. Коефіцієнт активації головного мозку ЕЕГ у групах з високим та низьким рівнем функціональної рухливості основних нервових процесів під час переробки інформації.

Результати, які ми отримали у цьому дослідженні, свідчать на користь того, що індивідуально-типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи визначають результативність переробки інформації, а також односпрямовані зміни вегетативних механізмів регуляції серцевого ритму та мозкової активації. За характером цих змін чітко простежуються індивідуально-типологічні особливості вегетативної регуляції серцевого ритму та мозкової активації. У осіб з високою ФРНП виявили більш високу результативність переробки інформації (менша кількість помилок), ніж у осіб з низькою градацією досліджуваної типологічної властивості. В спектрі ВСР обстежуваних з високою ФРНП, зареєстрованої під час виконання роботи при переробці інформації, у порівнянні з особами віднесеними до групи з низькою ФРНП, спостерігали достовірно вищі значення загальної потужності (TP), ніж у обстежуваних з низькою ФРНП, що вказувало на більш високий рівень активації автономних механізмів регуляції за рахунок симпато-адреналової системи. За характером змін чітко простежується індивідуально-типологічний рівень активації механізмів мозкової активності. У групі осіб, які віднесені за показниками ФРНП до групи з високим її рівнем у спектрі основних ритмів ЕЕГ спостерігалось підвищення КА, достовірно виражене у потиличних ділянках кори головного мозку.

На нашу думку у осіб з високим рівнем властивостей основних нервових процесів фізіологічні зміни ВСР та ЕЕГ головного мозку у відповідь на напружену роботу з переробки інформації зв'язані з більш досконалішими механізмами переробки та оцінки інформації і її нейрофізіологічного та вегетативного забезпечення [7]. Такий спосіб забезпечення виконання роботи надзвичайно економний, так як характеризується підвищенням продуктивної активації модулюючої системи мозку, зростанням вкладу підсистеми неемоційної компоненти, що і викликає регіонарно-специфічну фізіологічну реакцію, і тому може забезпечувати ефективну реалізацію інтенсивної розумової діяльності упродовж тривалого часу.

Висновки

1. Результати дозволяють констатувати, що з підвищенням функціональної рухливості нервових процесів, підвищується ефективність переробки інформації

паралельно з підвищенням функціональної активності нейрофізіологічних і вегетативних механізмів регуляції.

2. Особи з високими характеристиками ФРНП виконували тестове завдання по переробці інформації з меншою кількістю помилок і більш високою потужністю спектральних характеристик автономної регуляції серцевого ритму та коефіцієнтом активації головного мозку, що було достовірно виражене у зацікавлених ділянках кори головного мозку, ніж обстежувані з низьким рівнем ФРНП.

Література

1. Андрианов В.В., Василюк Н.А. Вариабельность сердечного ритма при выполнении различных результативных задач // Физиол. человека. – 2001. – Т.27. – №4. – С. 50-55.
2. Антропова М.В., Бородкина Г.В., Кузнецова Л.М., Манке Г.Г., Параничева Т.М. Прогностическая значимость адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у детей 10-11 лет // Физиология человека. – 2000. – Т.26. – №1. – с.56-61.
3. Доцоев Л.Я., Усынин А.М., Вагнер Н.И., Тутатчиков А.Т. Функциональное состояние учащихся 11-12 лет в условиях интенсивных учебных нагрузок по данным анализа вариабельности сердечного ритма // Физиология человека. – 2003. – Т.29. – №4. – с.62-65.
4. Кальниш В.В., Швець А.В. Психофізіологічні особливості якості виконання завдань при збільшенні їх складності // Фізіол. журн. – 2007. – Т.53. – №5. – С. 99-108.
5. Коваленко С.О., Кушніренко О.Є., Носенко Л.І. Програмна система первинної обробки кардіографічних сигналів // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – 2000. – Вип. 22. – С. 73-78.
6. Макаренко М.В. Методика проведення та оцінки індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини // Фізіол. журн. – 1999. – Т.45. – №4. – С. 123-131.
7. Макаренко М.В., Лизогуб В.С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. – Черкаси, Вертикаль. - 2011.
8. Casey B.J., Jones R.M., Hare T.A. The Adolescent Brain // Ann. N.Y. Acad. Sci. 2008. V.1124. P.111.
9. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use: Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology // Circulation, 1996 – Vol.93 – P.1043-1065.
10. Karemaker J. M. Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical consideration and clinical applicability / J. M. Karemaker // Clinical autonomic disorders. Evaluation and management / Ed. P. A. Low. – Boston etc.: Little Brown and Co., 1993. – P. 315 – 330.
11. Sonkin K.M., Stankevich L.A., Khomenko J.G. et al. Development of electroencephalographic pattern classifiers for real and imaginary thumb and index finger movements of one hand // Artif. Intell. Me. 2015. V.63. №2. P.107.

References

1. Docoev, L.J., Usinin, A.m., Vagner, N.I., Tutatchikov, A.T. (2003)Functional state of 11-12 year scholars in conditions of intensive academic load according to the data of heart rate variability analysis. Fiziologiya cheloveka (Human physiology), 29 (4), 62-65 (in Russ.)
2. Karemaker, J. M. (1993). Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical consideration and clinical applicability. Clinical autonomic disorders. Evaluation and management, Boston etc.: Little Brown and Co., 315–330.
3. Sonkin, K.M., Stankevich, L.A., Khomenko, J.G. et al. (2015). Development of electroencephalographic pattern classifiers for real and imaginary thumb and index finger movements of one hand. Artif. Intell. Me, 63(2), 107
4. Adrianov, V.V., Vasiljuk, N.A. (2007). Heart rate variability during fulfillment of different resultative tasks. Fiziologiya cheloveka. (Human physiology), 27 (4), 50-55 (in Russ.)
5. Kalnisch, V.V., Schvec, A.V. (2007). Psychophysiological peculiarities of fulfilling tasks with increasing complexity. Fiziologichnyi zhurnal (Physiological journal), 53(5), 99-108 (in Ukr.)
6. Antropova, M.V., Borodkina, G.V., Kuznecova, L.M., Manke, G.G., Paranicheva, T.M. (2000). Prognostic significance of adaptive potential of cardiovascular system in children aged 10-11 years. Fiziologiya cheloveka (Human physiology), 26(1), 56-61 (in Russ.)
7. Casey, B.J., Jones, R.M., Hare, T.A.(2008). The Adolescent Brain. Ann. N.Y. Acad. Sci., 1124, 111
8. Makarenko, M.V. (1999). Method of estimation of individual neurodynamic characteristics of higher nervous activity in man. Fiziologichnyi zhurnal (Physiological journal), 45(4), 123-131 (in Ukr.)
9. Kovalenko, S.O., Kuschnirenko, O.E., Nosenko, L.I. (2000). Software system of primary cardiography signals processing. Visnyk Cherkaskogo universytetu. Seria Biologichni nauky (Bulletin of Cherkasy University. Series of Biological Sciences), 22, 73-78 (in Ukr.)

10. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use: Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing Electrophysiology (1996). *Circulation*, 93, 1043-1065
11. Makarenko, N.V., Lizogub, V.S. (2011). Human psychophysiological functions ontogenesis. Cherkassy: Vertikal (in Ukr.)

Summary. *Kozhemyako T.V. Individual neurophysiological and vegetative mechanisms of information processing of individuals with various functional mobility of nervous processes.*

Introduction. *Based on the analyzed works so far, it is not possible to make generalizations about the impact of highly genetically determined individually-typological characteristics of higher nervous activity (HNA), namely the functional mobility of nervous processes (FMNP) on the efficiency of information processing and variability of heart rate and EEG - brain activity. We assume that individually-typological characteristics of higher areas of central nervous system may determine the role of various neurophysiological and vegetative mechanisms of information processing.*

Purpose. *The purpose of our research was to study the individual peculiarities of the spectral characteristics of EEG and the heart rate variability of individuals with different functional mobility of the main nervous processes during the information processing.*

Methods. *In total 30 children of Computer Technologies department have been tested (age 11-12 years). Individually-typological characteristics of main nervous processes (functional lability [FLNP]), heart rate variability (HRV), wave structure of heart rate (WSHR), electrocardiogram (ECG). FLNP was measured using M.V. Makarenko methodics on a computer complex "Diagnost-1" in forced pace mode (constantly increasing load). Parameters of HRV and WSHR were measured using software "Caspico". EEG parameters were defined using computer diagnostic complex "ReoCom XAI".*

Results. *The results allow to ascertain that with the increase of functional mobility of nervous processes, increase the efficiency of information processing in parallel with the increase of the functional activity of neurophysiological and vegetative mechanisms of regulation.*

Individuals with high characteristics of functional mobility of nervous processes did a test on information processing with fewer errors and higher power of spectral characteristics of autonomic regulation of heart rate and the brain activation coefficient which were significantly expressed in the interested areas of the cortex than the individuals with low functional mobility of nervous processes.

Originality. *From a practical point of view we substantiate the use of peculiarities of individually-typological characteristics of higher areas of central nervous system to raise functional capacity of the brain and autonomic heart regulation processes and we develop the individual approaches to implementation of the cognitive activity control technologies that can be used in the physiology of labor, clinical practice for treatment and rehabilitation of psychosomatic disorders and learning.*

Conclusion. *The results of this research demonstrated the dependence of changing the power of the main EEG rhythms and spectral characteristics of heart rate during the information processing on individually-typological characteristics of higher areas of central nervous system. These results develop a theoretical picture of the connection of individually-typological characteristics of higher areas of central nervous system, neurophysiological and vegetative mechanisms that provide cognitive activity.*

Key words: *information processing, functional mobility of nervous processes, heart rate variability, electroencefalography.*

**Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси**

Одержано редакцією 17.02.17

Прийнято до публікації 15.05.2017

ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ТЕРИТОРІЇ КРЕМЕНЧУЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА В СИСТЕМІ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇЇ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ

Проведенні дослідження рослинного покриву території Кременчуцького водосховища з метою розробки плану екологічного менеджменту для ефективного збереження і відновлення існуючого фіторізноманіття. Розроблена система оптимізації рослинного покриву, яка повинна сприяти відтворенню і охороні рідкісних та зникаючих видів і фітоценозів, включати заходи із запобігання виснаження та забезпечення відтворення фіторесурсів, відновленню і рестабілізації порушених екотопів, а також підвищенню естетичної, оздоровчої та рекреаційної цінності території водосховища.

Ключові слова: *Кременчуцьке водосховище, екологічний менеджмент, система оптимізація рослинного покриву.*

Постановка проблеми. Зі створенням штучних водойм введена в дію велика кількість поливних земель. Однак, значні витрати води та недосконала дренажна система призвели до підтоплення земель і територій багатьох населених пунктів. Однією з найгостріших регіональних екологічних проблем водосховищ стала також зміна гідрорежиму малих річок, які перебувають під впливом їх дії [1].

У водосховищах різко знижується швидкість течії і формуються зони акумуляції за дельтовим типом. За цих умов утворюються значні площі гідроморфних ландшафтів, які в подальшому стають острівними ділянками, що призводить до обміління і заболочування та втрати основних функцій водосховищ [2].

На сучасному етапі функціонування водосховищ р. Дніпро, рослинний покрив їх території існує у вторинно-трансформованих умовах. Додаткове посилення антропогенного навантаження на екосистеми спричинює нові трансформації фіторізноманіття, насамперед, раритетного [3].

Руйнування природних ландшафтів призвело до втрати багатьох біотопів і, відповідно, збіднення біотичного та ландшафтного різноманіття. Головним завданням є недопущення нових втрат і відновлення трансформованих природних екотопів. Це потребує спільних дій органів державної виконавчої влади і місцевого самоврядування, територіальних громад, а також землевласників і землекористувачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Екологічні наслідки створення великих водосховищ привертають увагу фахівців та громадськості в усьому світі. Їх створення призвело до трансформації екосистем долин річок [4]. Внаслідок „двітиння” води, яке має постійний прояв, відбувається знищення природних нерестилищ, загибель риби [5, 6]. У басейні Дніпра трансформовано понад 80% природних екосистем. Його руслова частина зберігає свій природний стан лише на невеликих ділянках, що з'єднують водосховища.

Мета статті. Розробити план екологічного менеджменту, як найбільш дієвого способу оцінки природної, соціально-економічної цінності конкретної території, визначити цілі управління, впровадити найоптимальніші шляхи для їх досягнення.

Методика дослідження. Польові дослідження проводилися протягом 2010-2015 рр. на території Кременчуцького водосховища традиційними методами (детально-маршрутний, рекогносцирувальний, виконання геоботанічних описів, а також – еколого-ценотичного профілювання).

Результати та обговорення

Екологічний менеджмент включає організаційну структуру, діяльність із планування, обов'язки, відповідальність, досвід, методи, процеси і ресурси для

розроблення, здійснення й аналізу. Він також є необхідним для періодичного контролю оцінки розроблених та впроваджених заходів [7, 8].

Встановлено, що для геокомплексів території водосховища першочерговими загрозами є порушення гідрологічного режиму, накопичення органічної речовини, обміління, будівництво, несанкціонований видобуток піску, намивання прибережних смуг, розмивання головних русел, забруднення води. Для поліпшення стану водних екосистем та ліквідації існуючих загроз потрібно створити систему заходів, спрямованих на забезпечення оптимальних умов розвитку трансформованих ландшафтів.

Довгострокові цілі екологічного менеджменту:

- забезпечення природного розвитку геоморфологічних і гідрологічних процесів в межах водосховища (шляхом зменшення втручання в гідрорежим водосховища);
- поліпшення екологічного стану території водосховища з метою досягнення екологічної рівноваги, збереження і відтворення біорізноманіття регіону;
- забезпечення невиснажливого використання природних ресурсів;

Оперативні цілі екологічного менеджменту:

- регулювання коливання рівня води (шляхом не допускання різкого його зниження до 2-2,5 м);
- зменшення антропогенного евтрофування і забруднення водосховища (шляхом мінімізації скидів підприємств, побутових стоків);
- скорочення і локалізація замулюючих факторів (шляхом проведення днопоглиблювальних робіт у верхів'ї водосховища);
- пошук оптимального (з точки зору екологічної безпеки) місця для відвалу ґрунту, який виймається при днопоглиблюваних роботах, з метою мінімізації руйнівного впливу на прибережні екотопи;
- зменшення евтрофування водойми (шляхом вилучення частини фіторесурсів до 1000 т щороку);
- попередження ерозії берегів (шляхом створення та відновлення водозахисних поясів з повітряно-водної рослинності, а також берегоукріплюючих споруд);
- розширення та відновлення прибережних водозахисних смуг до 100-150 м, в залежності від рівня їх біорізноманіття;
- перегляд існуючих земельних відводів, визначення та затвердження цільового призначення земель прибережної смуги;
- заборона передачі прибережних смуг в довгострокову оренду з подальшою їх приватизацією;
- сприяння розвитку екологічно чистого комунального господарства в населених пунктах, що межують з територією водосховища, шляхом залучення населення до екологічних акцій, проведення різних видів тренінгів;
- посилення екологічної обізнаності і налагодження екологічної освіти місцевого населення;
- розширення меж Канівського природного заповідника з створенням на його основі біосферного заповідника з включенням до його складу верхньої частини водосховища;
- проведення поступового зниження рівня води та відновлення природного русла;
- залучення неурядових громадських організацій та учнівської, студентської молоді до вирішення природоохоронних питань, шляхом проведення різних заходів в межах території водосховища.

План дій (основні напрямки):

- створення Канівського біосферного заповідника, з проведенням науково-обґрунтованого зонування його території з врахуванням природоохоронних, рекреаційних і соціально-економічних потреб;

Поліпшення екологічного стану довкілля:

- запровадження всільському господарстві заготівлі очерету;
- реконструювати та побудувати нові очисні споруди м. Канів, Черкаси, припинивши надходження неочищених побутових, сільськогосподарських і промислових стоків до акваторії водосховища;
- впровадити систему комплексного моніторингу якості води і стану екосистеми водосховища;

Управління угрупованнями та екосистемами:

- припинення добування піску, намивання нових територій та будівництва;
- заборонити інтродукцію адвентивних видів;
- вилучати де, це можливо, адвентивні, рудеральні види (шляхом виривання вручну або за допомогою техніки);
- контролювати пасовищне навантаження на лучних ділянках поблизу населених пунктів;
- контролювати рекреаційне навантаження;
- застосовувати, якщо це потрібно, такий спосіб управління сукцесіями рослинних угруповань, як випалювання окремих ділянок;

Управління популяціями видів:

- підтримувати і відновлювати популяції рідкісних та зникаючих видів (шляхом проведення моніторингових спостережень, обмежень викошування, випасання рослинності);
- підсівати насіння відновлювальних видів;

Для ефективного збереження і відновлення існуючого фіторізноманіття потрібна розробка системи оптимізації рослинного покриву. Вона повинна сприяти відтворенню і охороні рідкісних та зникаючих видів і фітоценозів, включати заходи із запобігання виснаження та забезпечення відтворення фіторесурсів, відновленню і рестабілізації порушених екотопів, а також підвищенню естетичної, оздоровчої та рекреаційної цінності [9, 10].

Головними напрямками стратегії оптимізації рослинного покриву території водосховища є:

- розширення меж існуючих об'єктів природно-заповідного фонду шляхом створення у верхів'ї водосховища біосферного заповідника та на базі системи островів у нижній частині водосховища Світловодського регіонального ландшафтного парку;
- здійснення моніторингу за станом популяцій рідкісних видів та угруповань, що потребують охорони;
- контроль за динамікою адвентивних видів з високою інвазійною спроможністю;
- дотримання режимів охорони рідкісних видів та угруповань в межах об'єктів природно-заповідного фонду;
- вилучення фітомаси шляхом викошування угруповань *Phragmitetum communis* на мілководних ділянках у верхній частині водосховища;
- запобігання втрат фіторізноманіття, зокрема на приватизованих та орендованих землях, шляхом вилучення цих ділянок з наданням їм статусу водно-болотних угідь міжнародного і національного значення;
- забезпечення цілісності та відновлення екосистем шляхом формування регіональної екомережі території водосховища;
- встановлення норм якості та обсягів використання води для технологічних процесів.

Висновки

Названі пріоритетні завдання охорони та оптимізації рослинного покриву території водосховища сприятимуть зменшенню втрат видового та ценотичного

різноманіття надмірно порушених річкових долин. Розроблення плану оптимізації передбачає управління процесами і явищами із врахуванням стану рівноваги рослинного покриву, можливостей його саморегуляції і самовідновлення, включатиме заходи із запобігання виснаження та забезпечення відтворення фіторесурсів, відновленню і рестабілізації порушених екотопів, а також підвищенню естетичної, оздоровчої та рекреаційної цінності території водосховища.

Література

1. Білоконь В. М. Міжнародні на національні аспекти екологічного оздоровлення басейну Дніпра в Україні. / В. М. Білоконь, О. Л. Дронова, А. І. Стащук // Укр. геогр. журн. – 2005. – № 2. – С. 23–30.
2. Конограй В.А. Типологічна схема геокмплєксів території Кременчуцького водосховища / В. А. Конограй // Вісник Черкаського університету. Сер. : Біологічні науки. – 2014. – Вип. 2. – С. 59–63.
3. Конограй В.А. Еколого-ценотичний аналіз флори території Кременчуцького водосховища / В. А. Конограй // Вісник Черкаського університету. Сер. : Біологічні науки. – 2016. – Вип. 1. – С. 67–71.
4. Балашов Л. С. Рослини-індикатори надмірного новопідтоплення. / Л. С. Балашов // Укр. ботан. журн.– 1986. – Т 43, № 1. – С. 87–90.
5. Биологические аспекты изучения водохранилищ: [сборник статей/ Ред. д. биол. н. Штегман Б. К.] – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 201 с.
6. Тімченко В. М. Екологічні умови до правил експлуатації дніпровських водосховищ (наукові засади та проблеми) / В. М. Тімченко, О. П. Оксінюк // НАН України. – К., 2002. – 35 с.
7. Котенко Т. И. Биоразнообразие Джарыльгача: современное состояние и пути сохранения / Т. И. Котенко, Т. Б. Ардамацкая, Д.В. Дубына и др. / Науч. ред. Т. И. Котенко, Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – Вест.зоологии. – 2000. – Спец. выпуск. – 240 с.
8. Управління водно-болотними угіддями міжнародного значення: методичні рекомендації до планування та впровадження / [під ред. В. А. Костюшина]. – Київ, 2005. – 194 с.
9. Проект Національної стратегії збереження водно-болотних угідь України // Мат-ли до робочої наради щодо підготовки попереднього варіанту Стратегії охорони біорізноманіття. – К., 2001. – 65 с.
10. Чинкіна Т. Б. Сучасний стан і стратегія охорони рослинності нижнього Дніпра / Т. Б. Чинкіна // Мат. X з'їзду Укр. ботан. тов-ва. – К. – Полтава : УБТ, 1997. – С. 273–274.

References

1. Belokon V. (2005) International aspects of the national Dnipro Basin in Ukraine. // *Ukr. Geography.Zh.* – № 2. – 23-30.
3. Konohray V. A. (2014) Typological scheme heokmpleksiv area Kremenchug // *VestnikCherkassky University. Avg. : Biological Sciences.* – Vol. 2. – 59-63.
4. Konohray V. A. (2016) Ecological analysis of the flora coenotic area Kremenchug reservoir // *VestnikCherkassky University. Avg. : Biological Sciences.* – Vol. 1. – 67-71.
5. Balashov L.S. (1986) Indicator plant novopidtoplennya excessive. // *Ukrainian Botanical Journal* – Т 43, № 1. – 87-90.
6. Study reservoirs Byolohycheskye aspects: [collections of papers / Ed. d. Biol. N. Stegmann BK] – *Moscow: Publishing House of Acad. Sciences USSR*, 1963. – 201 p.
7. Timchenko V. (2002) Environmental conditions to the operating rules of the Dnieper reservoirs (scientific principles and problems) // *NAS of Ukraine.* – К. – 35 p.
8. Kotenko T.I. (2000) Biodiversity Dzharylgach: Modern STATUS WAYS and Saving / *Scientific. Ed. TI Kotenko, J. R. Shelyag-Sosonko.* – *West. Zoology.* – Spec. issue. – 240 p.
9. Managing wetlands of international importance, guidelines for planning and implementation (2005) / [ed. V.A. Kostyushin]. – Kyiv – 194 p.
10. Draft National Strategy for conservation of wetlands Ukraine (2001) // *Proceedings of the working meeting on preparation of the draft Biodiversity Strategy.* – К. – 65 p.
11. Chynkina T.B.(1997) Current status and protection strategy for vegetation Lower Dnieper // *Math. X Congress of Eng. Botan. Comrade Island.* – Kyiv-Poltava: UBS – 273-274.

Summary. *Konohray V. A. The environmental management of Kremenchug reservoir area in the system to optimize its vegetation.*

Introduction. *In reservoirs dramatically reduced the rate of flow and accumulation zones are formed by delta type. Under these conditions produced large areas of hydromorphic landscapes, which later become insular areas, leading to shallowing, waterlogging and loss of basic reservoirs*

functions`. The destruction of natural landscapes led to the loss of many habitats and consequently depletion of biotic and landscape diversity. The main objective is to prevent new losses and the restoration of transformed natural ecotypes.

Purpose. The development of environmental management plan is the most effective way to properly assess the natural, social and economic value of a particular territory, to determine management objectives, develop and implement the most optimal ways to achieve them.

Methods. Field studies were conducted during 2010-2015 in Kremenchug reservoir area with traditional methods (detailed-trip, reconnaissance, performance geobotanical descriptions, and – eco-coenotic profiling).

Results. It was established that for the heocomplexes of reservoir area primary threat is a violation of the hydrological regime, accumulation of organic matter, shoaling, construction, unauthorized mining of sand, watering coastal zones, erosion of the main currents and water pollution. To improve the status of aquatic ecosystems and eliminate existing threats we need to create a system of measures aimed at ensuring optimal conditions of transformed landscapes.

Effective conservation and restoration of existing phytodiversity need to develop a system of optimization vegetation. It should promote reproduction and protection of rare and endangered species include measures to prevent exhaustion and reproductive phytoresources, restoration and restabilization raised ecotypes, and increase the aesthetic, health and recreational values.

Conclusion. The priorities mentioned above to protect and optimize vegetation reservoir area will help to reduce the loss of species diversity and coenotic unduly affected river valleys. The development of the plan involves optimizing management processes and phenomena taking into account the equilibrium vegetation, its capacity of self-regulation and self-healing, will include measures to prevent exhaustion and reproductive phytoresources, restoration and restabilization raised ecotypes and increase of aesthetic, health and recreational value of the territory reservoir.

Key words: Kremenchug storage pool, environmental management, the system of optimized vegetation.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 21.01.2017

Прийнято до публікації 15.05.2017

МІЖПІВКУЛЬНЕ ПЕРЕНЕСЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ СКЛАДНОГО ТЕСТУ СТРУПА ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ПРОСТОРОВОЇ ОЗНАКИ У ПРАВШІВ І ЛІВШІВ

Метою дослідження стало вивчення бімануальних реакцій при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки. Обстежено 64 студенти ННЦ «Інститут біології і медицини» обох статей, 39 правшів і 25 лівшів. Подразник (слово «зелений» або «красный», написано відповідним або невідповідним кольором) пред'являвся справа або зліва від центру екрану. У випадку збігу кольору слова і його семантичного значення потрібно було натискати кнопку іпсилатеральною рукою (відповідь «так»), розбіжності – контралатеральною рукою (відповідь «ні»). За латентними періодами (ЛП) реакцій і кількістю помилок (КП) правші і лівші не відрізняються. Відповіді «так» надаються швидше, ніж відповіді «ні», як правою, так і лівою рукою, як у правшів, так і у лівшів. Порівняння ЛП однойменних відповідей обох рук показало, що відповіді «так» надаються швидше правою рукою, а відповіді «ні» - лівою як у правшів, так і у лівшів, внаслідок чого різниця ЛП між «так» і «ні» для лівої руки менша, ніж для правої. Це вказує на легше перенесення інформації із лівої півкулі у праву, ніж у зворотному напрямку. Перенесення інформації із однієї півкулі в іншу (різниця між «так» для однієї руки і «ні» для іншої) відрізняється для двох напрямків лише на час калозальної затримки (3,55 мс), що вказує на механізм міжпівкульної синхронізації. При наданні відповідей «так» КП менша, ніж при відповідях «ні». Менша КП при відповідях «ні» для правшів спостерігається при перенесенні інформації із лівої півкулі до правої, тоді як для лівшів – навпаки – із правої півкулі до лівої. Отримані результати вказують на те, що метаконтроль рухів і у правшів, і у лівшів знаходиться в лівій півкулі, а метаконтроль помилок у правшів – у лівій півкулі, а у лівшів – в правій.

Ключові слова: бімануальні реакції, тест Струпа із просторовою ознакою, міжпівкульне перенесення, міжпівкульна синхронізація, правші, лівші.

Постановка проблеми. Міжпівкульна взаємодія є важливою для інтегрування сприйняття і моторного контролю двох частин тіла. Мозолисте тіло забезпечує більшість міжпівкульних зв'язків, уможливаючи таке інтегрування. Поффенбергер (1912) був першим, хто дослідив це питання експериментально, використавши парадигму часу простої реакції (ЧР) для вимірювання часу міжпівкульного передавання інформації [1]. Він спирався на латералізоване півкульне представлення правого і лівого напівполів зору і латералізований контроль дистальних рухів. Згідно “анатомічної моделі” Поффенберга, коли використовується рука з тієї самої сторони, що і латералізований вхід, виявлення стимулу і моторна відповідь об'єднуються в одній і тій самій півкулі (не перехрещений шлях). На противагу, коли використовується рука, протилежна до сторони пред'явлення стимулу, виявлення і відповідь мають бути об'єднані між півкулями через МТ (перехрещений шлях). Цей довший шлях має повільніший ЧР, що і було виявлено Поффенбергом та багатьма іншими дослідниками [1]. З часів піонерської роботи Поффенберга різниця ЧР між перехрещеним і не перехрещеним станом (ПНР (перехрещена-неперехрещена різниця), (crossed-uncrossed difference (CUD))) приймається як міра часу міжпівкульного передавання інформації (нормальні величини – близько 3-4 мс). За останні 20 років у поведінкових і електрофізіологічних дослідженнях неодноразово було показано, що для цілого ряду поведінкових і когнітивних процесів калозальне передавання інформації є асиметричним, а саме швидшим від правої півкулі до лівої. Функціональне значення і нейронні основи асиметрії все ще досліджуються, але одне із пояснень полягає в тому, що це пов'язано з більшою кількістю кіркових нейронів, які посилюють свої аксони

через мозолисте тіло із правої півкулі у ліву, ніж у зворотному напрямку. Ця асиметрія може бути пов'язана з необхідністю швидкого доступу лівої півкулі під час виконання завдань, які в основному підпорядковуються правій півкулі [2]. Більшість рухів виконується людьми із залученням обох рук, і при цьому дуже важливою є узгодженість/синхронізація їх взаємодії. Механізми такої взаємодії дотепер залишаються малодослідженими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рухи домінантної руки викликають більшу контралатеральну активацію (більшу, ніж рухи недомінантної руки), і відносно меншу іпсилатеральну активацію. Рухи недомінантної руки викликають більш збалансовані патерни активації обох півкуль внаслідок відносно більшої іпсилатеральної активації. Це свідчить про те, що домінантна (права) рука контролюється переважно контралатеральною (лівою) півкулею, тоді як недомінантна рука контролюється обома - правою і лівою півкулями. Цей ефект особливо проявляється при виконанні складних рухів [3]. Виявлено внутрішній баланс збудливих і гальмівних поєднань серед ключових рухових ділянок в межах кожної півкулі та між півкулями. Нейронне поєднання в цих мережах специфічно модулюється при одно- та бімануальних рухах. При одно мануальних рухах коннективність із контралатеральною первинною руховою корою посилюється, тоді як нейронне поєднання із іпсилатеральною руховою корою зменшується як внаслідок транскалозального гальмування, так і низхідного модулювання. Бімануальні рухи рук пов'язані із симетричним посиленням нейронної активності, опосередкованої як збільшенням внутріпівкульних зв'язків, так і посиленням транскалозальним поєднанням додаткової моторної кори та моторної кори. Ці дані свідчать, що особливо додаткова рухова кора представляє ключову структуру, яка посилює або пригнічує активність кортикальних рухових мереж, які спонукають одно- або білатеральні рухи рук [4].

В цілому, лівші поводяться так само, як і правші, у приготуванні і корекції рухів, як за часовими, так і кінематичними властивостями. Виявлена перевага лівої руки у приготуванні напрямку рухів і у поточному налаштуванні амплітуди рухів. Перевага правої руки спостерігається у початковій корекції напрямку поточного руху. Ці мануальні асиметрії інтерпретуються як вираження домінування правої півкулі у просторовій обробці (планування рухів) на противагу домінуванню лівої півкулі у часовій обробці інформації, пов'язаної з рухами. Ці функціональні асиметрії, ймовірно, не залежать від надання переваги руці [5]. І у правшів, і у лівшів активується більше ділянок мозку, пов'язаних із системою зорово-моторної уваги при використанні лівої руки у порівнянні з правою, що підтверджує унікальну спеціалізацію перцептивно-моторного оброблення в системі ліва півкуля/права рука незалежно від рукості [6].

Тест Струпа широко використовується у психологічних обстеженнях і клінічній практиці, і названий золотим стандартом тестування довільної уваги, оскільки дозволяє досліджувати зміни функціонування лобних ділянок кори, які найтісніше пов'язані із вищими психічними функціями [7]. Тест Струпа полягає у тому, що обстежуваному подається слово, яке означає певний колір, написане або відповідним кольором – конгруентне (напр., “червоне” червоним), або білим кольором (нейтральне), або невідповідним кольором – неконгруентне (“червоне” зеленим). При збігу семантичного значення і кольору реакції здійснюються найшвидше (явище полегшення), при розбіжності – найповільніше (явище інтерференції), при реагуванні на нейтральні подразники (назви кольорів, написані білим кольором) латентний період реакції (ЛП) займає проміжне значення.

В даному дослідженні важливим є не власне сам ефект Струпа, а те, що при його виконанні, по-перше, інформація переноситься із однієї півкулі в іншу, мозок в цілому значно навантажений (досить складне саме по собі завдання), і півкулі поставлені в

приблизно однакові умови (інформація пред'являється білатерально, відповіді вимагається надавати бімануально, обробляється вербальна (перевага лівої півкулі), кольорова і просторова інформація (перевага правої півкулі). Дані особливості цього тесту ми вже відмічали в більш ранньому дослідженні [8]. У раніше проведеному дослідженні нами були виявлені певні особливості міжпівкульного перенесення інформації при виконанні даного тесту [8], тому **метою роботи** стало вивчення бімануальних реакцій при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки у правшів і лівшів.

Матеріал та методи

Обстеження 64 осіб обох статей (студенти ННЦ «Інститут біології і медицини», 39 правшів і 25 лівшів віком від 18 до 23 років) проводились за допомогою комп'ютерної методики «PSYX-4», яка базується на одночасному пред'явленні подразників, що відносяться до різних сигнальних систем [9]. Кожен обстежуваний виконував 3 субтести: тренувальний, на функціональну рухливість нервових процесів (ФРНП) та на працездатність головного мозку (ПГМ). У тесті пред'являють слова "КРАСНЫЙ" або "ЗЕЛЕНЬИЙ", які написані червоним або зеленим кольором і експонуються справа або зліва від центру екрана. Порядок пред'явлення подразників і часовий інтервал між сусідніми пред'явленнями (0.4...1.8 с) варіюють у псевдовипадковому контр збалансованому порядку. У випадку збігу кольору слова і його семантичного значення необхідно реагувати рукою з боку появи сигналу – натискати на клавіатурі комп'ютера кнопку іпсилатеральною рукою (відповідь «так»), розбіжності – натискати іншу кнопку протилежною рукою (відповідь «ні»). У другому субтесті робота побудована за принципом "зворотного зв'язку", тобто, досліджується ФРНП. Критерієм досягнення максимальної для обстежуваного швидкості роботи є мінімально досягнутий час експозиції, який не вдалося зменшити протягом наступних 30-ти пред'явлень, тобто обстежуваним було допущено більше 50% помилок. Проходження цього субтесту необхідне для виконання наступного, результати якого і досліджувались в даній роботі. Завдання субтесту аналогічне, але на підставі визначеної ФРНП досліджується ПГМ. Обстежувані працювали з постійним часом експозиції сигналів, який дорівнював максимальному часу експозиції, досягнутому в субтесті на визначення ФРНП, із додаванням 200 мс. Загальна кількість пред'явлених сигналів дорівнювала 240. Вимірювались латентні періоди (ЛП) сенсомоторних реакцій кожної руки і кількість помилок (КП), допущених кожною рукою.

Тест до певної міри моделює ситуацію ПНР (перехрещена-неперехрещена реакція) (Crossed-Uncrossed Difference (CUD)). Коли стимул пред'являється іпсилатерально – це не перехрещене реагування, коли необхідно натискати протилежною рукою – перехрещене.

Статистичний аналіз результатів проводився за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (Statsoft, USA, 2001). Нормальність розподілів змінних перевірялась тестом Ліліфора, який є модифікацією тесту Колмогорова - Смірнова. Оскільки субтести проходили одні і ті ж самі обстежувані, а розподіл частини параметрів за критерієм Ліліфора був відмінний від нормального, для множинного порівняння груп було використано ранговий дисперсійний аналіз Фрідмана. Всі величини ефектів часткової ета в квадраті (partial eta squared, η_p^2) були розраховані з використанням ANOVA. Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p=0,05$. ЛП реакцій аналізувались 2×2 повторними вимірюваннями ANOVA з факторами: Рука (ліва проти правої), Тип відповіді («так» проти «ні»). Для порівняння двох залежних вибірок було застосовано критерій Вілкоксона (критерій T). Критичний рівень значущості при перевірці статистичних гіпотез приймався рівним $p=0,05$.

Результати та їх обговорення

За абсолютними значеннями ЛП реакцій і КП групи правшів і лівшів між собою не відрізнялись, що свідчить про однакову ефективність виконання завдання.

За аналізом ЛП реакцій виявлений ефект взаємодії між Типом відповіді («так» проти «ні») і Рукою (права проти лівої), $F(1, 62)=22,971$, $p=,00001$, $\eta_p^2 = 0,270$ (рис.1). За критерієм Вілкоксона, всі показники ЛП реакцій відрізняються між собою.

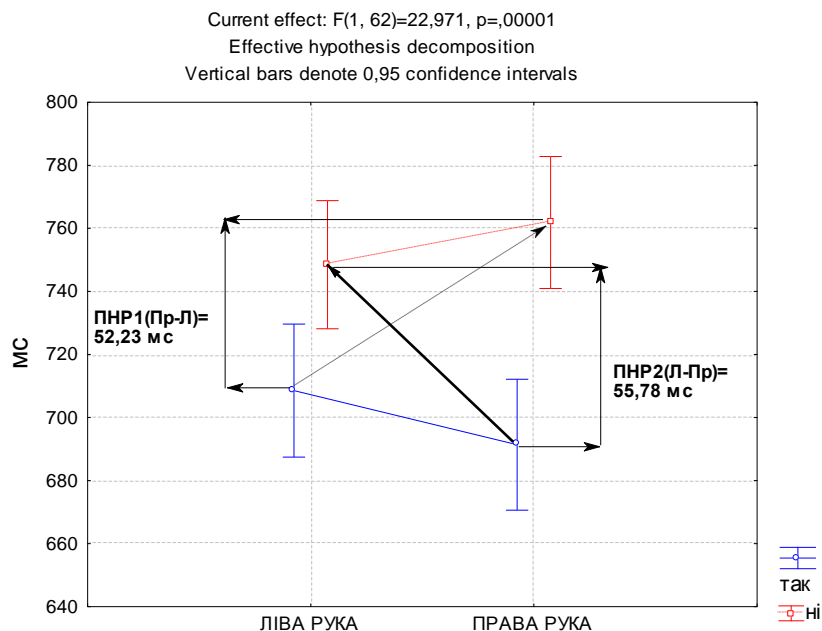


Рис.1. Аналіз ANOVA ЛП реакції лівої і правої рук на збіг кольору слова і його семантичного значення (відповідь «так») та розбіжність (відповідь «ні») по групі вцілому ($n=64$). Ефект взаємодії факторів Рука (ліва проти правої) і Тип відповіді («так» проти «ні»), $F(1, 62)=22,971$, $p=,00001$, $\eta_p^2 = 0,270$.

Примітки: На рис. вказані середні значення і стандартна похибка. ПНР1 (Пр-Л) – перенесення інформації із правої півкулі в ліву, ПНР2 (Л-Пр)- перенесення інформації із лівої півкулі в праву. Вказана різниця середніх значень. Перехрещені стрілки: стрілка із тонкою лінією – перенесення інформації із правої півкулі в ліву (ПНР1), стрілка із жирною лінією - перенесення інформації із лівої півкулі в праву (ПНР2).

Ефект взаємодії між Типом відповіді («так» проти «ні») і Рукою (права проти лівої) та групою (правші проти лівшів) не значущий – $F(1, 62)=,26866$, $p=,60608$, (рис.2), а це означає, що мозок правшів і лівшів при вирішенні завдань цього тесту працює за однаковим механізмом.

Отже, при бімануальному реагуванні на складні подразники із врахуванням просторової ознаки відповіді «так» надаються швидше, ніж відповіді «ні», як правою, так і лівою рукою, як у правшів, так і у лівшів. Відповіді «так» надавати легше, оскільки по-перше, збіг кольору слова і його семантичного значення не викликає когнітивного дисонансу (ефекту Струпа), а тому не напружує систему уваги, а, по-друге, відповідати потрібно іпсилатеральною до сторони пред'явлення стимулу рукою, що теж легше, ніж здійснювати додаткове ментальне перенесення інформації на іншу сторону у просторовій карті мозку.

Порівняння ЛП однойменних відповідей обох рук показує, що відповіді «так» надаються швидше правою рукою, а відповіді «ні» – лівою як у правшів, так і у лівшів (рис.1-2). Внаслідок цього різниця латентних періодів реакції між «так» і «ні» для лівої

руки менша, ніж для правої (рис.3), що справедливо як для правшів, так і для лівшів. Найімовірнішим поясненням є легше перенесення інформації із лівої півкулі у праву, ніж навпаки. Якщо уявити, що центральний процесор (метаконтроль) здійснюється лівою півкулею, то і реагування правої руки буде швидшим, ніж лівої. У випадку простого завдання (відповіді «так») час перенесення команди із однієї півкулі в іншу буде мінімальним. Ми отримало різницю між «так» для лівої і правої рук за медіаною 17,41 мс, за середнім значенням 12,50 мс.

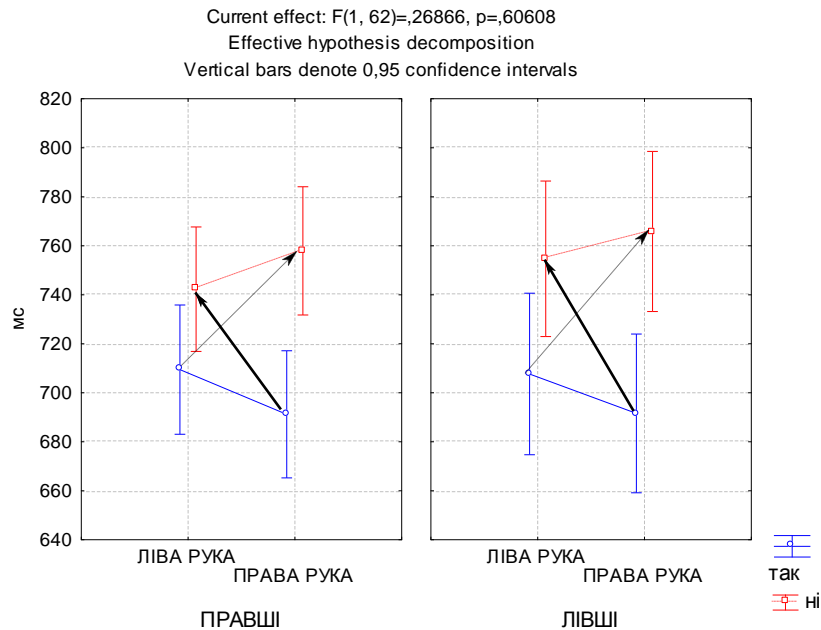


Рис.2. Аналіз ANOVA ЛП реакції лівої і правої рук на збіг кольору слова і його семантичного значення (відповідь «так») та розбіжність (відповідь «ні») для правшів ($n=39$) і лівшів ($n=25$). Ефект взаємодії факторів Рука (ліва проти правої) і Тип відповіді («так» проти «ні»), $F(1, 62)=,26866, p=,60608$.

Примітки: як на рис.1

У класичному дослідженні із відповідями простого часу реакції ПНР становить приблизно 3 мс, але в завданнях із складними вибором час ПНР більший, як і у нашому дослідженні, оскільки він відображає не лише час інтеркалозального передавання інформації, але і складну обробку стимулів в асоціативних ділянках кори.

Коли завдання ускладнюється (відповідь «ні») потребує сильнішого залучення ресурсів уваги внаслідок конфлікту між семантичним значенням слова і кольором, яким воно написано, та включення просторової карти для передавання команди протилежній руці), подовжується і час реакції. Якби передавання інформації із однієї півкулі в іншу було «рівноправним», «однотипні» («так-так», «ні-ні») ЛП реакцій були б однаковими. Але ми маємо коротші відповіді «ні» лівою рукою, ніж правою. Це можливо пояснити, лише припустивши, що команди із лівої півкулі в праву передаються легше, ніж в протилежному напрямку – із правої в ліву.

Розрахунок часу міжпівкульного перенесення інформації (ПНР) (різниця між «ні» для однієї руки і «так» для протилежної: у випадку розбіжності команда завжди передається іншій руці) показав, що цей час приблизно однаковий як в напрямку із лівої півкулі в праву, так і навпаки (рис.1, рис.3, табл. 1), і становить за медіанами 55,5 – 56 мс. Вочевидь, він включає як власне час калозального перенесення, так і обробки в центрах системи уваги та асоціативних рухових ділянках кори.

Перенесення інформації із правої півкулі в ліву (ПНР1) (різниця між «ні» для правої руки і «так» для лівої) за середніми значеннями становить – 52,23 мс, із лівої півкулі в праву (ПНР2) (різниця між «ні» для лівої руки і «так» для правої) – 55,78 мс, а за медіанами 56,00 мс та 55,50 мс відповідно, тобто, відмінність мінімальна, що вказує на механізм синхронізації міжпівкульної взаємодії. Ліва півкуля активує праву, права – навпаки, пригальмовує роботу лівої, а результатом є узгоджена роботу мозку.

Відмінність між середніми значеннями ПНР2 і ПНР1 (так би мовити, друга похідна) дорівнює 3,55 мс, що лежить в межах калозальної затримки для простої реакції.

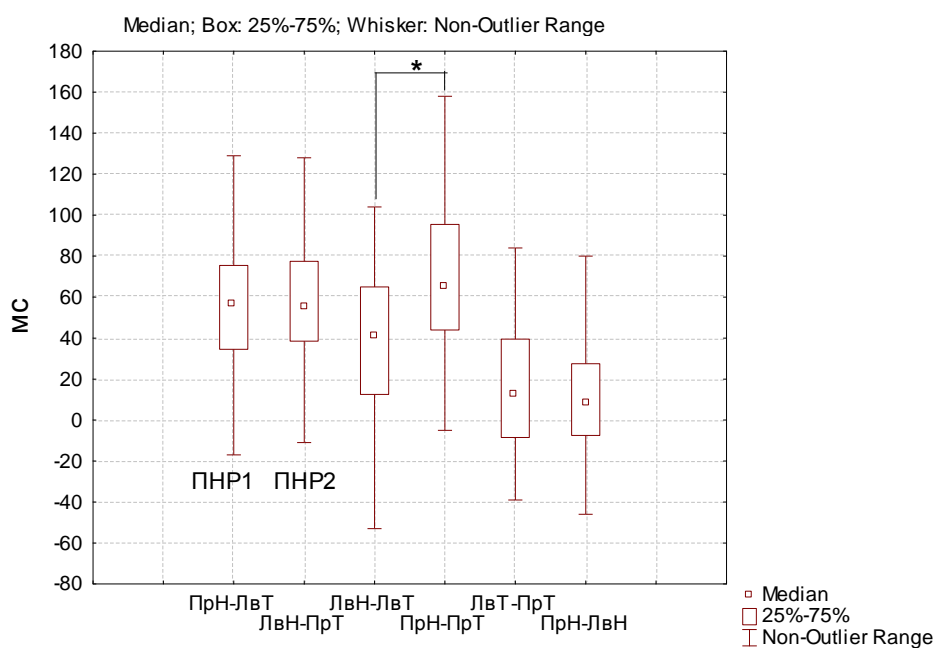


Рис.3. Різниця середніх значень латентних періодів реакцій правої і лівої руки по групі вцілому (n=64).

Примітки: ПНР1 (Пр-Л) – перенесення інформації із правої півкулі в ліву, ПНР2 (Л-Пр)- перенесення інформації із лівої півкулі в праву ПрН – права «ні», ПрТ – права «так», ЛвН – ліва «ні», ЛвТ - ліва «так», * - $p < 0,00001$.

За даними літератури, для правої півкулі час доступу до обох рук майже однаковий (ПНР=2 мс), для лівої півкулі цей час майже втричі довший для лівої, ніж для правої руки (ПНР=5.8 мс). Іншими словами, калозальне передавання із правої у ліву півкулю швидше, ніж із лівої у праву. Але, ймовірно, це стосується лише простих завдань. За отриманими нами результатами, у випадку виконання складних завдань спостерігається протилежний ефект – ліва півкуля активує праву. Зазвичай час калозального передавання є швидшим із неспеціалізованої до спеціалізованої для даного завдання півкулі, тобто, в залежності від типу завдання, напрям швидшого передавання може змінюватись [10]. За Косслін [10], для виконання швидких точних рухів потрібен унілатеральний контроль, який посилає команди до обох частин тіла. Деракшан [11] вважає, що рухи недомінантної частини тіла є двопівкульним явищем, за якого команди походять від домінантної півкулі і передаються на недомінантну. На противагу до цього, рухи домінантної частини тіла є функцією однієї, домінантної півкулі [3, 6].

Таблиця 1

Статистичні показники усіх можливих варіантів різниці латентних періодів реакції правої і лівої руки

	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Lower - Quartile	Upper - Quartile	Std.Dev.
ПрН-ЛвТ (ПНР1 (Пр-Л))	64	52,23	56,00	-39,0	129,00	34,50	75,50	33,15
ЛвН-ПрТ (ПНР2 (Л-Пр))	64	55,78	55,50	-46,0	139,00	38,50	77,50	31,56
ЛвН-ЛвТ	64	38,37	40,50	-53,0	104,00	12,50	65,00	34,83
ПрН-ПрТ	64	69,64	65,50	-5,0	158,00	44,00	95,50	35,56
ЛвТ-ПрТ	64	17,41	12,50	-39,0	84,00	-8,50	39,50	32,69
ПрН-ЛвН	64	13,86	8,50	-46,0	110,00	-7,50	27,50	31,53

Примітки: ПрН – права рука «ні», ПрТ – права рука «так», ЛвН – ліва рука «ні», ЛвТ – ліва рука «так». ПНР1 (Пр-Л) – перенесення інформації із правої півкулі в ліву, ПНР2 (Л-Пр) – перенесення інформації із лівої півкулі в праву. Виділені **жирним** показники відрізняються між собою як за непараметричним (критерій Вілкоксона) ($p < 0,00001$), так і параметричним аналізом (критерій Стьюдента) ($p < 0,000004$).

За аналізом КП виявлений ефект взаємодії між Рукою (права проти лівої) і Групою («правші» проти «лівші») $F(1, 62) = 7,7864$, $p = 0,00699$, $\eta_p^2 = 0,112$ (рис.4). У лівші різниця у КП, допущених правою і лівою рукою, більша, ніж у правші.

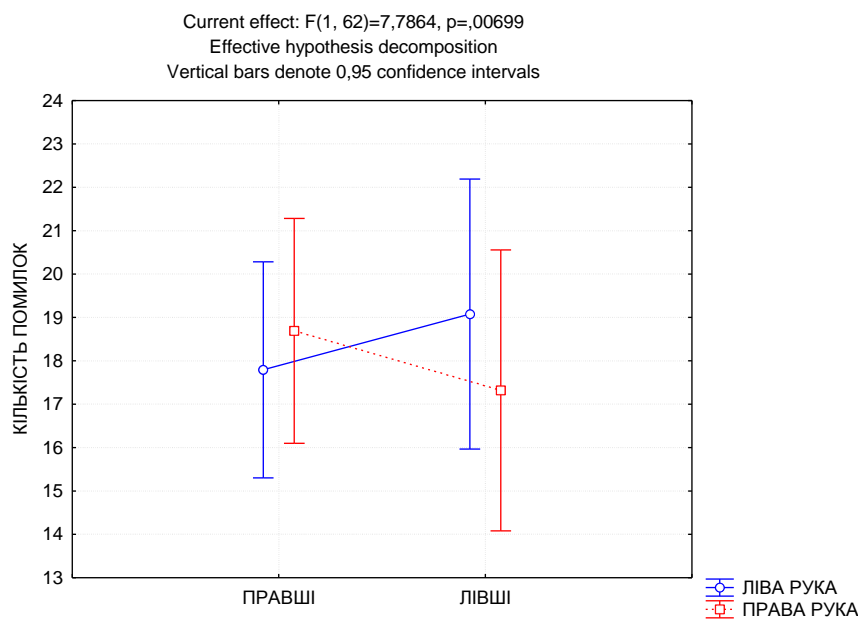


Рис.4. Аналіз ANOVA кількості помилок. Ефект взаємодії між Рукою (права проти лівої) і Групою («правші» проти «лівші») $F(1, 62) = 7,7864$, $p = 0,00699$, $\eta_p^2 = 0,112$.

Аналіз ANOVA, проведений окремо для групи лівші, виявив більшу КП для лівої руки у порівнянні з правою - $F(1, 24) = 5,3169$, $p = 0,03007$, $\eta_p^2 = 0,181$.

У правші різниця між КП «так» і «ні» виявлена лише для правої руки, тоді як у лівші – для обох рук (рис.5). У випадку відповідей «ні» допускається більша КП, що і зрозуміло у зв'язку із більшою складністю цього завдання.

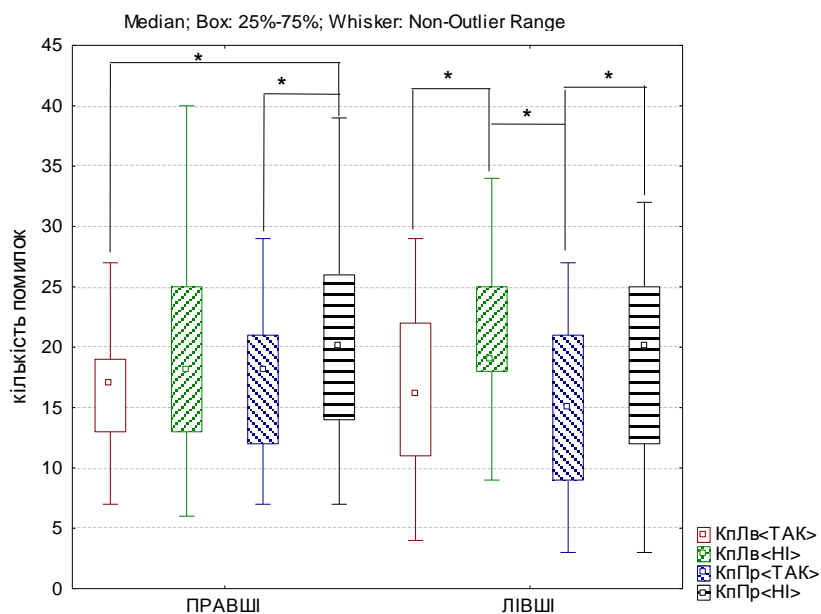


Рис.5. Кількість помилок лівої і правої рук на збіг кольору слова і його семантичного значення (відповідь «так») та розбіжність (відповідь «ні») у групах правшів і лівшів. Примітки: * - $p < 0,004$.

Менша КП при відповідях «ні» для правшів спостерігається при перенесенні інформації із лівої півкулі до правої (ПНР2-КП) (різниця між «ні» для лівої руки і «так» для правої руки), тоді як для лівшів – навпаки – із правої півкулі до лівої (ПНР1-КП) (різниця між «ні» для правої руки і «так» для лівої руки) (рис.6).

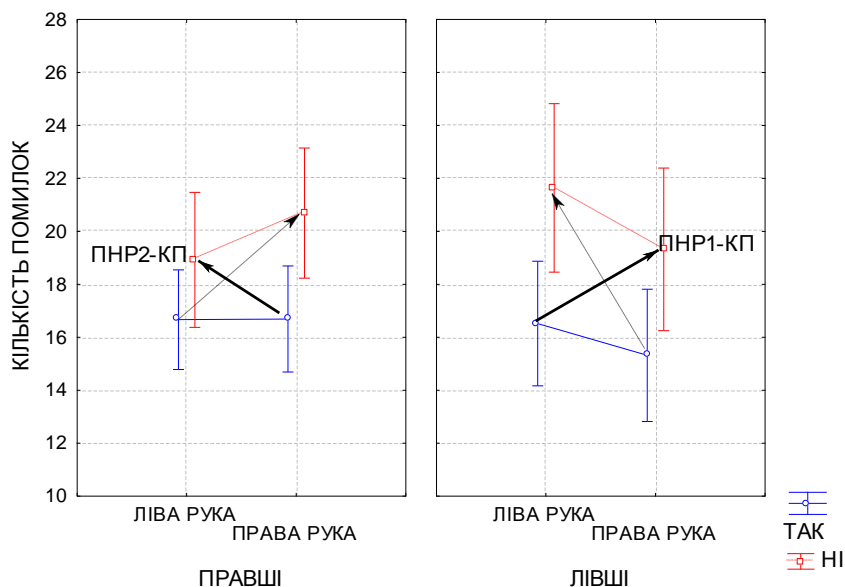


Рис 6. Кількість помилок (КП) у правшів і лівшів. Для правшів менша КП спостерігається при перенесенні інформації із лівої півкулі до правої (ПНР2-КП) (різниця між «ні» для лівої руки і «так» для правої руки), тоді як для лівшів – навпаки – із правої півкулі до лівої (ПНР1-КП) (різниця між «ні» для правої руки і «так» для лівої руки).

Примітки: Жирними стрілками вказане перенесення інформації (ПНР1-2-КП) із кращим виконанням завдання (меншою КП).

Цікаво, що, якщо за ЛП реакцій ПНР, які полегшують обробленні інформації, у лівшів і правшів односпрямовані – із лівої півкулі в праву (рис. 2), то за КП – спрямовані протилежно – у правшів – із лівої півкулі в праву, а у лівшів – із правої в ліву (рис. 6). ПНР за ЛП, ймовірно, відображають домінування моторного центру, тоді як за КП – складніші процеси, в які залучені вищі центри уваги і прийняття рішень. Як це не парадоксально звучить, але отримані нами результати вказують, що рухові когнітивні центри (руховий метаконтроль) і у правшів, і у лівшів знаходяться в лівій півкулі, а центри контролю уваги (метаконтроль помилок) у правшів – у лівій півкулі, а у лівшів – в правій. Отримані результати узгоджуються із даними літератури про унікальну спеціалізацію перцептивно-моторного оброблення в системі ліва півкуля/права рука незалежно від рукості [6].

Висновки

При виконанні тесту не отримано відмінностей латентних періодів (ЛП) сенсомоторних реакцій і кількості помилок (КП) для правшів і лівшів, що свідчить про однакову ефективність виконання завдань обстежуваними обох груп.

Порівняння ЛП одноіменних відповідей обох рук показало, що відповіді «так» надаються швидше правою рукою, а відповіді «ні» - лівою як у правшів, так і у лівшів. Внаслідок цього різниця ЛП реакції між «так» і «ні» для лівої руки менша, ніж для правої, як для правшів, так і для лівшів. Найімовірнішим поясненням є легше перенесення інформації із лівої півкулі у праву, ніж у зворотному напрямку, а, отже, домінування лівої півкулі при виконанні даного типу когнітивного завдання і тотожність його розміщення у лівій півкулі як у правшів, так і у лівшів.

Перенесення інформації із однієї півкулі в іншу (різниця між «так» для однієї руки і «ні» для іншої) відрізняється для двох напрямків лише на час калозальної затримки (3,55 мс), що вказує на механізм міжпівкульної синхронізації.

При наданні відповідей «так» КП менша, ніж при відповідях «ні», але у правшів ці відмінності сягають рівня статистичної значущості лише для правої руки, тоді як у лівшів – для обох рук. Менша КП при відповідях «ні» для правшів спостерігається при перенесенні інформації із лівої півкулі до правої, тоді як для лівшів – навпаки – із правої півкулі до лівої. Отримані результати вказують на те, що метаконтроль рухів і у правшів, і у лівшів знаходиться в лівій півкулі, а метаконтроль помилок у правшів розміщений у лівій півкулі, а у лівшів – в правій.

Література

1. Pellicano A. Interhemispheric vs. stimulus-response spatial compatibility effects in bimanual reaction times to lateralized visual stimuli / Barna V., Nicoletti R., Rubichi S., Marzi C. A //Front. Psychol. – 2013. – V.4 (362). - <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00362>.
2. Marzi C. A. Asymmetry of interhemispheric communication //Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science. – 2010. – V. 1(3). – P. 433–438.
3. Gut M. Brain correlates of right-handedness / Urbanik A, Forsberg L, Binder M. et al. // Acta Neurobiol Exp (Wars). – 2007. -67(1).- P.43-51.
4. Grefkes C. Dynamic intra- and interhemispheric interactions during unilateral and bilateral hand movements assessed with fMRI and DCM / Eickhoff S.B., Nowak D.A., Dafotakis M, Fink G.R. //Neuroimage. – 2008. – 41(4). –P.1382-94.
5. Boulinguez Ph. Manual asymmetries in reaching movement control. I: study of left-handers / Velayand J., Nougier Vincent //Cortex. – 2001. – 37. – P.123-138.
6. Lavrysen A. Hemispheric asymmetries in goal-directed hand movements are independent of hand preference / Heremans E., Peeters R. et al. //NeuroImage. – 2012. – 62. – P.1815–1824.
7. MacLeod C. M. Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review //Psychological Bulletin. - 1991. – 109. – P. 163–203
8. Куценко Т. Оцінка функціональної асиметрії мозку за латентними періодами сенсомоторних реакцій людини / Куценко Т., Філімонова Н., Костенко С. // Вісн. Київ. ун-ту. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – 2007. – Вип. 12. – С.14-16.

9. Костенко С.С. Оцінка діяльності першої та другої сигнальних систем людини / Костенко С.С., Локтева Р.К. // Вісн. Київ. ун-ту. Біологія. – 2000. – Вип. 32. – С. 31-34.
10. Kosslyn S.M. Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. // *Psychol Rev.* – 1987. – 94(2). – P. 148–175.
11. Derakhshan I. Bimanual simultaneous movements and hemispheric dominance: Timing of events reveals hard-wired circuitry for action, speech, and imagination// *Psychology Research and Behavior Management.* – 2008. – 1. – P. 1–9.

References

1. Pellicano A., Barna V., Nicoletti R., Rubichi S., Marzi C. A. (2013). Interhemispheric vs. stimulus-response spatial compatibility effects in bimanual reaction times to lateralized visual stimuli. *Front. Psychol.*, 4, 362. [https://doi: 10.3389/fpsyg.2013.00362](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00362).
2. Marzi C. A. (2010). Asymmetry of interhemispheric communication. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1, 3, 433–438.
3. Gut M., Urbanik A, Forsberg L, Binder M. et al. (2007). Brain correlates of right-handedness. *Acta Neurobiol Exp (Wars)*, 67, 1, 43-51.
4. Grefkes C., Eickhoff S.B., Nowak D.A., Dafotakis M, Fink G.R. (2008). Dynamic intra- and interhemispheric interactions during unilateral and bilateral hand movements assessed with fMRI and DCM. *NeuroImage*, 41, 4, 1382-94.
5. Boulinguez Ph., Velayand J., Nougier Vincent (2001). Manual asymmetries in reaching movement control. I: study of left-handers. *Cortex*, 37, 123-138.
6. Lavrysen A., Heremans E., Peeters R. et al. (2012). Hemispheric asymmetries in goal-directed hand movements are independent of hand preference. *NeuroImage*, 62, 1815–1824.
7. MacLeod C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109, 163–203.
8. Kutsenko T., Filimonova N., Kostenko S. (2007). Assessment of functional brain asymmetry by latent periods of human sensorimotor reactions. *Visnyk Kyivskogo universytetu, Problemy reguliatsii fiziologichnykh funktsii (The Bulletin of Kyiv University, Problems of regulation of physiological functions)*, 12, 14-16.
9. Kostenko, S.S., & Loktieva R.K. (2000). Assessment of first and second signal systems activity in humans. *Visnyk Kyivskogo universytetu, Biologiya (The Bulletin of Kyiv University, Biology)*, 32, 31-34.
10. Kosslyn S.M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychol Rev.*, 94, 2, 148–175.
11. Derakhshan I. (2008). Bimanual simultaneous movements and hemispheric dominance: Timing of events reveals hard-wired circuitry for action, speech, and imagination. *Psychology Research and Behavior Management*, 1, 1–9.

Summary. *Kutsenko T. Interhemispheric transfer of information in performance of complex Stroop test involving spatial properties by right- and left-handers.*

Introduction. *Interhemispheric interaction is important for the integration of perception and motor control of two body parts. Over the past 20 years behavioral and electrophysiological studies have shown that callosal transfer of a number of behavioral and cognitive processes is asymmetric. The functional significance and neural basis of this asymmetry is still investigated. Most movements people performed with the assistance of both hands, and coordination/synchronization of their interaction is very important. The mechanisms of this interaction are still scarcely explored.***Purpose.** *The aim of research was to study the bimanual reactions in performance of complex Stroop test involving spatial properties.*

Methods. *The study involved 64 students of educational-scientific center "Institute of Biology and Medicine" of both genders – 39 right-handed and 25 left-handed. Stimuli (the word "Green" or "Red" written in relevant or irrelevant color) were exposed on the right or left from the center of the screen. In the case of congruence the word and its semantic meaning should press one button by the ipsilateral hand ("yes"), while in the case of mismatch – the other button by the contralateral one ("no").*

Results. *Latent period (LP) of reactions and mistakes quantity (MQ) in right-handers and left-handers are the same. The answer "yes" is faster than answers "no" for both right and left hands either of right- or left-handers. Comparison LP of similar responses of both hands showed that answer "yes" is faster for the right hand and answer "no" – for the left one for both right- and left-handers, so that the difference in LP between "yes" and "no" for the left hand is shorter than for the right one. This*

points out to easily transfer of information from the left hemisphere to the right one than in the opposite direction. The transfer of information from one hemisphere to the other (the difference between "yes" for one hand and "no" for the other) is different for two directions only by callosal delay time (3.55 ms), indicating on interhemispheric synchronization mechanism. With answers "yes" MQ is less than with answers "no." Lesser MQ of answers "no" for right-handers occurs when transferring information from the left to the right hemisphere, while for left-handers – on the contrary – from the right hemisphere to the left one.

Conclusion. *The results point out that the motor metacontrol for both right- and left-handers is situated in the left hemisphere, while metacontrol of errors for right-handers is in the left hemisphere and for left-handers - in the right one.*

Keywords: *bimanual reactions, complex Stroop test with spatial properties, interhemispheric transfer, interhemispheric synchronization, right-handers, left-handers.*

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Одержано редакцією 15.01.2017

Прийнято до публікації 15.05.2017

УДК 612.12+612.85

В. С. Лизогуб¹, М. Ю. Макаrchук², Л. І. Юхименко²,
І. Ф. Зганяйко³, Ю. В. Коваль¹, Д. М. Харченко¹

ФУНКЦІОНАЛЬНА РЕОРГАНІЗАЦІЯ ЗОРОВОМОТОРНИХ РЕАКЦІЙ РІЗНОГО СТУПЕНЯ СКЛАДНОСТІ В ОСІБ З ДЕПРИВАЦІЄЮ СЛУХУ

У підлітків та юнаків зі слуховою депривацією досліджували латентні періоди зоровомоторних реакцій різного ступеня складності, а також моторний (МК) і сенсорний (СК) компоненти складної реакції диференціювання та час центральної обробки інформації (ЦОІ). Латентні періоди зоровомоторних реакцій поступово зменшувались та ставали найкоротшими у 18-21 років. Найбільші темпи зниження латентного часу зоровомоторних реакцій різного ступеня складності, незалежно від статусу слухової функції, виявили у віковому діапазоні 14-15 та 16-17 років. Доведено поступове зменшення з віком часу СК, ЦОІ та МК. Встановлено менший час СК та більший МК у глухих відносно осіб з нормальним слухом.

Ключові слова: зоровомоторні реакції, слухова депривація, функціональна реорганізація.

Постановка проблеми. Розуміння фізіологічних механізмів інтегративної діяльності мозку тісно пов'язане з вивченням особливостей становлення різних за складністю сенсомоторних функцій в онтогенезі людини [1, 2, 3]. Але на сьогодні зміни у віковій динаміці сенсомоторних функцій, що викликані слуховою депривацією, залишаються не досить з'ясованими.

В експериментах, проведених на тваринах під час раннього онтогенезу, виявлено високу чутливість незрілого мозку до зорової депривації [4].

У літературі накопичені дані відносно морфо-функціональної реорганізації сенсорної системи у тварин, сліпих і глухих людей за умов депривації [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Існують докази відносно високої пластичності сенсорних систем глухих людей, разом з тим, спостерігається обмаль інформації про механізми онтогенезу сенсомоторних функцій.

Аналіз останніх публікацій

Застосування сучасних інструментальних фізіологічних методів дозволило встановити, що структурні і функціональні наслідки вродженої та набутої глухоти часто спричиняють зміни у рецепторних волоскових клітинах кортієва органа, підкоркових і коркових центрах головного мозку [11].

Як свідчать результати досліджень, відсутність або існування кросмодальної пластичності і мультисенсорної обробки інформації при дисфункціях слуха спричиняють довготермінові зміни в церебральних структурах мозку, зменшують об'єм білої речовини слухового центру та інші неоднорідні морфологічні зміни головного мозку [12].

На сьогодні не відомо, як відбувається функціональна реорганізація зоровомоторної системи підлітків та юнаків за умов обмеження звукової аферентації.

Найбільш інформативним неінвазивним засобом дослідження сенсомоторних функцій глухих вважають реєстрацію сенсомоторних реакцій зорової модальності на навантаження різного ступеня складності.

Мета статті. Виявити закономірності та особливості функціональної реорганізації зоровомоторних функцій у підлітків та юнаків зі слуховою депривацією.

Матеріали і методи

Об'єктом обстеження були 46 підлітків та юнаків зі слуховою депривацією (вроджена або набута у ранньому дитинстві глухота) і така ж кількість їх однолітків з

нормальним слухом. Дослідження здійснювали згідно норм біоетики та положень Гельсинської декларації 1975р. після добровільного письмового погодження обстежуваних.

З'ясування зорово-моторних властивостей включало визначення характеристик латентних періодів простої зоровомоторної реакції (ПЗМР) і складних реакцій вибору одного з трьох (РВ₁₋₃) та диференціювання двох з трьох подразників (РВ₂₋₃).

Для дослідження зоровомоторних реакцій різного ступеня складності була використана методика і комп'ютерний діагностичний комплекс "Діагност-1М" [13]. В якості подразників використовували геометричні фігури: коло, трикутник і квадрат. Обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності до якої при появі на моніторі «квадрат» потрібно було швидко натиснути і відпустити пальцем правої руки на праву кнопку. Поява фігури «коло» вимагала швидкого натискання лівою рукою на ліву кнопку. На «трикутник» – гальмівний подразник - не натискати жодної з кнопок. Аналізували значення ПЗМР, реакції вибору РВ₁₋₃, диференціювання РВ₂₋₃, час моторного (МК) і сенсорного компонентів (СК), а також розраховували час центральної обробки інформації (ЧЦОІ). МК зоровомоторної реакції визначали шляхом трикратного максимально швидкого натиску кнопки маніпулятора. Кількісну характеристику СК визначали різницею латентних періодів ПЗМР і швидкості МК. ЧЦОІ визначали оригінальним методом [14].

Результати оброблені методами статистики пакетом програм Microsoft Excel-2010.

Результати та їх обговорення

Аналізували особливості формування різних за складністю зоровомоторних реакцій у обстежуваних з депривацією слуху у віковому діапазоні від 14 до 21 років та проводили співставлення з результатами осіб, які мали нормальний слух (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристики латентних періодів зоровомоторних реакцій різного ступеня складності у обстежуваних з різним статусом слухової функції

Вікові періоди, роки	Зоровомоторні реакції різної складності (X±m), мс					
	ПЗМР		РВ ₁₋₃		РВ ₂₋₃	
	Групи обстежуваних		Групи обстежуваних		Групи обстежуваних	
	Норм. слух	Депривація слуху	Норм. слух	Депривація слуху	Норм. слух	Депривація слуху
14-15	259,1±8,1	290,8±11,1*	368,9±7,3	389,0±10,1*	433,1±5,9	462,2±9,3*
16-17	251,0±7,1	264,9±7,4 [#]	358,9±4,8	371,8±5,8 [#]	430,2±6,4	438,9±6,1 [#]
18-19	243,9±4,4 [#]	259,8±11,5 [#]	349,7±4,5 [#]	368,1±9,6 [#]	420,9±7,1 [#]	426,8±7,3 [#]
20-21	241,5±6,1 [#]	245,3±10,2 [#]	345,6±6,7 [#]	365,3±8,4 [#]	418,3±8,2 [#]	424,8±8,3 [#]

Примітка: * – достовірність різниць $p < 0,05$ між групами з нормальним і депривацією слуху в межах одного вікового періода, # – відносно вікового періоду 14-15 років.

Для досліджуваних вікових періодів середні значення ПЗМР мали значимі різниці лише у віковому періоді 14-15 років ($p < 0,05$). У групі глухих виявлені більші значення латентних періодів ПЗМР порівняно з особами такого ж віку, що мали нормальний слух ($p < 0,05$).

У цьому ж віковому періоді встановлено найбільший час ПЗМР, тоді як мінімальні значення цього показника зафіксовано у юнаків 18-21 років ($p < 0,05$).

Незалежно від статусу слухової функції обстежуваних, вікові особливості складних реакцій вибору РВ₁₋₃ і диференціювання РВ₂₋₃ мали схожу до ПЗМР динаміку вкорочення латентних періодів від найбільшого у підлітків 14-15 років до найменшого

у юнаків 18-21 років ($p < 0,05$). У групі глухих підлітків 14-15 років латентні періоди складних зоровомоторних реакцій теж були достовірно більшими, ніж у їх однолітків з нормальним слухом ($p < 0,05$).

Отже, для обох груп обстежуваних динаміка формування сенсомоторних функцій мала загальні закономірності та розгорталась у відповідності до генетично детермінованої програми вікових змін.

Разом з тим, вікові зміни сенсомоторних реакцій у глухих демонстрували більш інтенсивне щорічне зменшення латентностей, тоді як у людей з нормальним слухом спостерігалось їх завершення та стабілізація на найвищому рівні. Це підтверджується тим, що достовірні відмінності за середніми величинами ПЗМР, РВ₁₋₃ та РВ₂₋₃ фіксувалися лише між 14-15 та 18-21 річними обстежуваними.

Не дивлячись на встановлену односпрямованість вікового розвитку сенсомоторних функцій, привертає увагу те, що показники різних за складністю зоровомоторних реакцій у осіб 14-15 років з депривацією слуху були достовірно більшими за такі у обстежуваних цього віку з нормальним слухом.

Ймовірно, виявлені відмінності пояснюються розбіжностями у морфо-функціональних перебудовах нейронних сіток, нервово-м'язового апарату, підкоркових структур мозку, що причетні до переробки інформації у людей з нормальною [2, 15] та обмеженою вхідною аферентацією [3].

Порівняння динаміки зменшення латентного часу зоровомоторних реакцій різного ступеня складності у віковому діапазоні 14-21 років осіб з різним статусом слухової функції, визначеної за різницею між середніми значеннями обстежуваних груп, виявило найбільші темпи такого зниження поміж групами 14-15 та 16-17 років (рис.1).

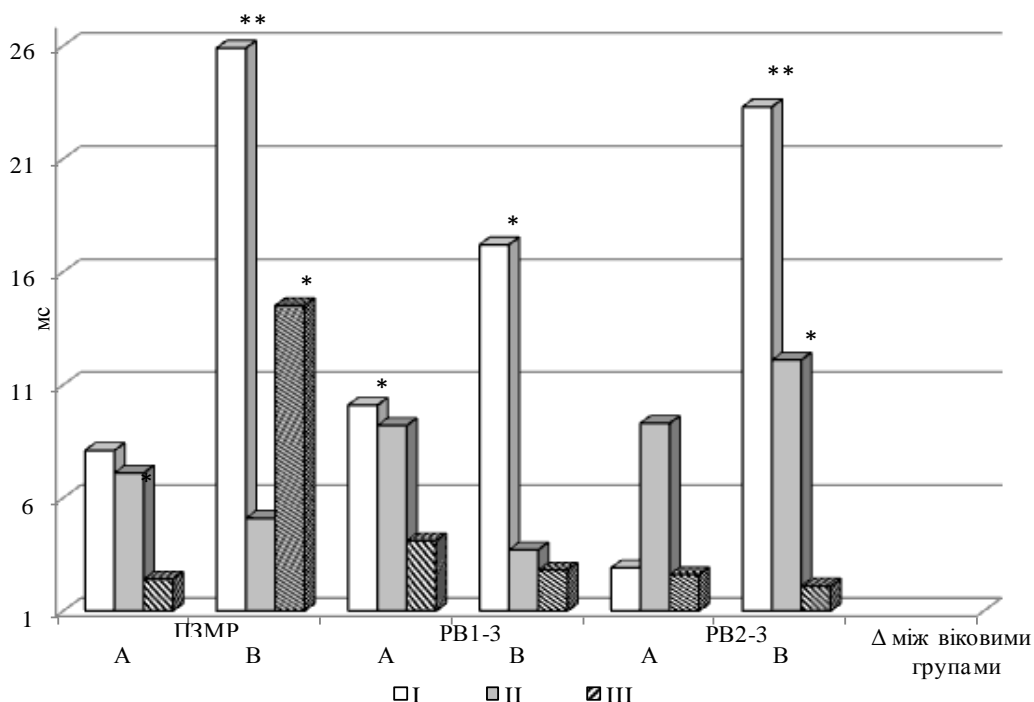


Рис. 1. Темпи зниження латентного часу сенсомоторних реакцій різного ступеня складності у віковому діапазоні 14-21 років осіб з нормальним (А) та депривацією слуху (В) за різницею між середніми значеннями вікових груп 14-15 і 16-17 років (I), 16-17 і 18-19 років (II) та 18-19 і 20-21 років (III); * – достовірність змін $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$.

Співставлення ж темпів збільшення сенсомоторного реагування між групами з депривацією та з нормальним слухом виявило переважання швидкості вдосконалення сенсомоторної реактивності у глухих порівняно із здоровими, що виявились найбільшими також у віковому періоді 14-17 років.

Порівняння компонентів складної зоровомоторної реакції диференціювання РВ₂₋₃ – СК, ЧЦОІ та МК обстежуваних груп з нормальним та депривацією слуху дозволило встановити особливості їх вікових змін упродовж періоду онтогенетичного розвитку від 14 до 21 років (табл. 2).

Встановлено достовірні відмінності між показниками СК і МК зоровомоторної реакції диференціювання між обстежуваними з різним статусом слухової функції у всіх досліджуваних вікових періодах ($p < 0,05$).

У всіх вікових групах осіб зі слуховою депривацією час СК достовірно менший (тобто швидкість обробки інформації вища), що на нашу думку, зумовлено явищами кросс-модальної пластичності сенсорної системи обробки інформації ($p < 0,05$). Навпаки, у всіх вікових групах осіб зі слуховою депривацією виявлено більший час МК, що свідчило на користь повільної реакції м'язів на зоровий подразник.

Привертає увагу поступове зменшення з віком показників ЧЦОІ, СК і МК як у осіб з нормальним слухом, так і його депривацією, хоча вірогідних відмінностей такі зміни не набули ($p > 0,05$), що вказувало на досягнення максимального ступеня розвитку досліджуваних компонентів зоровомоторної реакції диференціювання РВ₂₋₃ упродовж 14-21 років.

Таблиця 2

Характеристики компонентів складної зоровомоторної реакції у обстежуваних з різним статусом слухової функції

Вікові періоди, роки	Часові компоненти зоровомоторної реакції диференціювання РВ ₂₋₃ ($X \pm m$), мс					
	СК		ЧЦОІ		МК	
	Групи обстежуваних		Групи обстежуваних		Групи обстежуваних	
	Норм. слух	Депривація слуху	Норм. слух	Депривація слуху	Норм. слух	Депривація слуху
14-15	169,5±8,2	84,3±14,5*	174,0±5,9	171,9±7,4	90,1±12,2	206,5±10,2*
16-17	171,1±7,3	75,6±15,1*	179,9±8,9	185,0±7,8	80,1±14,3	189,3±9,2*
18-19	168,1±9,2	69,1±12,2*	177,1±9,7	168,2±8,5	76,1±15,2	191,7±8,9*
20-21	169,1±8,3	65,2±11,3*	176,8±10,2	179,9±9,6	72,4±16,5	181,1±9,8*#

Примітка: * – достовірність різниць $p < 0,05$ між групами з нормальним і депривацією слуху в межах одного вікового періода, # – відносно вікового періоду 14-15 років.

Виключення представляють показники МК обстежуваних 20-21 років з депривацією слухової функції, значення яких були вірогідно меншими порівняно з такими у обстежуваних 14-15 років ($p < 0,05$). Зменшення часу МК в осіб від 14-15 до 20-21 років склало 14%.

Отже, підвищення швидкості і зменшення часу реакції диференціювання у підлітків та юнаків відбувалося за рахунок вкорочення всіх компонентів складної зоровомоторної реакції [3].

Для обстежуваних з депривацією слухової функції збільшення темпу диференціювання більшою мірою залежало від ЧЦОІ, СК та меншою від дозрівання МК. Тобто, значно знижена швидкість МК компенсувалась підвищеною активністю СК.

Поліпшення дискримінативної функції нервових ансамблів під час складної PB_{2-3} у осіб з нормальною функцією слуху відбувалось у першу чергу за рахунок скорочення часу МК і ЧЦОІ.

Ймовірно, як поступове покращання з віком часу PB_{2-3} , так і зменшення часу СК, ЧЦОІ і МК вказують на поступове вдосконалення всіх компонентів складної зоровомоторної реакції диференціювання подразників, як наслідок вікових морфо-функціональних перетворень.

У обстежуваних з депривацією слуху МК дозрівав найповільніше, хоча свого найвищого розвитку, як і у осіб з нормальним слухом, досягав у 20-21 років.

Вклад часових компонентів у здійснення PB_{2-3} в обстежуваних 14-21 років з різним статусом слухової функції мав суттєві відмінності (рис. 2).

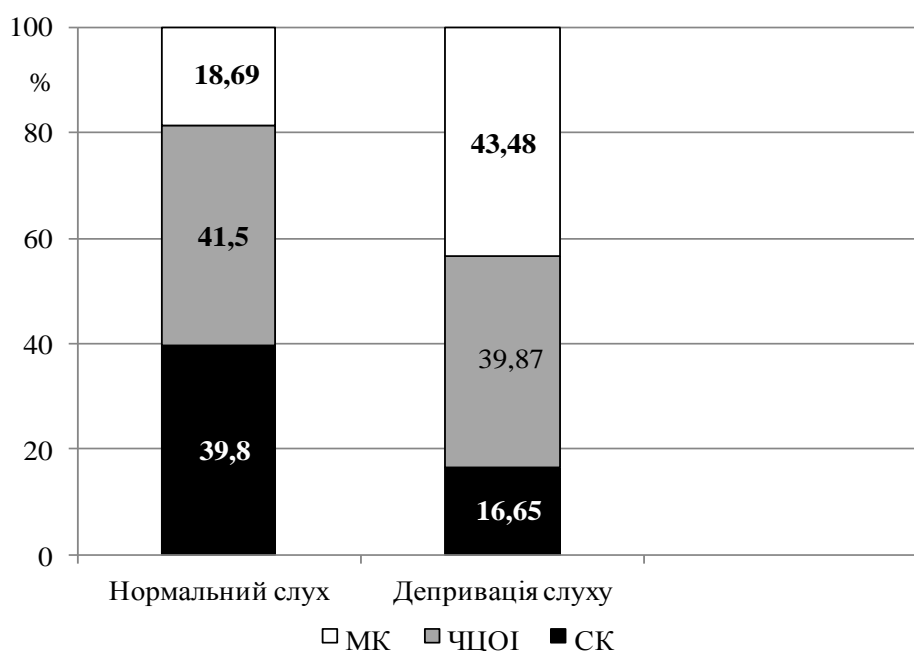


Рис. 2. Вклад часових компонентів у здійснення складної зоровомоторної діяльності у обстежуваних 14-21 років з різним статусом слухової функції.

В обстежуваних зі слуховою депривацією вклад часових компонентів PB_{2-3} , як СК так і ЧЦОІ, був меншим, ніж у осіб з нормальним слухом. Навпаки, питома вага МК у глухих була значно більшою (майже на 25%) ніж в осіб з нормальним слухом.

Отже, нижча моторна реакція у глухих компенсувалася підвищеною реактивністю СК і ЧЦОІ.

Висновки

1. Встановлено загальні для осіб з нормальним та депривацією слуху закономірності та особливості вікової динаміки зоровомоторних реакцій різного ступеня складності і часу їх сенсорного, центрального, моторного компонентів.
2. У глухих підлітків та юнаків латентні періоди простих і складних реакцій вибору та диференціювання зоровомоторних функцій були достовірно більшими, ніж у вікових групах з нормальним слухом і поступово зменшувалися, досягаючи максимального розвитку в 18-21 років.
3. Найбільші темпи зниження латентного часу зоровомоторних реакцій різного ступеня складності у віковому діапазоні 14-21 років незалежно від статусу слухової функції встановлено поміж групами 14-15 та 16-17 років.

4. Доведено поступове зменшення з віком часу СК, ЦОІ та МК; менший час реакції сенсорного і більший час моторного компоненту у глухих відносно осіб з нормальним слухом; значно нижча моторна реакція глухими компенсується підвищеною реактивністю СК та ЦОІ.

Література

1. Иваницкий А. М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний [Текст] / А. М. Иваницкий // Журнал высшей нервной деятельности. – 1997. – Т. 47. – № 2. – С. 209–225.
2. Макаруч М.Ю. Психофізіологія [навч. пос.] / М.Ю. Макаруч, Т.В. Куценко, В.І. Кравченко, С.А. Данілов. - К.: ООО «Інтерсервіс», 2011. – 329 с.
3. Лизогуб В.С. Мозговые механизмы функциональной организации сложных слухомоторных реакций / В.С. Лизогуб, Т.В. Кожемяко, Л.И. Юхименко, С.Н. Хоменко // «Educatio» (International Scientific Institute «Educatio»), Новосибирск. Биологические науки. – 2015.– IX (16). – С.132-136.
4. Глезер В.Д. Зрение и мышление / В.Д. Глезер. – СПб.: Наука, 1993. – 284 с.
5. Gougoux F.A. Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals / F. Gougoux, R.J. Zatorre, M. Lassonde, P. Voss, F. Lepore // PLoS Biology. – 2005. – Vol. 3 (2), 27. – P. 0324–0333.
6. Jiang J. Thick Visual Cortex in the Early Blind / J. Jiang, W. Zhu, F. Shi, Y. Liu, J. Li, W. Qin, K. Li, Ch. Yu, T. Jiang // J. Neurosci. – 2009. – Vol. 29 (7). – P. 2205–2211.
7. Klinge C. Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind / C. Klinge, B. Röder, Ch. Büchel // Brain. – 2010. – Vol. 133 (Pt 6). – P. 1729–1736.
8. Ptito M. Alterations of the visual pathways in congenital blindness / Ptito M., Schneider F., Paulson O. B., and Kupers R. // Exp. Brain Res. – 2008. – Vol. 187 (1). – P. 41–49.
9. Renier L.A. et al. Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind / Renier L.A., Anurova I., De Volder A.G., Carlson S., Van Meter J., Rauschecker J.P. // Neuron. – 2010. – Vol. 68 (1). – P. 138–148.
10. Voss P. Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals / Patrice Voss, Robert J. Zatorre // Cerebral Cortex. – 2012. – Vol. 22. – P. 2455– 2465.
11. Butler B.E. Functional and structural changes throughout the auditory system following congenital and early-onset deafness: implications for hearing restoration / B.E. Butler, S.G. Lomber // Frontiers in Systems Neuroscience. – 2013. – 7:92. P. – 1-17. PMID: 24324409.
12. Hribar M. Structural alterations of brain grey and white matter in early deaf adults. / M. Hribar, D. Suput, A.A Carvalho, S. Battelino [at el] // Hear Res. 2014 Dec.318:1-10. doi: 10.1016/j.heares.2014.09.008. Epub 2014 Sep 28.
13. Макаренко М.В. Основи професійного відбору військових спеціалістів і методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми. / М.В. Макаренко. – Київ.: Ін-т фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Науково-дослідний центр гуманітарних проблем Збройних Сил України; 2006. 395 с.
14. Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Юхименко Л.І., Хоменко С.М. Pat. 106028 МПК: А 61В5/16. Sposib визначення швидкості центральної обробки інформації вищими відділами нервової системи, а 2013 12529; заявл. 25.10.2013; опубл. 10.07.2014, bjul. № 13.
15. Фарбер Д.А. Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) / Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, No 5. – С. 17-24.

References

1. Ivanitsky A.M. (1997). Information synthesis in key-branches of the brain cortex as a basis of the personal experiences. Jurnnal nervnoi deatelnosti, (2), 209 – 216 (in Rus.).
2. Makarchuk M.Y., Kutsenko T.V., Kravchenko V.I., Danilov S.A. (2011). Psychophysiology. K.: ООО “Interservice”. 329 (in Ukr.)
3. Lyzogub V.S., Kozhemiako T.V., Yukhymenko L.I., Khomenko S.M. (2015). Brain Mechanisms of Functional Organization of Complex Auditory Motor Reactions. Jurnnal «International Scientific Institute “Educatio”», Novosibirsk. Biologicheskie Nauki, IX (16), 132-136 (in Rus.).
4. Glezer V.D. (1993). Visual System and Thinking. SPb.: Science, 284 (in Rus.).
5. Gougoux F.A., Zatorre R.J., Lassonde M., Voss P., Lepore F. (2005). Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individual. PLoS Biology. 3 (2), 27, 0324–0333
6. Jiang J., Zhu W., Shi F., Liu Y., Li J., Qin W., Li K., Yu Ch., Jiang (2009). T. Thick Visual Cortex in the Early Blind/, J. Neurosci. 29 (7), 2205–2211

7. Klinge C., Röder B., Büchel Ch. (2010). Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind. *Brain*. 133 (6), 1729–1736
8. Ptito M., Schneider F., Paulson O. B., and Kupers R. (2008). Alterations of the visual pathways in congenital blindness. *Exp. Brain Res.* 187 (1), 41–49
9. Renier L.A. Anurova I., De Volder A.G., Carlson S., Van Meter J., Rauschecker J.P. (2010). Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind. *Neuron*. 68 (1), 138–148
10. Voss P., Zatorre Robert J. (2012.). Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals. 22, 2455– 2465
11. Butler B.E., Lomber S.G. (2013). Functional and structural changes throughout the auditory system following congenital and early-onset deafness: implications for hearing restoration. *Frontiers in Systems Neuroscience*. 7:92, 1-17, PMID: 24324409
12. Hribar M., Suput D., Carvalho A.A., Battelino S. [at el]. (2014). Structural alterations of brain grey and white matter in early deaf adults. *Hear Res.* Dec.318:1-10. doi: 10.1016/j.heares.2014.09.008. Epub 2014 Sep 28
13. Makarenko M.V. Fundamentals of professional selection of military specialists and methods of studying individual physiological differences between people / M.V. Makarenko. - Kyiv.: O.O. Bogomolets Physiology Institute of Ukraine NAS, Research Center of Humanitarian Problems of the Armed Forces of Ukraine; 2006. 395 p (in Ukr.)
14. Makarenko M. V., Lyzogub V. S., Halka M. S., Yukhymenko L. I., Khomenko S. M. (2014). Pat. No. 106028. The way of evaluating psychophysiological state of auditory analyzer. No. a 201002225; declared: 25.10.2013; published: 10.07.2014, Byul. № 13 (in Ukr.)
15. Farber D.A., Dubrovinskaia N.V. (1991). Functional Organization of Developing Brain (Age Features and Some Patterns), *Jurnal Fiziologia Cheloveka*, 17(5) 17 (in Rus.).

Summary. *Lyzohub Volodymyr, Makarchuk Mykola, Yukhymenko Liliia, Zganyaiko Iryna, Koval Juliya, Kharchenko Dmytro. Functional organization of visual-motor reactions of the different complexity levels in persons with auditory deprivation.*

Introduction. *Understanding the physiological mechanisms of the integrative activity of the brain closely connected with the research of the peculiarities of the formation the different complexity of sensorimotor functions in human ontogenesis. As the results of the research the absence or existence of the cross modal plasticity and multisensory information processing with dysfunctions of the hearing are caused the long-term changes in subcortical and cortical structures of the brain. Today it's unknown how the functional reorganization of the visual-motor system of teenagers and the young men is going in the conditions of the limitation the sound afferentation. The registration of sensomotor reactions of the visual modality on the load of the different degree of the complexity is one of the non-invasive techniques for the study of sensorimotor functions in the deaf persons.*

Purpose. *To identify the patterns and features of the functional reorganization visual-motor functions of the different levels of the complexity in teenagers and young men with the auditory deprivation.*

Methods. *The research involved 46 teenagers and the young men with auditory deprivation (congenital or acquired in the early childhood deafness) and the same number of their peers with the normal hearing. The research was carried out according to the norms of bioethics and the regulations of 1975 Helsinki Declaration. The understanding of the visual-motor properties included the determination of the characteristics of the latent periods of the simple visual-motor reaction (SVMR) and the complex reactions of the selection one of the three (RS_{1-3}) and the differentiation two of the three stimuli ($RS_{2,3}$). The method and the computer diagnostic system "Diagnost-1M" was used for the research of visual-motor reactions of the different difficulty levels.*

Results. *The formation dynamics of sensorimotor functions in the both research groups had the common patterns and unfolded according to the genetically determined program of the age-related changes. The indicators of visual-motor reactions of the different complexity were significantly large in the persons of 14-15 years old with hearing deprivation than in such individuals of this age with the normal hearing. Probably the differentiations are explained by the differences in the morpho-functional reconstructions of the neural nets, the neuro-muscular system, the subcortical structures of the brain which involved in the information processing in people with the normal and the limited input afferentation.*

The comparison of the reduction dynamics of the latent time visual-motor reactions of the various difficulty degrees in the age range of 14-21 years old with the different status of auditory function showed the greatest rate of decline between the groups of 14-15 and 16-17 years old.

There have been established the significant differences between the indicators of the sensory component (SC) and motor component (MC) of the differential visual-motor reaction between the examinees with the different status of auditory function in the research persons of the all age periods ($p < 0.05$). For the examinees with the deprivation of the auditory function the increasing of the rate of the differentiation mostly has been depended by time of the central processing of the information (CPI), SC and to a lesser extent from the maturation of MC. That is, the significantly reduced speed of MC in the deaf persons was compensated by the increased activity of SC. The improvement of the discriminative function of the neural ensembles in the individuals with the normal hearing function was occurring in the first place by the reducing of the time MC and CPI during the complex of RS_{2,3}.

Originality. *In the examinees people with the auditory deprivation the contribution of the time components RS_{2,3} as SC and CPI, were lower than in the persons with the normal hearing, and MC was much larger (almost 25%) than in the persons with normal hearing. So the below motor reaction of the deaf persons was compensated by the increased reactivity of the SC and CPI.*

Conclusion. *In the deaf teenagers and the young men the latent periods of the simple and the complex reactions of the choice and the differentiation of visual-motor functions were significantly the higher than in the age groups with the normal hearing and gradually decreased, reaching maximum of the development in the persons of 18-21 years old. The greatest rate of the decrease in the latent time the visual-motor reactions of the various degrees of complexity in the age range of 14-21 years old, regardless of the status of auditory function were installed between the groups of 14-15 and 16-17 years old. The gradual decrease of the time of SC, CPI and MC have been proven with the age; the lesser response time of the sensor component and the longer time of the motor component in the deaf persons in comparison with people with the normal hearing; significantly the lower motor reaction of the deaf persons was compensated by the hyperactivity of SC and CPI.*

Keywords: *visual-motor reactions, auditory deprivation, functional reorganization.*

¹ Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка

³ Черкаський навчально-реабілітаційний центр «Країна добра»

Одержано редакцією 17.12.2016

Прийнято до публікації 15.05.2017

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СПОРТСМЕНІВ З РІЗНИМ СТАЖЕМ СПОРТИВНОЇ ПІДГОТОВКИ

У представленій статті визначено діапазон фізичної працездатності та відповідний максимальний рівень реакції кардіореспіраторної системи у висококваліфікованих спортсменів та у мало тренуваних осіб, які почали займатися спортом після 20 років і намагаються приймати участь в змаганнях з триатлону та марафону. Із використанням сучасних автоматизованих швидкодіючих ергоспірометричних комплексів типу «Oxcon Pro», «Vyntus CPX» виділені групи спортсменів по величині “критичної” потужності роботи за умов стандартного тесту для визначення максимального споживання кисню. Представлена інформація дозволить визначити рівень тренуваності спортсменів на підставі рівня їх фізичної працездатності, що дозволить підвищити ефективність медико-біологічного забезпечення спортивної підготовки спортсменів різного рівня тренуваності та стажу.

Ключові слова: спортсмени, аматори, фізична працездатність, максимальне споживання кисню

Постановка проблеми. Основними завданнями фізичної культури і спорту є постійне підвищення рівня здоров'я, фізичного та духовного розвитку населення, що сприятиме економічному і соціальному прогресу суспільства, а також утвердження міжнародного авторитету України у світовому співтоваристві. Це знайшло відображення в нормативно-правових документах – «Національній доктрині розвитку фізичної культури і спорту» та «Стратегії формування сучасної системи олімпійської підготовки в Україні на період до 2020 року». Однак, в практиці медико-біологічного забезпечення підготовки спортсменів при використанні однакових діагностичних методів різними спеціалістами не існує єдиних критеріїв оцінки змін функціонального стану та потенціалу спортсменів. Важливо також те, що більша частина результатів досліджень спортивного тренування має екстраполяція на оздоровчі ефекти тренування в “спорті для всіх”. За цих умов велике практичне значення набуває розробка методик управління процесом адаптації спортсменів з різним стажом спортивного тренування які, перш за все, спираються на знання про функціонування організму людини за умов напружених м'язових навантажень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що спорт вищих досягнень пов'язаний з граничними за інтенсивністю і тривалістю тренувальними і змагальними навантаженнями, під час яких багаторазово збільшується обмін речовин і споживання кисню. Забезпечення підвищеного споживання кисню в процесі м'язової діяльності супроводжується посиленням діяльності всіх ланок газотранспортної системи, включаючи зовнішнє дихання, серцево-судинну систему, кров і тканинне дихання. Резерв цих ланок багато в чому визначає рівень максимального споживання кисню (VO_{2max}) і загальної фізичної працездатності спортсменів [1, 2].

Рівень VO_{2max} є об'єктивним критерієм оцінки аеробних можливостей (резервів) організму і загальної фізичної працездатності спортсменів [3, 4, 5, 6]. Оскільки частка аеробної енергопродукції переважає у сумі енергетичного обміну, то рівень максимального споживання кисню (VO_{2max}), безумовно, є головним інтегральним показником фізичного здоров'я людини. Так, процес зміцнення здоров'я людини також пов'язують з розвитком витривалості (або максимальних аеробних

можливостей), оскільки ця властивість забезпечує різнобічний розвиток адаптації внутрішніх органів, розширення можливостей функціональних систем, що забезпечують організм киснем. Ступень розвитку витривалості характеризує рівень фізичного здоров'я, використовуючи максимальне споживання кисню (VO_{2max}) як інтегральний показник оцінки фізичного стану людини [7, 8].

Величина максимального споживання кисню надійно характеризує фізичну (або, більш точно, так називаємо аеробну) працездатність людини. Між VO_{2max} та рівнем фізичної працездатності людини є вірогідна кореляція. У зв'язку з цим VO_{2max} давно вже оцінюється спеціалістами в області спортивної медицини, фізіології спорту і праці, фізичної культури та виховання. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВОЗ) рекомендує визначення рівня $МПО_2$ як один із найбільш надійних методів оцінки дієздатності людини [9]. Згідно М. М. Амосову [10] «кількість» здоров'я визначається сумою резервних можливостей серцево-судинної та дихальної систем. Наприклад, визначено, що ендogenous фактори ризику ішемічної хвороби серця формуються тільки при зниженні аеробних можливостей до визначеного рівня. Гранична (порогова) величина VO_{2max} для чоловіків становить $42 \text{ мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, для жінок – $35 \text{ мл} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$, що визначається як безпечний рівень соматичного здоров'я.

Все більшої актуальності набуває питання тестування фізичного і функціонального стану осіб, які займаються фізкультурно-оздоровчою діяльністю. Люди приходять на перевірку свого фізичного стану з різних причин. Зрозуміло, що вони бажають одержати не тільки інформацію щодо фізичної підготовленості, але і як її поліпшити. Найчастіше у них більш широкі цілі, пов'язані зі способом життя: підвищити працездатність (витривалість); більше рухатися, щоб скинути зайву вагу; стати більш привабливим; більш енергійно брати участь у роботі, у сімейному житті; позбутися від стресів; бути в компанії з іншими людьми.

Останнім часом спортсмени-аматори, які займається улюбленим видом спорту без спеціальної підготовки і не як професіонал, мають можливість поряд із кваліфікованими спортсменами-професіоналами приймати участь у змаганнях з марафону, триатлону та велоспорту. Зараз навіть спортсмени-аматори часом досягають такої інтенсивності в тренуваннях, як професійні спортсмени. Тому, вони також потребують медичної підтримки кардіолога, ортопеда і фізіотерапевта. Іноді аматори мають великі очікування, ніж кваліфіковані спортсмени з досвідом. При цьому, прогалини в спортивній підготовці спортсмени-аматори намагаються перекрити своєю амбітністю. Аматори мають мало часу для того, щоб освоювати свої спортивні цілі, і недостатньо відновлюються після тренувальних та змагальних навантажень, тому що ще крім того вони ще й працюють і виховують дітей. Дві проблеми, від яких найбільше страждають спортсмени-аматори - хвороби серцево-судинної системи і опорно-рухового апарату. Такі люди страждають від аритмії і навіть серцевих нападів, а опорно-руховий апарат страждає під час марафонів і футболу, коли люди отримують травми.

Мета статті – визначити діапазон змін фізичної працездатності та максимального рівня реакції кардіореспіраторної системи у висококваліфікованих спортсменів та у мало тренуваних осіб, які почали займатися спортом після 20 років і намагаються приймати участь в змаганнях з триатлону та марафону.

Робота виконувалася згідно держбюджетної науково-дослідної теми «Технологія індивідуалізації тренувального процесу на основі фізіологічних критеріїв» (номер держреєстрації теми: №0117U002388) Міністерства освіти і науки України.

Матеріал та методи

У дослідженнях брали участь 491 кваліфікованих спортсменів-чоловіків у віці 19-28 років з високим рівнем спортивної кваліфікації (КМС - МС), спортивним стажем 8-11 років, представників різних видів спорту (легка атлетика, п'ятиборство, триатлон,

веслування на байдарках і каное, академічне веслування, баскетбол, плавання, хокей, велоспорт, біатлон, лижні гонки та ін.), а також 68 мало тренованих осіб (спортсмени-аматори), які почали займатися спортом після 20 років.

Досліджувалися показники газообміну, зовнішнього дихання, центральної гемодинаміки, ацидемічних зрушень крові і фізичної працездатності спортсменів за умов фізичного тестового навантаження аеробного характеру ступеневозростаючої потужності, що виконувалося на тредмілі LE-200С до моменту вольової втоми («до відмови»). Для оцінки реакції кардіореспіраторної системи (КРС) на тестові навантаження використовувався автоматизований газоаналітичний комплекс «Охусон Pro» («Jager», Німеччина) і методичний підхід для оцінки функціональних можливостей спортсменів [11].

Статистична обробка результатів проводилась з використанням комп'ютеризованої програми «STATISTICA v6». Тестування проводилося після дня відпочинку при стандартному режимі харчування і питного режиму.

Спортсмени були ознайомлені зі змістом тестів, процедур вимірів і давали згоду на їхнє проведення. При проведенні комплексних біологічних обстежень за участю спортсменів дотримувалися законодавства України про охорону здоров'я та Гельсінської декларації 2000 р директиви Європейського товариства 86/609 щодо участі людей в медико-біологічних дослідженнях. Відповідно даних календарних диспансерних обстежень усі досліджувані були практично здорові.

Результати та їх обговорення.

Напружене фізичне навантаження характеризується вираженими гіпоксичними та ацидемічними явищами в організмі, значення яких для формування стимулів реакції дихальної системи пов'язане з характером енергетичного метаболізму.

Фізична працездатність людини – явище багатофакторне. До числа найбільш значущих чинників, що визначають фізичну працездатність спортсменів, відноситься вид і рівень рухової активності, і зокрема провідний рівень розвитку його біоенергетичних можливостей (аеробних і анаеробних) [1, 3, 8, 11, 12, 13, 14]. Наприклад, в плаванні серед основних показників, при комплектуванні збірних команд і відборі спортсменів в групи спортивного вдосконалення рекомендують орієнтуватися на високі значення довжини тіла, максимального абсолютного і відносного рівнів споживання кисню, легеневої вентиляції, анаеробного порога, робочого рівня споживання O_2 і O_2 -приходу, неметаболічного «надлишку» CO_2 , а також низького значення показника $VCO_2/ExhCO_2$ [15].

На сучасному етапі при оцінці фізичної працездатності спортсмена більшість рекомендацій орієнтують на різний рівень максимального споживання O_2 , при визначенні якого користуються різними методичними підходами. В науково-методичній літературі на сьогодні представлені критерії оцінки фізичної працездатності, рівня тренуваності спортсменів та осіб, які займаються фізичною культурою, які були визначні ще в 60-80-тих роках минулого століття. В зв'язку з цим, необхідно визначити критерії виділення різного рівня тренуваності спортсменів на підставі ергометричних параметрів фізичної працездатності і реакції кардіореспіраторної системи із використанням сучасних високоточних ергоспірометричних комплексів.

Крім того, у спортивній педагогіці і, зокрема, в теорії спортивного тренування процес адаптації розглядається на основі динаміки приросту працездатності спортсмена, як інтегрального показника функціональних пристосувань організму [3, 11]. Поняття «фізична працездатність» трактується як інтегральний показник, що характеризує кінцевий результат адаптивних змін в організмі людини, його фізичні можливості. Фізіологічною основою витривалості і фізичної працездатності є аеробні процеси енергозабезпечення. Але, досить часто, для досягнення запланованого

результату недостатньо високий розвиток аеробного потужності ($VO_2\max$), що може бути компенсовано різним співвідношенням анаеробних (алактатного і гліколітичного) процесів в енергозабезпеченні фізичного навантаження. В представленому науковому дослідженні перш за все були виділені групи та критерії оцінки рівня тренуваності кваліфікованих спортсменів та спортсменів-аматорів за величиною “критичної” потужності роботи ($W_{кр}$ – потужність роботи при якій досягається рівень $VO_2\max$) за умов стандартного тесту для визначення максимального споживання кисню (навантаження ступенево зростаючої потужності до моменту вольової втоми («до відмови»)) – таблиця 1.

Таблиця 1

Рівень фізичної працездатності висококваліфікованих спортсменів та спортсменів-аматорів по величині “критичної” потужності ($W_{кр}$), антропометричні показники спортсменів, які відрізняються за рівнем фізичної працездатності, $n=559$, $M\pm SD$

Статистичні показники	Рівень фізичної працездатності по величині потужності “критичного” навантаження ($W_{кр}$) на кг маси тіла, $Вт\cdot кг^{-1}$				
	Низький	Нижче середнього	Середній	Вище середнього	Високий
Висококваліфіковані спортсмени, n= 491					
Діапазон змін величини потужності “критичного” навантаження ($W_{кр}$), $Вт\cdot кг^{-1}$	2,80–3,49	3,50–4,45	4,46–5,42	5,43–6,38	6,39–7,34
Середній рівень потужності “критичного” навантаження ($W_{кр}$), $Вт\cdot кг^{-1}$, $M\pm SD$	3,22±0,04	4,10±0,02	4,94±0,04	6,01±0,02	6,86±0,03
Найменше значення в діапазоні	2,80	3,52	4,46	5,48	6,40
Найбільше значення в діапазоні	3,77	4,45	5,41	6,38	7,30
Кількість спортсменів в групі	27	154	162	124	24
Вік, років	21,17±5,74	20,95±4,14	21,48±3,68	21,00±3,33	24,08±3,66
Маса тіла, кг	78,93±9,99	81,46±9,26	79,42±10,17	70,36±6,76	71,29±5,20
Довжина тіла, см	181,66±7,6	183,75±7,92	184,93±7,94	179,81±5,8	180,71±4,2
Індекс маси тіла,	23,96±2,14	24,09±1,99	23,17±2,01	21,72±2,48	21,81±1,97
Спортивний стаж, років	8-11 років				
Спортсмени-аматори, n= 68					
Діапазон змін величини потужності “критичного” навантаження ($W_{кр}$), $Вт\cdot кг^{-1}$	2,67–2,82	2,83–3,36	3,37–3,91	3,92–4,45	4,46–5,44
Середній рівень потужності “критичного” навантаження ($W_{кр}$), $Вт\cdot кг^{-1}$, $M\pm SD$	2,72±0,02	3,13±0,05	3,66±0,03	4,17±0,05	4,65±0,12
Найменше значення в діапазоні	2,67	2,86	3,44	4,00	4,45
Найбільше значення в діапазоні	2,74	3,30	3,90	4,35	5,44
Кількість спортсменів в групі	5	14	33	9	8
Вік, років	38,00±5,99	28,33±10,01	27,67±8,16	29,33±3,85	30,67±5,19
Маса тіла, кг	83,67±8,15	94,33±4,58	71,00±5,89	69,67±3,17	72,67±4,05
Довжина тіла, см	181,25±5,1	181,64±5,82	179,02±6,13	174,85±3,1	175,23±2,1
Індекс маси тіла	26,08±2,18	26,68±2,53	24,45±1,98	23,71±2,05	23,73±1,99
Спортивний стаж, років	1,4±0,6	2,6±1,3	3,8±1,1	6,2±0,8	8,8±1,2

В таблиці 1 також наведені антропометричні характеристики висококваліфікованих спортсменів та спортсменів-аматорів, які відрізняються за рівнем фізичної працездатності. Звісно, що кваліфіковані спортсмени мають більший рівень фізичної працездатності в порівнянні із спортсменами-аматорами, що було доведено досить давно багатьма дослідниками. Звертає на себе увагу, що *рівень фізичної*

працездатності спортсменів-аматорів залежить від стажу їх спортивного тренування та віку, в якому почали аматори систематично тренуватися. Високий рівень фізичної працездатності серед спортсменів-аматорів в діапазоні 4,46–5,44 Вт·кг⁻¹ мають спортсмени-аматори з більшим спортивним стажем, які почали тренуватися у більш молодому віці. Досягнутий ними рівень фізичної працездатності може відповідати середньому рівню фізичної працездатності 4,46–5,42 Вт·кг⁻¹ висококваліфікованих спортсменів.

Серед висококваліфікованих спортсменів рівень фізичної працездатності залежить від виду спорту, а не від стажу спортивної підготовки. В таблиці 2 представлено процентний розподіл спортсменів конкретного виду спорту по групах різного рівня фізичної працездатності. Більший рівень фізичної працездатності відмічається у спортсменів високого класу, які тривалий час тренуються у видах спорту, що вимагають прояву витривалості (біатлон, лижні гонки, триатлон). Слід звернути увагу, що висококваліфіковані спортсмени представники велоспорту мають не звичний для них середній та нижче середнього рівень фізичної працездатності, а представники плавання – ще нижчий рівень працездатності, що в деякій мірі може пояснити погіршення спортивних результатів українських спортсменів в зазначених видах спорту в останні 10 років.

Таблиця 2

Розподіл спортсменів (%) окремих видів спорту по групах за рівнем фізичної працездатності

Вид спорту	Групи по рівню фізичної працездатності (Вт·кг ⁻¹)				
	Низький 2,80 – 3,49	Нижче середнього 3,50 – 4,45	Середній 4,46 – 5,42	Вище середнього 5,43 – 6,38	Високий 6,39 – 7,34
Біатлон	-	-	15	58	29
Лижні гонки	-	-	19	60	22
Триатлон	-	-	12	73	17
Легка атлетика, 1500 м	-	-	22	74	5
Сучасне п'ятиборство	-	-	35	64	3
Веслування на байдарках і каное	7	50	43	2	-
Баскетбол	-	45	56	-	-
Велоспорт	5	43	53	-	-
Хокей	15	60	25	-	-
Теніс	25	50	25	-	-
Бокс	36	59	6	-	-
Плавання	34	67	-	-	-

Показники, що характеризують максимальний рівень реакції кардіореспіраторної системи за умов навантаження ступенезростаючої потужності “до відмови” у висококваліфікованих спортсменів з різним рівнем фізичної працездатності представлені в таблиці 3, а у спортсменів-аматорів в таблиці 4.

У висококваліфікованих спортсменів (табл. 3) із збільшенням рівня фізичної працездатності відмічається збільшення рівня реалізації аеробного потенціалу організму, що проявляється у більшому рівні $\dot{V}O_{2max}$ та більшій ефективності серцевого циклу по O_2 -пульсу. При цьому, по рівню $\dot{V}O_{2max}$ виділяються серед висококваліфікованих спортсменів три групи. Найбільший рівень $\dot{V}O_{2max}$ 70,14 – 73,47 мл·хв⁻¹·кг⁻¹ що складає 94,09 – 99,05 % реалізації загального аеробного потенціалу відмічається у 2-х груп спортсменів з вище середнього та високого рівня фізичного працездатності. Висококваліфіковані спортсмени, які мають нижче середнього та

середній рівень фізичної працездатності, характеризуються вірогідно меншим рівнем VO_{2max} 54,74 – 58,88 $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$ рівнем реалізації загального аеробного потенціалу 79,31 – 85,48 %. Група спортсменів із низьким рівнем фізичної працездатності має вірогідно менший рівень VO_{2max} та рівень реалізації аеробного потенціалу.

Серед висококваліфікованих спортсменів не відмічається відмінностей по максимальній ЧСС та по ефективності легеневої вентиляції (вентиляційний еквівалент по O_2) на максимально досягнутому рівні фізичної працездатності (табл. 3).

Таблиця 3

Показники, що характеризують загальну фізичну працездатність та максимальний рівень реакції кардіореспіраторної системи за умов навантаження ступеневозростаючої потужності “до відмови” у висококваліфікованих спортсменів з різним рівнем фізичної працездатності, $M \pm SD$

Статистичні показники	Групи по рівню фізичної працездатності ($W_{кр}$, $Вт \cdot кг^{-1}$)				
	Низький 2,80 – 3,49	Нижче середнього 3,50 – 4,45	Середній 4,46 – 5,42	Вище середнього 5,43 – 6,38	Високий 6,39 – 7,34
Висококваліфіковані спортсмени, n= 491					
Потужність “критичного” навантаження ($W_{кр}$), Вт	256,83±43,40	332,52±41,97	392,27±48,44	422,47±42,34	488,93±37,02
Потужність “критичного” навантаження ($W_{кр}$) на $кг$ ваги, $Вт \cdot кг^{-1}$	3,26±0,23	4,10±0,28	4,97±0,31	6,01±0,25	6,86±0,16
Максимальний рівень споживання O_2 (VO_{2max}), $мл \cdot хв^{-1}$	3824,06±625,13	4423,65±514,92	4840,77±561,51	4929,19±631,89	5248,06±365,12
Максимальний рівень споживання O_2 (VO_{2max}) на $кг$ ваги, $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$	48,91±6,79	54,74±5,34	58,88±5,64	70,14±6,53	73,47±4,99
Максимальна частота серцевих скорочень (ЧСС $_{max}$), $уд \cdot хв^{-1}$	189,29±8,37	188,80±10,93	190,61±8,97	191,29±9,21	192,65±8,48
Максимальний кисневий ефект серцевих скорочень (“ O_2 -пульс” $_{max}$), $мл \cdot уд^{-1}$	21,50±7,04	23,74±3,84	25,97±3,27	25,87±3,94	27,05±0,46
Вентиляційний еквівалент за O_2 (E_{QO_2})	31,49±3,80	31,29±3,8	32,14±4,42	30,88±4,56	32,46±3,91
Реалізація загального аеробного потенціалу, %	68,58±4,29	79,31±4,81	85,48±6,14	94,09±9,32	99,05±6,19

У спортсменів-аматорів (табл. 4) із збільшенням рівня фізичної працездатності відмічається закономірне поступове збільшення рівня VO_{2max} та рівня реалізації аеробного потенціалу організму від групи до групи.

Таким чином, з використанням сучасних ергоспірометричних комплексів визначені критерії оцінки фізичної працездатності спортсменів на підставі аналізу максимального рівня реакції кардіореспіраторної системи за умов тривалих фізичних навантажень максимальної аеробної потужності. В результаті дослідження чітко визначений діапазон змін потужності фізичної роботи, що характеризує різний рівень фізичної працездатності як висококваліфікованих спортсменів, так і спортсменів-аматорів, та відповідний діапазон змін величин показників максимальної реакції кардіореспіраторної системи.

Таблиця 4

Показники, що характеризують загальну фізичну працездатність та максимальний рівень реакції кардіореспіраторної системи за умов навантаження ступеневозростаючої потужності “до відмови” у спортсменів-аматорів з різним рівнем фізичної працездатності, $M \pm SD$

Статистичні показники	Групи по рівню фізичної працездатності ($W_{кр}$, Вт·кг ⁻¹)				
	Низький 2,80 – 3,49	Нижче середнього 3,50 – 4,45	Середній 4,46 – 5,42	Вище середнього 5,43 – 6,38	Високий 6,39 – 7,34
Спортсмени-аматори, n= 68					
Потужність “критичного” навантаження ($W_{кр}$), Вт	232,67±9,71	269,47±37,07	288,70±37,51	312,33±48,36	354,50±38,50
Потужність “критичного” навантаження ($W_{кр}$) на кг ваги, Вт·кг ⁻¹	2,72±0,04	3,13±0,18	3,66±0,16	4,17±0,14	4,65±0,33
Максимальний рівень споживання O_2 (VO_{2max}), мл·хв ⁻¹	3236,67±274,58	3750,93±545,91	3761,21±515,41	3870,33±357,26	4171,13±422,72
Максимальний рівень споживання O_2 (VO_{2max}) на кг ваги, мл·хв ⁻¹ ·кг ⁻¹	37,77±2,76	43,60±4,62	47,89±5,31	52,18±4,86	55,15±7,94
Максимальна частота серцевих скорочень ($ЧСС_{max}$), уд·хв ⁻¹	179,67±12,06	179,93±6,85	182,61±10,52	184,89±8,16	183,75±6,78
Максимальний кисневий ефект серцевих скорочень (“ O_2 -пульс” $_{max}$), мл·уд ⁻¹	18,03±1,48	20,83±2,88	20,71±3,40	20,98±2,16	22,72±2,34
Вентиляційний еквівалент за O_2 (EQO_2)	32,80±6,54	32,92±5,12	32,72±3,41	33,06±3,93	33,21±5,13
Реалізація загального аеробного потенціалу, %	67,14±5,92	75,54±11,26	77,65±11,58	78,82±5,28	83,13±5,91

Крім того, за отриманими результатами можливо скорегувати для нетренованих людей величину максимального споживання O_2 42 мл·хв⁻¹·кг⁻¹, яка рекомендується ВОЗ

як граничний рівень здоров'я для нетренованих осіб. Як видно з даних представлених в таблиці 4 у осіб, які тільки починають займатися спортом і які характеризуються зниженим рівнем фізичної працездатності, зареєстрована величина VO_{2max} $37,77 \pm 2,76$ $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$ є значно меншою ніж VO_{2max} 42 $мл \cdot хв^{-1} \cdot кг^{-1}$ згідно рекомендацій ВОЗ. Одна із причин подібних відмінностей в рівні VO_{2max} є різниця в точності вимірів на різній діагностичній апаратурі типу «Spirolit» у 70-ті роки пришлого століття та на сучасних автоматизованих швидкодіючих ергоспірометричних комплексах типу «Oxcon Pro», «Vyntus CPX», «Cosmed» та інші.

Висновки

Отримані результати в загальному вигляді співпадають з виявленими раніше закономірностями в дослідженнях інших авторів щодо відмінностей реакції кардіореспіраторної системи осіб, які мають різний стаж спортивного тренування та ступінь адаптації до фізичних навантажень. У висококваліфікованих спортсменів рівень фізичної працездатності залежить від виду спорту, а не від стажу спортивної підготовки. У спортсменів-аматорів рівень фізичної працездатності залежить від стажу їх спортивного тренування та віку, в якому почали аматори систематично тренуватися. Представлена в таблицях інформація, на наш погляд, дозволить розширити коло критеріїв оцінки фізичного стану та функціональних можливостей спортсменів, а також дозволить іншим дослідникам співставляти отримані результати для визначення рівня тренуваності спортсменів на підставі рівня фізичної працездатності, що дозволить підвищити ефективність медико-біологічного забезпечення спортивної підготовки спортсменів різного рівня тренуваності та стажу.

Література

1. Лисенко О.М. Відмінності максимальних аеробних можливостей спортсменів, зумовлені спрямованістю процесу довгострокової адаптації / О.М.Лисенко // Фізіологічний журнал. – 2001. – Т. 47. – №3. – С.80-89.
2. Пупырева Е.Д. Механизмы кислородного обеспечения организма спортсменов в покое и при нагрузках максимальной мощности / Е.Д.Пупырева, М.В. Балыкин // Ульяновский медико-биологический журнал. № 1, 2013. – С. 124 – 130.
3. Мищенко В.С. Функциональная подготовленность квалифицированных спортсменов: подходы к повышению специализированности оценки и направленному совершенствованию / [В.С.Мищенко, А.И.Павлик, С.Савчин, А.Ю.Дьяченко, Е.Н.Лысенко и др.] // Наука в Олимпийском спорте. Спец. выпуск. – 1999. – С.61-69.
4. Costa V.P. Reproducibility of Cycling Time to Exhaustion at VO_{2max} in Competitive Cyclists / [V.P.Costa, D.G.Matos, L.C.Pertence et al.]. // Journal of Exercise Physiology online. – 2011. – Vol. 14 (1). – P. 28-34.
5. Mauger A.R. VO_{2max} is altered by self-pacing during incremental exercise / Alexis R. Mauger. // European Journal of Applied Physiology. – 2013. – Vol. 113, № 2. – P. 541-542.
6. Petot H. A new incremental test for VO_{2max} accurate measurement by increasing VO_{2max} plateau duration, allowing the investigation of its limiting factors / [H.Petot, R.Meilland, L.Le Moyec et al.]. // European Journal of Applied Physiology. – 2012. – Vol. 112, Issue 6. – P. 2267-2276.
7. Лисенко Олена. Медико-біологічний контроль в оздоровчому фітнесі / О.Лисенко // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2007. - № 1. – С. 72-76.
8. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М.: Медицина, 1990. – 192 с.
9. Хроника ВОЗ, 1971. – т. 25, № 8. – С. 380 – 386
10. Амосов Н.М. Физическая активность и сердце / Н.М.Амосов, Я.А.Бендет. – Киев: Здоровья, 1989. – 214 с.
11. Мищенко В.С. Функциональная подготовленность, как интегральная характеристика предпосылок высокой работоспособности спортсменов: Методическое пособие / В.С.Мищенко, А.И.Павлик, В.Ф.Дьяченко. – Киев:ГНИИФКиС, 1999. – 129 с.
12. Волков Н.И. Метаболические состояния у спортсменов при напряженной мышечной деятельности переменного характера / Н.И.Волков, Р.В.Тамбовцева, Р.В. Юриков //Физиология человека. – 2012. – Т.38, №4. – С.74-82.
13. Физиологическое тестирование спортсмена высокой квалификации: Пер с англ / [Бекус Р.Д.Х., Банистер Е.У., Бушар К., Дюлак С., Грин Г.Дж и др.]. – Киев: Олимпийская литература, 1998. – 431 с.

14. Mac Dougal J.D. Physiological testing of the high-performance athlete / J.D. Mac Dougal, H.A. Wander, N.J. Green – Champaign, IL; Human Kinetics. – 1991. – 448 p.
15. Соломатин В.Р. Модельные характеристики и нормативные требования специальной работоспособности высококвалифицированных пловцов / В.Р. Соломатин // Теория и методика спорта высших достижений. – 2015. – №2. – С. 17-20.

References

1. Lisenko O.M. (2001). *Vidminnosti maksimalnih aerobnih mozhlivostey sportsmenov, zumovleni spryamovanistyu protsesu dovgostrokovoyi adaptatsiyi [Differences of maximal aerobic capacity of athletes due trend of long-term adaptation]*. Fiziologichniy zhurnal [in Ukraine].
2. Pupyreva E.D., Balykin M.V. (2013). *Mekhanizmy kislorodnogo obespecheniya organizma sportsmenov v pokoe i pri nagruzkah maksimal'noj moshchnosti [Mechanisms of oxygen supply to the body of athletes at rest and under loads of maximum power]*. Ul'yanovskij mediko-biologicheskij zhurnal [in Russian].
3. Mishchenko V.S., Pavlik A.I., Savchin S., D'yachenko A.YU., Lysenko E.N. (1999). *Funkcional'naya podgotovlennost' kvalificirovannykh sportsmenov: podhody k povysheniyu specializirovannosti ocenki i napravlenomu sovershenstvovaniyu [Functional efficiency of qualified athletes: approaches to increasing the specialization of evaluation and targeted improvement]*. Nauka v Olimpijskom sporte. Spec. Vypusk [in Russian].
4. Costa V.P., Matos D.G., Pertence L.C. et al. (2011). Reproducibility of Cycling Time to Exhaustion at VO_{2max} in Competitive Cyclists. *Journal of Exercise Physiology online*, 14 (1), 28-34.
5. Mauger A.R. (2013). VO_{2max} is altered by self-pacing during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113, № 2, 541-542.
6. Petot H., Meillard R., Moyec L. Le et al. (2012). A new incremental test for VO_{2max} accurate measurement by increasing VO_{2max} plateau duration, allowing the investigation of its limiting factors. *European Journal of Applied Physiology*, 112 (6), 2267-2276.
7. Lysenko Olena (2007). *Medyko-biologichnyj kontrol v ozdorovchomu fitnesi [Medical and biological control in health fitness]*. Teoriya i metodyka fizychnogo vixovannya i sportu [in Ukraine].
8. Aulik I.V. (1990) *Opredelenie fizicheskoy rabotosposobnosti v klinike i sporte [Determination of physical performance in clinics and sports]*. M.: Medicina [in Russian].
9. Hronika VOZ (1971) *[Chronicle of World Health Organization]* [in Russian].
10. Amosov N.M., Bendet YA.A. (1989). *Fizicheskaya aktivnost' i serce [Physical activity and heart]*. Kiev: Zdorov'ya [in Russian].
11. Mishchenko V.S., Pavlik A.I., Dyachenko V.F. (1999). *Funkcional'naya podgotovlennost', kak integral'naya harakteristika predposylok vysokoy rabotosposobnosti sportsmenov [Functional efficiency, as an integral characteristic of the prerequisites for high performance athletes]: Metodicheskoe posobie*. Kiev: GNIIFKiS [in Russian].
12. Volkov N.I., Tambovceva R.V., Yurikov R.V. (2012). *Metabolicheskie sostoyaniya u sportsmenov pri napryazhennoj myshechnoj deyatel'nosti peremennogo haraktera [Metabolic conditions in athletes with intense muscular activity of variable nature]*. Fiziologiya cheloveka [in Russian].
13. Bekus R.D.H., Banister E.U., Bushar K., Dyulak S., Grin G.Dzh i dr. (1998). *Fiziologicheskoe testirovanie sportsmena vysokoy kvalifikacii [Physiological testing of a highly qualified athlete]: Per s angl*. Kiev: Olimpijskaya literatura [in Russian].
14. Mac Dougal J.D., Wander H.A., Green N.J. (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete: Champaign, IL; Human Kinetics*.
15. Solomatin V.R. (2015). *Model'nye harakteristiki i normativnye trebovaniya special'noj rabotosposobnosti vysokokvalificirovannykh plovcov [Model characteristics and regulatory requirements for the special working capacity of highly qualified swimmers]*. Teoriya i metodika sporta vysshih dostizhenij [in Russian].

Summary. Lysenko O.N., Gorenko Z.A., Kovel'ska A.V., Taybolina L.O., Ocheretko E.B., Fedorchuk S.V., Kolosova O.V., Khalyavka T.O. *Criteria for evaluation functional capacity of athletes from various sports training and of experience.*

Introduction. Recently, amateur athletes who engaged in favorite sport without special training and have the opportunity, along with qualified professional athletes participate in competitions in the marathon, triathlon and cycling. Now even amateurs athletes sometimes reach such intensity in training as professional athletes.

Purpose. Determine the range of change in of physical performance and maximum level of cardiorespiratory system reactions in highly skilled athletes and a little trained people who have started go in for sports after 20 years and trying to take part in the competitions in the triathlon and the marathon.

Methods. The study involved 491 athletes qualified men aged 19-28 years with high sports qualification, sports experience of 8-11 years, representatives of various species of sports, and a little trained 68 people that started to go in for sports after 20 years. We studied parameters of gas exchange, external respiration, of central hemodynamics and physical performance of athletes in conditions of physical load test of aerobic capacity, which was carried out on treadmill LE-200C till the moment the volitional fatigue.

Results. With the use of modern the automated complex type of «Oxycon Pro», «Vyntus CPX» selected groups of athletes on the value of "critical" power by the a standard test conditions for the determination of maximal oxygen consumption. In a highly qualified of athletes the level of physical performance depends from the type of sport and does not depend from the duration of experience of sports training. Level of physical performance of athletes-amateur depends on the experience their sports training and the age at which amateurs begun to systematically sports training.

Conclusion. The provided information will allow determine the level of fitness of athletes on the basis of their of physical performance, which will improve the efficiency of sports training athletes of different levels of fitness and experience.

Key words: athletes, amatory, physical performance, maximum oxygen consumption.

Національний університет фізичного виховання та спорту України, м. Київ

Одержано редакцією 19.03.2017

Прийнято до публікації 15.05.2017

ТИПОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИЩИХ ВІДДІЛІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ І УСПІШНІСТЬ ЛЬОТНОГО НАВЧАННЯ

Ми продовжуємо висвітлювати результати комплексного обстеження з вивчення ролі особливостей індивідуальних психофізіологічних функцій в успішності навчання, набутті в трудовій та спортивній діяльності професійних навичок. В даній роботі нами вже в котрій раз звертається увага на важливість врахування властивостей вищої нервової діяльності не лише в трудовій сфері, а і в прогнозуванні успішності навчання спеціальності по керуванню рухомими об'єктами та системами, зокрема і навчання льотної діяльності. Результатами встановлено, на відміну від даних вивчення простого сенсомоторного реагування, лабільності нервової системи та нервово-м'язової витривалості, отриманих нами раніше, достовірний кореляційний зв'язок типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи з успішністю льотного навчання, як і суттєві відмінності середніх значень показників цих функцій поміж груп обстежених з різною результативністю навчання льотної професії. Курсанти з високою та середньою успішністю за показниками рівнів функціональної рухливості та сили нервових процесів значимо відрізнялись від курсантів з низькою успішністю. Ці відмінності чітко проявились за обох режимів пред'явлення та переробки інформації (режим «нав'язаного ритму» та «зворотного зв'язку»), які використовуються в методиках визначення властивостей основних нервових процесів. Зроблено висновок про важливу роль функціональної рухливості та сили нервових процесів в успішності навчання льотної діяльності, що, слід вважати, є підтвердженням врахування їх при обґрунтуванні теорії побудови системи відбору операторів по керуванню рухомими об'єктами та системами за параметрами властивостей нейродинамічних функцій.

Ключові слова: *типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи (функціональна рухливість, сила нервових процесів), успішність льотного навчання, професійний психофізіологічний відбір.*

Постановка проблеми. Важливим елементом проблеми професійного відбору за показниками індивідуальних відмінностей властивостей психофізіологічних функцій є вивчення їх зв'язку з результативністю різних видів трудової діяльності і успішністю навчання з набуття навиків окремих професій, в тому числі і льотної. Ми не вперше звертаємо на це увагу [1, 3 - 6], адже установлення / чи відсутність його (зв'язку) між даними перемінними є обов'язковим чинником в обґрунтуванні системи професійного психофізіологічного відбору, чого не представлено в багатьох методичних рекомендаціях, але вони використовуються на практиці. Окрім того, наявність високо достовірної кореляції результату тесту із зовнішнім критерієм, тобто з оцінкою успішності навчання та трудової діяльності, може слугувати обґрунтуванням адекватності застосованих методик поставленим задачам. Взагалі, відсутність доказу зв'язку результатів тестувань властивостей любых функцій організму з інтегральною оцінкою експертів повинно стати заборонаю рекомендованого інструментарію для оцінки придатності кандидатів тій чи іншій спеціальності. В попередній роботі [4] нами показано, що властивості простих сенсомоторних реакцій за показниками латентних періодів рухових актів, лабільність зорового аналізатора за показниками критичної частоти світлових миготінь на появу та зникнення їх, а також рухово-м'язова витривалість за показником максимального темпу постукування на телеграфному ключі (методика тепінг-тест) не корелюють і не мають достовірних відмінностей між середніми значеннями показників цих функцій в групах курсантів різної льотної успішності з набуття даної професії. Такі результати вказують, слід гадати, що ці властивості психофізіологічних функцій не являються професійно важливими для оволодіння льотною діяльністю, хоча сам компонент швидкості реагування важливий влюбій сфері діяльності.

Льотна професія відноситься до найбільш складних видів праці в сучасному суспільстві. Як писав відомий льотчик-випробувач М. А. Галлай [9] «В каждом полете – даже не боевом или испытательном – летчик вынужден требовать от своей нервной системы больше, чем едва ли не в любом ином виде человеческой деятельности» [9]. Проте, саме методики діагностування нервової системи, її вищих відділів, зокрема і властивостей основних нервових процесів, як високо генетично детермінованих ознак, в інструкціях по профвідбору відсутні. А якщо і мають місце, то вони, в основному, не доказані на прогностичність, надійність та валідність. Ми ж вважали і вважаємо, що гарантією успіху в оволодінні спеціальністю в ряді професій операторського профілю, і особливо по керуванню рухомими повітряними, наземними та водними транспортними засобами, являються індивідуально-типологічні властивості вищої нервової діяльності.

Метою даної роботи було представити результати вивчення зв'язку типологічних особливостей вищих відділів центральної нервової системи, якими в наших обстеженнях були функціональна рухливість нервових процесів та сила нервових процесів (працездатність головного мозку), з різною результативністю льотної навчання у курсантів вищого військового закладу. Це частина результатів комплексної роботи, яку ми проводили протягом декількох років на курсантах училищ та операторах різних спеціальностей і вона передбачала експериментальне обґрунтування можливості / неможливості прогнозування успішності професійної діяльності за показниками електрофізіологічних, соматовегетативних, психомоторних (типологічних) та особистісних якостей.

Методи та організація досліджень

Вивчення індивідуально-типологічних особливостей вищих відділів центральної нервової системи проводили за нашою методикою [2, 8] з використанням режимів нав'язаного ритму та режиму зворотного зв'язку. Для пред'явлення навантаження з переробки інформації в режимі нав'язаного ритму використовували прилад ППЧ-2 (прилад рухливості людини, як назвали його розробники) [10], а для режиму зворотний зв'язок – прилад ПНН-3 (прилад нервової напруги нашої конструкції) [7]. Нагадуємо, що згідно методики виявлення та оцінки властивостей основних нервових процесів дослідження включає визначення характеристик максимальної швидкості, кількості та якості переробки інформації по диференціюванню позитивних та так званих гальмівних смислових подразників, пред'являємих в обох режимах. Застосування двох методичних підходів (режимів) з діагностування одних і тих же властивостей – рівня функціональної рухливості та сили нервових процесів (працездатності кори головного мозку) – нами зроблено свідомо для об'єктивності оцінки отримуваних експериментальних даних і обґрунтування їх інформативності як критеріїв професійної придатності / непридатності.

Особливістю режиму нав'язаного ритму є те, що складність завдання з диференціюванням позитивних і гальмівних сигналів, що слідує один за другим у різній послідовності, підвищується поступово (ступенчато) від досить простого (30 сигналів за 1 хвилину) до досить складного (150 подразників за 1 хвилину). Кожне наступне завдання збільшує темп пред'явлення навантаження від попереднього на 10 подразників і виконується протягом 30 секунд.

Кількісним показником рівня функціональної рухливості нервових процесів є максимальний темп пред'явлення сигналів, при якому обстежуваний зробив не більше 5,5 – 5,0 % помилок на найвищій швидкості. Показником прояву сили нервових процесів (працездатності головного мозку) є загальна кількість помилок (у відсотках до суми пред'явлених сигналів), які допустив обстежений за період виконання всього експериментального завдання. При цьому вважається, чим вища швидкість виконання завдання при допустимих 5,5 – 5,0 % помилок, тим вищий рівень функціональної рухливості, а що менший відсоток помилок, отриманих при виконанні завдання в межах запропонованих тестів (від 30 до 150 подразників за 1 хвилину), то вищий ступінь сили нервових процесів.

В режимі зворотного зв'язку при виконанні тестового завдання експозиція сигналу змінюється автоматично залежно від характеру відповіді: після правильної відповіді вона (експозиція) скорочується на 20 мс, а після неправильної навпаки, подовжується на те ж значення. Діапазон коливань експозиції сигналу під час роботи обстеженого знаходиться в межах 900 – 40 мс. Мірою оцінки максимальної швидкості переробки інформації є час виконання тест-завдання із 120 сигналів, який і характеризує рівень функціональної рухливості.

Мірою оцінки властивості сили нервових процесів є загальна кількість пред'явлених та перероблених подразників, заданих в цьому режимі, протягом 5 хвилин. Тест на визначення рівня сили нервових процесів завжди проводився після виконання завдання із переробки 120 сигналів.

Індивідуальні відмінності з переробки інформації характеризували за запропонованою нами шкалою оцінок [2]. Критеріями успішності льотного навчання (ми вважаємо їх самими аргументованими) були: кількість польотів та час (в годинах, хвилинах і секундах), затрачений на опанування виїзної програми на учбових літаках до першого самостійного польоту; оцінки льотних здібностей за характеристикою льотчика-інструктора, командира ланки, командира ескадрильї та командира полку, отриманих безпосередньо за польоти з ними, а також оцінки перевіряючих за техніку пілотування при переході від однієї задачі програми льотного навчання за курсом льотної підготовки (КУЛП) до іншої. З урахуванням цих оцінок виводили середню величину за дев'яти бальною шкалою. Така бальна оцінка успішності льотного навчання застосовується в усіх льотних військових закладах. Окремим показником здібності набуття навиків пілотування була оцінка за тренажерну успішність.

Усі курсанти за показниками льотного навчання були розподілені на три групи: в групу з високою успішністю увійшли курсанти, які за висновком експертної комісії отримали 9 – 7 балів; в групу з середньою успішністю – від 6 до 4 балів; групу обстежених з низькою успішністю льотного навчання склали особи, які отримали 3 – 1 бали.

Результати та їх узагальнення

Для отримання оцінок залежності льотного навчання від стану властивостей вищої нервової діяльності було використано два варіанти обробки даних. Одним із них – методом парних кореляцій – виявляли зв'язок між перемінними рядами вивчаємих ознак. За допомогою другого – аналізу середніх значень показників нейродинамічних функцій – відмінності поміж груп курсантів з різною здібністю набуття льотних навиків. При обробці та аналізі експериментального матеріалу встановлено тісний кореляційний зв'язок успішності льотного навчання із показниками досліджуваних властивостей. Коефіцієнт кореляції (r) між рівнем функціональної рухливості нервових процесів і успішністю льотного навчання дорівнював 0,29 при $p < 0,01$. Таким же він виявився і між показником сили нервових процесів та льотною успішністю і становив $r = -0,29$ при $p < 0,01$. Дані зв'язки характеризують ступінь лінійної залежності між наявними перемінними і, без сумніву, що вони (властивості основних нервових процесів) являються найбільш професійно важливими для набуття льотної спеціальності.

Наші твердження у важливості індивідуально-типологічних особливостей вищої нервової діяльності для льотної професії обґрунтовані і даними аналізу інтеркореляційної матриці 20 перемінних різних властивостей психофізіологічних функцій з успішністю льотного навчання, із якої видно, що досить високі кореляційні зв'язки проявились між цими ознаками, в основному нервових процесів та результативністю навчання.

Високо вірогідний зв'язок нейродинамічних властивостей з успішністю льотного навчання підтверджено і результатами статистично значимих відмінностей поміж

середніми значеннями показників індивідуально-типологічних властивостей в групах обстежуваних з різним рівнем успішності льотного навчання. Це в однаковій мірі відноситься як до рівня функціональної рухливості нервових процесів, так і до сили нервових процесів (працездатності головного мозку).

Особливо чітко дані відмінності проявились між крайніми групами успішності. Так, критерій сутності різниць (t) середніх показників рівня функціональної рухливості поміж курсантами з високим і низьким рівнем льотної успішності становив 2,90 при $p < 0,01$, а за показником сили нервових процесів – $t = 2,58$ при $p < 0,01$ між цими групами та $t = 2,74$ при $p < 0,05$ поміж груп із середньою і низькою. Між іншими групами різниці по даному критерію хоча і недостовірні, але тенденція нижчих значень властивостей у осіб із середньою успішністю у співставленні з високою та у осіб з низькою успішністю у співставленні із середньою зберігається (відповідно $t = 1,53$; 1,74; 1,54). А це значить, що особи з високим та середнім рівнем функціональної рухливості та сили нервових процесів явились найбільш здібними в оволодінні навиками по керуванню літаком. У осіб з низькими показниками цих властивостей відмічено значне утруднення в набутті навиків пілотування.

Безсумнівно, значення таких властивостей нейродинамічних функцій вищої нервової діяльності, як функціональна рухливість та сила нервових процесів (працездатність головного мозку) для операторської професії по керуванню літаком, незаперечно. Як писав генерал-лейтенант авіації, доктор медичних наук, професор М. Рудний: «Для того, щоб в повній мірі використати високі бойові можливості сучасного літака пілот повинен уміти миттєво оцінити будь-яку ситуацію, що виникла, швидко прийняти рішення негайно діяти. Саме миттєво, швидко, негайно – ця формула пілота стала тепер обов'язковою для льотної праці» [9]. З такими задачами можуть справлятися пілоти з високою рухливістю, силою та врівноваженістю нервових процесів.

Наведені вище цифрові значення отримані із застосуванням для визначення індивідуально-типологічних властивостей методики нав'язаного ритму (зростаючого навантаження). Майже такі дані отримано і з використанням для цих цілей методики зворотного зв'язку, що дозволяє використовувати любий із режимів пред'явлення та переробки зорового навантаження для оцінки властивостей функціональної рухливості та сили нервових процесів. Окрім того, нами на різних вибірках обстежених, різних вікових груп, на різних спеціалістах і т.д. отримано високо достовірні кореляційні зв'язки між показниками однієї і тієї ж властивості, але за різних режимів її діагностування, що підтверджує правильність наших висновків. Так, на обстежуваних кандидатах спецконтингенту для роботи в екстремальних умовах діяльності з підвищеною нервово-емоційною стійкістю коефіцієнт кореляції показника рівня функціональної рухливості, діагностуемого за режимом нав'язаного ритму, з показником рівня функціональної рухливості, виявляемого за режимом зворотного зв'язку, дорівнював $r = - 0,73$ при $p < 0,001$, а коефіцієнт кореляції показників сили нервових процесів між цими режимами – $r = 0,48$ при $p < 0,001$.

Таким чином, висока кореляційна залежність льотного навчання від індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи, а також високо достовірні відмінності між середніми значеннями показників цих властивостей у групах піддослідних з різною льотною успішністю свідчать про те, що рівень функціональної рухливості нервових процесів та сила нервових процесів (працездатність головного мозку) являються найбільш професійно важливими якостями для операторської професії керування літаком, що, слід вважати, є підтвердженням врахування їх при обґрунтуванні теорії побудови системи відбору операторів по керуванню рухомими об'єктами та системами за параметрами властивостей нейродинамічних функцій. Особливістю результатів даних обстежень слід вважати і підтвердження інформативності та

адекватності режимів нав'язаного ритму і зворотного зв'язку як методичних підходів з діагностування максимальної швидкості, кількості та якості переробки зорової інформації для оцінки даних властивостей.

В подальшому ми вважаємо за необхідне продовжити представлення експериментальних даних про роль індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи як надзвичайно важливих чинників в навчанні та у використанні набутих навичок в різних видах операторських професій, в яких ці властивості являються професійно важливими. Можливо даними результатами зацікавляться майбутні автори написання методичних посібників та розробок методичних рекомендацій з профвідбору, автори підручників з психології та психофізіології для студентів цивільних і військових вищих навчальних закладів, автори підручників з фізіології вищої нервової діяльності та диференціальної психофізіології, а також чиновники директивних державних структур і на місце неадекватних тестів включають ті із них, які пройшли атестацію на надійність та валідність поставленим задачам. В однаковій мірі це має відношення і до авторів опису тих методичних засобів, які представляють ці методики та які ніколи і ні ким не застосовувались, але рекомендуються як інформативні в систему профвідбору спеціалістів для роботи в особливих умовах діяльності.

Література

1. Макаренко М.В. Залежність льотного навчання курсантів від індивідуальних психофізіологічних властивостей // Фізіологічний журнал. – 1995. – 41, № 1 – 2. – С. 54 – 60.
2. Макаренко М.В. Методика проведення обстежень та оцінка індивідуальних нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності // Фізіологічний журнал. – 1999. – 45, № 4. – С. 125 – 131.
3. Макаренко М.В. Роль індивідуально-типологічних властивостей вищої нервової діяльності при професійному відборі // Фізіологічний журнал. – 2001. – 47, № 5. – С. 97 – 108.
4. Макаренко М.В. Сенсомоторна реактивність і успішність льотного навчання // Військова медицина України. – 2016. – Т.16. – С. 52 – 57.
5. Макаренко М.В. Стан психофізіологічних функцій у курсантів із різною успішністю льотного навчання // Фізіологічний журнал. – 1995. – 41, № 5 – 6. – С. 3 – 11.
6. Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. – К.: Наукова думка, 1991. – 216 с.
7. Макаренко Н.В., Кольченко Н.В. Использование прибора ПНН -3 для экспресс-диагностики психофизиологических особенностей водителей автомобиля //Тезисы докладов конференции по проблемам экспериментальной психологии. – Львов, 1983. – С. 72 -73.
8. 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.
9. Рудный Н.М. Психология военного летчика. – М.: Воениздат, 1983. – 81 с.
10. Трошихин В.А., Кольченко Н.В., Молдавская С.И. Новый прибор для исследования типологических особенностей высшей нервной деятельности человека // Журнал высшей нервной деятельности. – 1970. – 20, вып.4. – С. 673 – 676.

References

1. Makarenko, M.V.(1995). The dependence of flight training of cadets from the individual psychophysiological properties *Fiziologichny`j zhurnal (Physiological journal)* 41(1), 54 – 60 (in Ukr.)
2. Makarenko, M.V.(1999). The methodology of the surveys and assessment of individual neurodynamic properties of higher nervous activity *Fiziologichny`j zhurnal (Physiological journal)* 45(4), 125 – 131 (in Ukr.)
3. Makarenko, M.V.(2001). The role of individual-typological characteristics of higher nervous activity in the professional selection *Fiziologichny`j zhurnal (Physiological journal)* 47(5), 97 – 108 (in Ukr.)
4. Makarenko, M.V.(2016). Sensomotor reactivity and the success of flight training *Vijs`kova medy`cy`na Ukrayiny` (Military medicine of Ukraine)* 16, 52 – 57(in Ukr.)
5. Makarenko, M.V.(1995). The state of psychophysiological features of students with different successful flight training *Fiziologichny`j zhurnal (Physiological journal)* 41(5-6), 3 – 11 (in Ukr.)
6. Makarenko, M.V.(1991). Psychophysiological functions of a human operator and the work Kyiv: Naukova Dumka, 216 (in Rus.)

7. Makarenko, M.V. Kolchenko, N.V. (1983). Use of the device -3 PNN for the rapid diagnosis of psychophysiological characteristics of drivers car *Tezisy dokladov konferencii po problemam ehksperimental'noj psihologii (Abstracts of the conference on problems of experimental psychology)* 72 -73. (in Rus.)
8. Makarenko, M.V., Lyzohub, V.S., Bezkopilniy, O.P. (2014). Guidelines for workshop on differential psychophysiology and physiology of higher nervous activity of man 102. (in Ukr.)
9. Rudniy, N.M. (1983). The psychology of a military pilot 81.(in Rus.)
10. Troshyhn, V.A., Kolchenko, N.V., Moldavska, S. I. (1970). A new apparatus for the study of typological peculiarities of higher nervous activity of man *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti (The journal of higher nervous activity)* 20(4) 673 – 676. (in Rus.)

Summary. *Makarenko M.V., Savitsky V.L., Lizohub V. S. Typological properties of higher central nervous system and success at flying trainin.*

Introduction. *The results of a comprehensive survey aimed at studying a role of peculiarities of individual psychophysiological functions that are necessary for successful training and acquiring of professional skills for work and sports activities. This work is focused on a role of the properties of higher nervous activity not only at work, but also in predicting the success at professional training on piloting mobile objects and systems, including flying training.*

Purpose. *The aim of this work was to present results of the study due typological characteristics of higher central nervous system, which in our surveys were functional mobility of nervous processes and the strength of neural processes with different outcomes flight training of cadets of higher military institutions*

Methods. *Today diagnostication of individual typological properties such as functional mobility of nervous processes and strength of nervous processes (capacity of the brain) is mainly carried out by methods and hardware developed by us. On the basis of experiments, their high reliability and validity had been proven and protected by invention patents. And if in the theoretical studies these inventions are widely used, in the applied science these items are used less despite their high informative content and the possibility to be used in a system of professional selection.*

Results. *The obtained data, in contrast to the results of the studying of simple sensorimotor reaction, lability of the nervous system and neuro-muscular endurance, have indicated accurate correlation relation between typological properties of higher nervous system and success at flight training, as well as significant differences of mean values of these functions among groups that were estimated with different level of performance of flight training. The cadets with high and middle levels of performance indicated significant difference of functional mobility and strength of nervous processes from cadets that indicated poor performance. These differences were definitely indicated by both modes of input and process of information (“extrinsic rhythm” mode and “feedback” mode) that are widely used to define properties of main nervous processes.*

Originality. *We have indicated accurate correlation relation between typological properties of higher nervous system and success at flight training, as well as significant differences of mean values of these functions among groups that were estimated with different level of performance of flight training.*

Conclusion. *We made conclusion that important role of functional mobility and strength of nervous processes are necessary in the success of flying training and should be taken into account in a process of validation of a theory of creation of a system of selection of operators of piloting objects and systems on the basis of parameters of properties of neurodynamic functions.*

Keywords: *typological properties of higher central nervous system (functional mobility, strength of nervous processes), success at flying training, professional psychophysiological selection.*

¹Українська військово-медична академія, м. Київ

²Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 12.09.2016
 Прийнято до публікації 15.05.2017

ВМІСТ РУТИНУ В ЧАЙНІЙ ПРОДУКЦІЇ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Стаття містить результати дослідження вмісту вітаміну Р у різних видах чаю, який поступає у торгівельну мережу Черкаської області. Одержані результати значно нижчі за нормативні дані літературних джерел, що може свідчити про невідповідні екологічні умови вирощування, тривалий термін зберігання, фальсифікацію продукції, тощо.

Ключові слова: вітаміни, рутин, катехіни, вміст вітаміну Р.

Постановка проблеми. Важливою проблемою біохімічної науки є розширення фундаментальних та прикладних досліджень, спрямованих на пошуки шляхів оптимального забезпечення населення повноцінними продуктами харчування. Особливої уваги заслуговують питання не лише збільшення кількості продуктів харчування, а в першу чергу значного підвищення їх якості та запобігання втрат біологічно активних сполук, що входять до їх складу, шляхом дотримання оптимальних умов виробництва, зберігання та кулінарної обробки.

Серед важливих біологічно активних сполук, недостатнє надходження яких в організм людини може спричинити цілий ряд захворювань, є вітаміни. Вони відіграють надзвичайно важливу роль в організмі і приймають участь у забезпеченні цілого ряду метаболічних перетворень життєво важливих сполук. Одним із продуктів, які впродовж усього року забезпечують вітамінами організм людини є чай – найпоширеніший як у всьому світі так і в Україні напій.

Аналіз останніх публікацій. Чайна рослина синтезує у великих кількостях катехіни (чайний танін), які володіють Р-вітамінною активністю, аскорбінову кислоту, а також тіамін, рибофлавін, нікотинову, пантотенову і фолієву кислоти, каротиноїди [1; 2]. Чай добре знімає втому і головний біль, підвищує розумову і фізичну активність, стимулює роботу головного мозку, серця, процес дихання [3].

Вітамін Р не синтезується в людському організмі, а потрапляє до нього з продуктами харчування, переважно рослинного походження. Він відіграє надзвичайно важливу роль в організм, приймає участь у забезпеченні цілого ряду метаболічних перетворень життєво важливих сполук, має капіляррозміцнюючу, антиоксидантну, антисклеротичну дію [4;5;6]. Вітамін Р в комплексі з вітаміном С позитивно впливає на процеси тканинного дихання, гальмує пероксидне окиснення ліпідів в організмі, покращує функціональний стан гормонів кори надниркових залоз [7]. Катехіни чаю адсорбують шкідливі речовини (важкі метали, радіонукліди) і виводять їх з організму. Біологічно цінні речовини чаю позитивно впливають на жировий і холестериновий обмін. Лікувальні властивості чаю обумовлені його антисептичною і бактерицидною дією, яка використовується при лікуванні хвороб печінки, шлунку, нирок [8;9].

Природа створила в чайному листі своєрідну біохімічну «лабораторію». Найскладніші біохімічні зміни, взаємодії, процеси окиснення і перетворення одних речовин в інші відбуваються у чайному листі безперервно, не лише у процесі росту чайного куща і виробництва чаю, а й у процесі його зберігання, заварювання. От чому різні типи і види чаю мають різний склад і неоднаковою мірою впливають на організм людини.

На українському ринку представлений величезний асортимент чайних виробів, які часто не відповідають нормам якості цього продукту, що також спричинено підпільним способом його виробництва з контрабандної, або неякісної сировини. Низька якість чаю спричинена неправильною технологією переробки чайного листа, порушенням норм зберігання та іншими причинами.

Державне фінансування лабораторного дослідження якості харчової продукції, а також поінформованість населення у цій галузі протягом останніх років практично відсутні. Публікацій стосовно показників якості різних видів і гатунків чаю, який поступає на ринок України нами не виявлено. Тому, дослідження вмісту вітамінів у різних видах чаю є досить актуальними.

Метою статті є дослідження вмісту вітаміну Р у чаї різних торговельних марок, які поступають на ринок Черкаської області, що є показником якості, або ж фальсифікації сучасної ринкової продукції.

Матеріали та методи. Для проведення дослідження були обрані чорний і зелений чай вищого гатунку найбільш розповсюджених на ринку України торговельних марок «Askold», «Ahmad», «Dilmah», «Greenfield», «Lipton», «Batik» і «Brook Bond».

Експериментальне визначення кількості рутину у чаї проводили титрометричним методом Левінталя [10], який базується на здатності калій тетраоксоманганата окиснювати катехіни.

Результати та їх обговорення. Результати середнього вмісту вітаміну Р у чайній продукції, одержані в результаті експериментального дослідження представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст вітаміну Р у чайній продукції різних торговельних марок (у мг%)

№	Торговельна марка чаю	Вміст вітаміну Р, М±m		
		Зелений чай	Чорний чай	Р _{ч-з}
1	Askold	66,4±7,2	49,6±6,1	≤0,05
2	Ahmad	58,1±6,0 ^{###}	40,8±5,5 ^{**}	≤0,05
3	Batik	63,8±7,1 [#]	52,7±7,7	≥0,05
4	Brook Bond	67,9±4,3 [°]	59,1±4,9 [*]	≥0,05
5	Greenfield	79,0±6,7 [°]	54,4±6,8 [°]	≤0,05
6	Dilmah	76,5±8,6 [*]	53,8±4,8 [°]	≤0,05
7	Lipton	63,1±5,9 ^{**}	46,6±5,0 [#]	≤0,05

Примітки: * - p≤0,05 при порівнянні значень з відповідними даними чаю «Lipton»;

** - p≤0,05 при порівнянні значень з відповідними даними чаю «Dilmah»;

- p≤0,05 при порівнянні значень з відповідними даними чаю «Brook Bond»;

- p≤0,05 при порівнянні значень з відповідними даними чаю «Greenfield»;

° - p≤0,05 при порівнянні значень з відповідними даними чаю «Batik»;

°° - p≤0,05 при порівнянні значень з відповідними даними чаю «Ahmad».

Слід зазначити, що показники середнього вмісту вітаміну Р у зеленому чаї різних торговельних марок складають від 58,1 до 79,0 мг%, у чорному – 40,8-59,1 мг%. Одержані результати значно нижчі за нормативні дані літературних джерел (110-120 і 40-80 мг% відповідно), що може свідчити про невідповідні екологічні умови вирощування, тривалий термін зберігання, фальсифікацію продукції, тощо.

За результатами таблиці 1 можна зробити висновки, що більший вміст вітаміну Р містився в зеленому чаї, у порівнянні з чорним відповідної торговельної марки. Це можна пояснити особливостями їх виробництва, при якому катехіни зеленого чаю не піддаються такому окисненню і перетворенню під впливом клітинних ферментів, як у процесі ферментації чорного чаю. Проте, за даними літературних джерел, зелений чай містить у два рази більше рутину, ніж чорний, що суперечить результатам нашого дослідження.

Вищий вміст вітаміну Р серед досліджуваних зелених чаїв містився в екстракті чаю торгівельної марки «Greenfield», а серед чорних – в чаї торгівельної марки «Brook Bond». Найменший вміст рутину спостерігали у чорному і зеленому чаї «Ahmad».

За результатами проведеного експериментального дослідження показник середнього вмісту рутину у чорному чаї торгівельної марки «Brook Bond» був вищим за відповідний показник у зеленому чаї «Ahmad». Це, а також низький вміст вітаміну у порівнянні з даними наукової літератури може свідчити про порушення у процесах виробництва зеленого чаю, зберігання продукції, або ж її фальсифікацію, використання невідповідної, неякісної сировини.

Статистична достовірність різниці між вмістом рутину у зеленому і чорному чаї відповідної торгівельної марки спостерігалась майже у всіх досліджуваних випадках, за виключенням чаю торгівельних марок «Batic» і «Brook Bond». Достовірність різниці середнього вмісту вітаміну Р у групі чорних чаїв різних торгівельних марок і відповідно - зелених чаїв подано у примітках до таблиці 1.

Висновки. Нижчий вміст рутину, який не відповідає продукції вищого сорту містили як зелений так і чорний чай торгівельних марок «Ahmad» і «Lipton», що може свідчити про порушення умов виробництва, зберігання і фасування продукції, або ж її фальсифікацію, використання невідповідної, або неякісної сировини.

Зважаючи на несприятливі екологічні і соціально-економічні умови життя населення України, важливим є забезпечення організму біологічно активними речовинами і вітамінами зокрема. Тому необхідно посилити контроль за якістю продукції, яка поступає на продовольчий ринок України.

Література

1. Andersen O.M. *Flavonoids Chemistry* / O.M.Andersen, K.R.Markham // *Biochemistry and Applications*. CRC Press. – 2005. – 1212 p. – Accessed mode: <https://www.crcpress.com>
2. Биохимия растительного сырья / [Щербаков В.Г., Лобанов В.Г., Прудникова Т.Н. и др.]; под ред. В.Г. Щербакова. – М. : Колос, 1999. – 376с.
3. Окакура К. Книга чая. / К. Окакура – Минск: Харвест, 2002. – 96 с.
4. Erdman Jr.J. *Flavonoids and Heart Health* / Jr.J. Erdman, W.D.Balentine, L.G. Arab // *J.Nutrition*. – March, 2007, N 7. – P. 32–36. – Accessed mode:
5. Galeijnse J.M. *Tea flavonoids may protect against atherosclerosis* / J.M. Galeijnse // *The Rotterdam Study: Arch Intern Med* –1999. – 159 p. – Accessed mode:
6. Sasso H.D. *Coffee and tea intake and the risk of myocardial infarction* / H.D. Sasso. – *Am J Epidemiol*. – 1999. – 162 p. – Accessed mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17311968>
7. Havsteen B.H. *The biochemistry and medical significance of flavonoids* / B.H. Havsteen // *Pharmac Ther.* – 2002, No 96. – P.2–3. – Accessed mode: www.hnherbs.com/quercetin.html
8. Caltagirone S. *Flavonoids apigenin and quercetin inhibit melanoma growth and metastatic potential* / S.Caltagirone // *Intl J Cancer*, 2000, No 87. – 595 p. – Accessed mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9921961>
9. Запрометов М.Н. Биохимия катехинов / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1974. – 132 с.
10. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / [ред. И.М. Скурихин, В.А. Тутельян]. – М.: Брандер-Медицина, 1998, – 341с.

References

1. Andersen O.M., Markham K.R. (2005) *Flavonoids Chemistry Biochemistry and Applications*. (CRC Press, 1212 p). Retrived from <https://www.crcpress.com>
2. *Biochemistry of Plant Raw Materials* / [Shcherbakov V.G., Lobanov V.G., Prudnikova T.N. and others]; ed. by V.G. Shcherbakov. - Moscow: Kolos, 1999. – 376 p. (in Russ.)
3. Okakura K. (2002) *The Book of Tea*. / K. Okakura - Minsk: Harvest., - 96 p. (in Russ.)
4. Erdman Jr.J.W., Balentine D., Arab L. G. (March 2007) *Flavonoids and Heart Health* // *J. Nutrition*, N 7. P. 32–36. Retrived from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17311968>
5. Galeijnse JM et al. (1999) *Tea flavonoids may protect against atherosclerosis* The Rotterdam Study. *Arch Intern Med*; 159:217 Retrived from www.hnherbs.com/quercetin.html
6. Sasso H.D. (1999) *Coffee and tea intake and the risk of myocardial infarction*. *Am J Epidemiol* 149:162 Retrived from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9921961>

7. Havsteen B.H. (2002) *The biochemistry and medical significance of flavonoids* // *Pharmac Ther*; 96:2–3. P. 67–202. Retrived from
8. Caltagirone S. (2000) *Flavonoids apigenin and quercetin inhibit melanoma growth and metastatic potential*. *Intl J Cancer*; 87:595 Retrived from [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0215\(20000815\)87:4<595::AID-IJC21>3.0.CO](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0215(20000815)87:4<595::AID-IJC21>3.0.CO)
9. Zaprometov M.N. (1974) *Biochemistry of Ccatechins* / M.N. Zaprometov. - М.: Nauka, - 132 p. (in Russ.)
10. *Manual for Methods of Analyzing Food Quality and Safety* (1998)/ [ed. by I.M. Skurihin, V.A. Tutelian]. - М.: Brander-Medicine,. – 341 p. (in Russ.)

Summary. Nazarenko N. V. The Content of Rutin in Tea Production and its Impact on the Human Body.

Purpose. *The article focuses on the research results concerning the content of vitamin P in the different types of tea in the commercial network of Cherkasy region.*

Introduction. *Vitamin P is not synthesized in the human body, and enters it with the food mostly of vegetable origin. It plays a vital role in the body and is involved in providing a range of metabolic transformations of vital compounds; it has capillaries strengthening, antioxidant and anti-sclerotic effect. Vitamin P in combination with vitamin C has a positive effect on the processes of tissue respiration, inhibits lipid peroxidation in the body, and improves the functional state of adrenal cortex hormones. The catechins of tea adsorb harmful substances (heavy metals, radionuclides) and remove them from the body. The biologically valuable substances of tea have a positive effect upon lipid and cholesterol metabolism.*

A huge range of tea products is presented at the Ukrainian market; they do not often meet the quality standards of the product. There is practically neither state funding of the laboratory test of product quality or the information for the population. The publications concerning the quality indicators of different tea types entering the Ukrainian market are not found.

The black and green tea of the highest quality of the most widespread brands at the Ukrainian market “Askold”, “Dilmah”, “Greenfield”, “Lipton”, “Batik” and “Brook Bond” were selected to determine the content of vitamin P in the tea of different trademarks.

Methods. *The experimental determination of rutin amount in tea was carried out by Leventhal’s titration method based on the ability of potassium tetraoxomanganate to oxidize catechins. The obtained results are significantly lower than the standards data of the literary sources that shows the inappropriate ecological conditions of cultivation, long shelf life, product falsification, etc.*

Results. *The highest content of vitamin P was found in the tea extract of “Green field” trademark among the studied green tea and “Brook Bond” trademark among the black tea. The lowest content of rutin, which does not meet the standards of the highest quality production, was found in the black and green tea of “Ahmad” and “Lipton” trademark.*

Originaliti. *Green tea has higher content of vitamin P than black tea of the corresponding trademark that may be explained by the features of the production. However, according to the literary sources, green tea has twice more rutin than black one that contradicts the results of our research.*

Conclusion. *The provision of the human body with biologically active substances and vitamins, considering the unfavourable ecological, social and economic life conditions of the Ukrainian population, is important nowadays. Therefore, it is necessary to strengthen the quality of the production which enters the food market of Ukraine.*

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 02.02.2016
Прийнято до публікації 15.05.2017

АГРОЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ ПРОСА

Наведено аналітичний огляд вітчизняних і зарубіжних літературних джерел, щодо теоретичного обґрунтування і визначення оптимальних агроекологічних умов вирощування проса, що забезпечують максимальну врожайність високоякісного насінневого матеріалу. Встановлено, що утворення й розвиток насіння на рослині проса відбувається неодноразово, відповідно й забезпеченість його поживними речовинами також неодноразова. Рівень цієї забезпеченості пов'язаний з інтенсивністю фотосинтезу та надходженням елементів мінерального живлення, що, в свою чергу, визначається умовами зовнішнього природного середовища. Встановлення взаємозв'язку цих умов з відповідними показниками якості насіння має не лише науковий інтерес, так як його морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості впливають на посівні якості насінневого матеріалу.

Ключові слова: просо, насіння, посівні якості, врожайні властивості, агроекологічні умови вирощування.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших завдань аграрного сектору України є збільшення виробництва зерна. Причому, необхідно збільшити не тільки рівень урожайності, але й поліпшити його якість. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок удосконалення на державному рівні системи насінництва, постійного сортооновлення та сортозаміни, а також удосконалення існуючих і запровадження нових сортових технологій.

За останні роки виробництво зерна в Україні значно збільшилося і за даними Національної академії аграрних наук України на період до 2017 року держава може вийти на рівень валового збору 71–80 млн т зерна, що забезпечить не лише внутрішню продовольчу безпеку, але й дозволить збільшити експорт зерна до 45–50 млн т [1]. Крім цього, зважаючи на порівняно високий рівень вітчизняної селекції з цілого ряду культур, на період до 2020 року Україна зможе продавати на світовому ринку не менше 2 млн т насіння сортів та гібридів вітчизняної селекції. За підрахунками експертів сільськогосподарська продукція може принести державі до 40 млрд доларів [2]. Для забезпечення таких валових зборів зернових необхідно досягти європейського рівня їхньої врожайності, яка нині вдвічі нижча порівняно з країнами європейського союзу і в тричі, ніж у США. Одним із актуальних резервів одержання високопродуктивних посівів польових культур залишається виробництво високоякісного насінневого матеріалу. Так, для забезпечення посіву прогнозованих площ необхідно щороку мати не менше 1,8–1,9 млн т насіння озимих та 1,2 млн т ярих зернових культур.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати і визначити оптимальні агроекологічні умови вирощування проса, що забезпечують максимальну врожайність високоякісного насіння.

Матеріал та методи. Під час виконання досліджень застосовували загальнонаукові методи, зокрема, такі: гіпотеза, спостереження, аналіз, синтез, індукція і дедукція, абстрагування й узагальнення. Матеріалом були власні спостереження та літературні джерела з вибраного напрямку досліджень.

Результати та обговорення

Технологія вирощування насінницьких і товарних посівів має низку відмінностей. Багато вчених з питань вивчення особливостей формування посівних якостей та врожайних властивостей насіння зазначає, що високий рівень врожаю ще не є гарантією отримання

високих посівних якостей [3]. Крім цього, у літературі зустрічаються дані, що за умов формування максимального врожаю якість насіння знижується. Так, за даними В. В. Лихочвора [4], найбільший вихід насіння і його біологічна повноцінність досягається при рівні врожайності 4,0–4,5 т/га. Подальше підвищення продуктивності, а також її зниження за межі 3 т/га не дозволяє отримати високоякісний посівний матеріал.

У технології вирощування рослин у насінницьких посівах значна роль відводиться знанню біології культури, критичних періодів її розвитку, особливостей реакції на абіотичні, біотичні та антропогенні чинники під час формування й розвитку насіння, причин його різноякісності.

Взаємозв'язок рослинного організму з зовнішнім середовищем починається з часу його формування. Стосовно онтогенезу, насінина – це зародкова стадія розвитку рослини. Формуючись на материнському організмі, насіння відчуває на собі вплив усіх умов існування цієї рослини. Чинники, що сприяють успішному росту й розвитку рослин зазвичай сприяють формуванню високоякісного насіння, і, навпаки, ті з них, що пригнічують рослини, погіршують і якість насіння.

Ріст і розвиток рослин проходить за різного поєднання умов зовнішнього середовища. Крім цього, насіння, яке розвивається на материнських рослинах, знаходиться в тісному взаємозв'язку з листками, які постачають продукти фотосинтезу, і з кореневою системою, що забезпечує його водою й елементами живлення. Рівень такої забезпеченості рослин залежить від дії на них умов зовнішнього середовища, одні з яких покращують, а інші, навпаки, погіршують оптимальне надходження до досягаючого насіння метаболітів. Проте, навіть за однакових умов забезпечення насіння поживними речовинами, на нього впливає ще низка чинників: неоднакова тривалість світлового дня, якість та інтенсивність освітлення, різна температура тощо. Особливо це відноситься до культур з тривалим періодом цвітіння, в результаті чого, насіння, яке формується на рослині може потрапити в різні мінливі умови зовнішнього природного середовища. Наслідком такого впливу екологічних чинників є сформоване насіння, яке навіть у межах одного суцвіття може мати різні морфо-фізіологічні показники [5].

Так, встановлено [6], що тривалість цвітіння, налив і досягання насіння у сортів проса посівного на території України варіює від 12 до 50 діб. При цьому у різних частинах волоті формується насіння, яке різниться як за лінійними розмірами й ваговитістю, так і за показниками посівної якості. Необхідно також відмітити, що просо має значні відмінності від інших рослин родини злакових і за низкою біологічних властивостей. Перш за все – це велика біологічна пластичність культури, висока кущистість (просо здатне формувати до 10 і більше стебел), а також дуже високий коефіцієнт розмноження (кількість зерен у волоті може варіювати від 100 до 3000 і більше). В результаті цього просо здатне давати рекордні врожаї – до 20,1 т/га.

Істотні відмінності в різних сортів проса й у скоростиглості. Так, його вегетаційний період змінюється більше ніж у 2,5 рази – від 50 до 130 діб [7].

Одним із чинників, що впливають на якість насіння, є температурний і водний режими у період його формування. Так, тривала дія ґрунтової й повітряної посухи спричиняє щуплість зерен, вони мають малу ваговитість і в подальшому формують слабкі сходи. Крім цього, енергія проростання у щуплого насіння підвищена, тому воно погано зберігається.

Детальним вивченням впливу погодних умов на розвиток рослин, а також формування посівних якостей і врожайних властивостей насіння займався М. М. Кулешов. Так, ним було встановлено [8], що у роки з високими температурами і значним дефіцитом вологи, особливо в критичний період розвитку культури, процеси цвітіння і плодоутворення насіння кукурудзи подовжувалися майже до 40 діб, частка запиленних качанів складала 41%, з урожайністю насіння 13,3 ц/га. Проте, у сприятливі

для розвитку насіння роки, коли середньодобова температура й вологість повітря були в межах середніх багаторічних значень, тривалість запилення становила лише шість діб, частка запилених качанів склала 97%, а урожайність – 59,4 ц/га. При цьому автор зазначає, що недружність розвитку рослин впливає на неоднорідність насіння в межах сорту за посівними якостями та врожайними властивостями.

На біологічну неоднорідність насіння, зумовлену неодноразовістю цвітіння й появи репродуктивних органів, вказують й інші вчені. Так, за результатами досліджень Є. Г. Кизиловой [9], залежність якості насіння кукурудзи від ходу температур у період запилення–запліднення проявилася в різній енергії проростання насіння і силі їхнього початкового росту. У перші два дні запилення середня температура повітря була лише 12–14°C, а відносна його вологість 60–70%. Це призвело до формування насіння зі зниженими посівними якостями, енергія проростання знижувалася на 3–4% порівняно з цим показником у насіння, що сформувалися за температури повітря на рівні 20–22 °C. Рослини, сформовані з насіння зі зниженою енергією проростання, відставали в рості й розвитку.

За результатами спостережень учених [10] порівняно з іншими польовими культурами просо також відрізняється значною нерівномірністю досягання насіння і сильною здатністю до його осипання. Так, насіння з верхньої частини волоті досягає першим і має найбільшу ваговитість. Проте, на час досягання насіння у нижній її частині, воно вже осипається. В цей же період, стебла і листки залишаються ще зеленими. Такі особливості є досить цінними, оскільки у випадку посухи або передчасного скошування формування насіння може продовжуватися за рахунок поживних речовин стебла і листків.

Подібна залежність встановлена й для інших культур. Так, Ю. Б. Коновалов [11] відзначав для пшениці певний взаємозв'язок між рівнем урожайності, сумою опадів і середньодобовою температурою повітря в різні періоди вегетації.

Аналогічні дані отримані М. П. Красноок зі співробітниками [12] й для рису. У досліджах В. М. Романчева [13] за раннього строку сівби формування плодів гречки відбувається за менш сприятливих умов (низька позитивна температура, надмірна кількість опадів, дефіцит сонячної інсоляції), що призводить до істотного недобору врожаю насіння – 2 ц/га за середньої врожайності 12–14 ц/га. Змінюються й інші властивості насіння. Так, явище твердонасінності у багаторічних бобових трав також найчастіше є наслідком посушливих погодних умов на час його досягання, а в круп'яних культур під впливом погодних умов змінюється плівчастість і хімічний склад насіння.

Просо належить до теплолюбивих культур, у яких зовсім відсутні ознаки зимостійкості – за температури +1°C воно пошкоджується, а при мінус 2–3°C – гине. Високі температури, на відміну від інших злаків, просо переносить досить легко. Так, навіть за +40°C його продихові клітини впродовж 48 годин зберігають еластичність, а фотосинтез не припиняється навіть при +45°C і вище. Як рослина короткого світлового дня просо найшвидше досягає за умов інтенсивного освітлення при 10–12-годинному світловому дні. Проте, збільшення тривалості світлової доби під час вегетативного періоду сповільнює його перехід до генеративного розвитку, при цьому формуються більша листостеблова маса, а в подальшому збільшується і врожайність [14].

У науковій літературі зустрічається також інформація про вплив умов освітлення на формування репродуктивних органів рослин проса та якості майбутнього врожаю. Так, учені [15] зазначають, що особливо чутливі рослини проса до інтенсивності освітлення. Недостатня інтенсивність світла в період цвітіння–плодоутворення викликає повне безпліддя колосків, а за оптимальних умов відбувається прискорений перехід рослин до плодоношення, формується ваговите високоякісне насіння. Крім того, автори наголошують, що різні сорти проса виявляють неоднакові вимоги до інтенсивності освітлення.

Вплив світла на рослини різнобічний, причому воно діє не тільки як джерело енергії, але й як своєрідний регулятор або подразник. Характерним прикладом такої дії є світлочутливість насіння рослин. Реакція насіння на світло у різних видів рослин має свої відмінні особливості. Так, насіння одних культур за його дії підвищує свої посівні якості, а в інших проявляється інгібування проростання. Є також рослини, насіння яких нейтральне в цьому відношенні [16].

Має свої особливості у рослин проса і накопичення органічної речовини у процесі фотосинтезу. Так за результатами досліджень [17], фотосинтез у проса проходить за типом C_4 . Він дуже економний відносно вологи, C_4 -рослини виробляють майже в двічі більше вуглеводів на одиницю поглинутої води порівняно з C_3 -рослинами, і за підвищеної температури ця різниця ще збільшується. Як типовий представник культур з фотосинтезом типу C_4 , просо ефективніше використовує азот і накопичує велику кількість сухої речовини на одиницю засвоєного азоту, тому навіть за несприятливих умов у критичні періоди росту і розвитку здатне формувати високий рівень повноцінного врожаю. Із вищенаведеного про культури з фотосинтезом C_4 -типу можна зробити висновок про високу їхню продуктивність, яка перевищує продуктивність рослин культур з C_3 -типом майже у два рази, а також про високу стійкість таких рослин до несприятливих умов навколишнього природного середовища.

Про вплив погодних умов в окремі фази росту й розвитку проса на формування його врожайних і якісних властивостей також вказує низка вчених. Так, за посухостійкістю просо займає одне з перших місць серед польових культур. За умов затяжної посухи насіння проса здатне до 30–40 діб і більше знаходитися в стані анабіозу, не втрачаючи життєздатності. При випаданні дощів насіння проса проростає й швидко формує вторинну кореневу систему, яка характеризується значною ефективністю використовувати навіть незначну кількість дощу. Значення коефіцієнта транспірації на рівні від 162 до 447 свідчить про те, що на формування одиниці сухої речовини просо потребує значно менше вологи порівняно з іншими злаками, й навіть за умов достатнього зволоження надалі воно продовжує економно витратити вологу [10].

Встановлено [18], що просо здатне відновлювати тургор навіть після 45-годинної посухи, при цьому втрати врожаю не перевищують 30%, а маси 1000 насінин – 20–25%.

За результатами спостережень М. А. Мурзамадієвої [19] найлегше посуху просо переносить на початку (період сходи–вихід у трубку), а також у кінці вегетації (фаза достигання). Проте нестача вологи в період викидання волоті і достигання значно зменшує кількість плодоносних колосків у волоті, погіршуються також вагові характеристики насіння – його маси 1000 зерен і натури. Крім цього, за даними О. І. Рудник-Іващенко [20], у період формування та наливу зерна більший вміст білка у зернівках проса накопичується за погодних умов з підвищеною температурою та пониженою вологістю повітря. Крім цього встановлено, що надлишкова вологість ґрунту й повітря в період формування насіння також здійснюють негативний вплив на його якісні показники. За таких несприятливих умов сильно розвиваються грибові хвороби рослин, різко підвищується інтенсивність дихання. Наслідком таких явищ є посилення гідролізу органічних речовин у зерні й відтік продуктів гідролізу в листки, стебла й частково до кореневої системи.

Відомо також, що різні за походженням сорти по-різному реагують на вплив погодних чинників року формування врожаю. За даними Е. Нестеренко [21], залежно від погодних умов у різних сортів пшениці ярої якість насіння змінюється неоднаково. Так, маса 1000 зерен у сорту Скеля варіювала від 31,5 до 42,5 г, а у сорту Діамант – від 24,1 до 39,4 г.

Зональні умови вирощування різних сортів проса посівного також впливають як на рівень врожайності, так і на якість зерна. Є. Г. Кизилова [9] зазначає, що географічні умови істотно впливають на якість насіння та перебивають сортові відмінності на 9–16%.

Дослідженнями, виконаними в умовах Київської області, встановлено значний вплив ґрунтово-кліматичних умов на врожайні властивості насіння проса [22]. Так, урожай сорту Сонячне в 1982 році при сівбі насінням, вирощеним у дослідному господарстві «Копилово» (Макарівський район, Київська область) склав 42,6 ц/га (контроль). При сівбі насінням того ж сорту, але репродукованого в 1981 році, на сортодільницях лісостепової і степової зони цей показник збільшився на 4,2–8,4 ц/га.

Проте, за результатами комплексного екологічного сортовипробування сортів проса посівного за сумою рангів генотипового і екологічного ефектів та за максимальним потенціалом продуктивності, виконаних О. І. Рудник-Іващенко [20], встановлено, що саме ґрунтово-кліматичні умови є основним чинником для формування зерна, ніж зона вирощування проса. При цьому, серед екологічних ніш найсприятливішими для вирощування нових сортів проса посівного автором були відмічені такі області, як Черкаська, Чернігівська та Івано-Франківська, у яких, порівняно з середньою врожайністю сортовипробування, природи складала від 0,37 до 2,03 т/га.

Висновок

Утворення й розвиток насіння на рослині проса відбувається неодноразово, відповідно й забезпеченість його поживними речовинами також неодноразова. Рівень цієї забезпеченості пов'язаний з інтенсивністю фотосинтезу та надходженням елементів мінерального живлення, що, в свою чергу, визначається умовами зовнішнього природного середовища. Встановлення взаємозв'язку цих умов з відповідними показниками якості насіння має не лише науковий інтерес, так як його морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості впливають на посівні якості насіннєвого матеріалу.

Література

1. Бистрова О. І. Аналіз конкурентного середовища зернового ринку / О. І. Бистрова // Вісник аграрної науки. – 2007. – № 1. – С. 61–64.
2. Волощук О. П. Формування насіннєвої продуктивності та посівних якостей насіння сільськогосподарських культур в умовах західного Лісостепу України: автореф. дис. ... доктора с.-г. наук: 06.01.14 / Волощук О. П. ; ІЦБ УААН. – К., 2009. – 40 с.
3. Агробіологічні та екологічні основи виробництва гречки: монографія / Білоножка В. Я., Березовський А. П., Полторецький С. П., Полторецька Н. М. ; за ред. В. Я. Білоножка. – Миколаїв: Видавництво Ірини Гудим, 2010. – 332 с.
4. Лихочвор В. Пшеничний дозор / В. Лихочвор // Зерно, 2007. – № 4(13). – С. 58–60.
5. Агробіоценологія: навчальний посібник / В. Я. Білоножка, С. П. Полторецький, В. П. Карпенко [та ін.] ; за ред. В. Я. Білоножка. – Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс», 2013. – 340 с.
6. Драган М. І. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток проса в Лісостепу / М. І. Драган, О. Г. Любич, І. М. Крупельницька // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 9. – С. 23–27.
7. Григоращенко Л. В. Создание, формирование, ведение и использование коллекции проса на Украине / Л. В. Григоращенко // Тез. докл. междунар. науч. – практич. конференции «Генетические ресурсы культурных растений». – С.-Петербург, 2010. – С. 108–109.
8. Кулешов Н. Н. Процесс семенообразования и полноценность семенного материала / Н. Н. Кулешов // Биологические основы повышения качества семян сельскохозяйственных растений. – М.: Наука, 1964. – С. 43–47.
9. Кизилова Е. Г. Разнокачественность семян и ее агрономическое значение / Е. Г. Кизилова. – К., «Урожай», 1974. – С. 71–76.
10. Агробіологічні та екологічні основи насіннезнавства проса. Частина І. Добір попередників і оптимізація системи удобрення: монографія [Текст] / С. П. Полторецький, В. Я. Білоножка, Н. М. Полторецька, А. П. Березовський; за ред. С. П. Полторецького. — Умань: Видавничо-поліграфічний центр "Візаві", 2016. – 256 с.
11. Коновалов Ю. Б. О причинах различной крупности зёрен в колосе ячменя и пшеницы / Ю. Б. Коновалов // Докл. АН СССР. – 1963. – Т. 149. – № 3. – С. 141–143.
12. Красноок Н. П. Изменение биохимических показателей в зерновке риса при потере жизнеспособности / Н. П. Красноок, Р. И. Поварова, И. А. Вишнякова, Е. А. Шутова // Изв. Вузов СССР. – Пищевая технология, 1975. – № 2. – С. 28–30.

13. Романчев В. М. Разнокачественность семян и значение её для селекции и семеноводства гречихи: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Романчев В. М. ; ВНИИ растениеводства и селекции им. В. Я. Юрьева. – Харьков, 1972. – 27 с.
14. Burzynski W. The effect of temperature and light intensity on the photosynthesis of Panicum species of the C₃, C₃-C₄ and C₄ type / W. Burzynski, Z. Lechowski // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 1983. – V. 5. – № 3. – P. 93–104.
15. Lichtenthaler H. K. Measurement of chlorophyll fluorescence (Kautsky effect) and the chlorophyll fluorescence decreased ratio (RFD-values) with the PAM-fluorometr / H.K. Lichtenthaler, C.B. Buschmann, M.H. Knapp. – *Analytical methods in plant stress biology*; Eds. Fielek, Biesaga-Koocielniak J., Marcińska I. – Kraków, 2004. – P. 93–111.
16. Litwin M. S. The biological effect of laser radiation / M.S. Litwin, D.N. Glew // *J. American Med. Assoc.* – 1964. – № 11. – Vol. 187. – P. 842–847.
17. Zelitch J. The close relationship between net photosynthesis and crop yield / J. Zelitch // *Dioscience*. – 1982. – V. 32. – № 10. – P. 796–802.
18. Ludlow M. M. Recovery after water stress of leaf gas exchange in Panicum maximum var. trichoglume / M. M. Ludlow, C. W. Ford // *Austral. J. Plant Physiol.* – 1980. – 7. – № 3. – P. 299–313.
19. Мурзамадиева М. А. Засухоустойчивость проса в условиях Казахстана / М. А. Мурзамадиева // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*, 1975. – № 5. – С. 17–21.
20. Рудник-Іващенко О. І. Просо. Особливості біології, фізіології, генетики / О. І. Рудник-Іващенко. – К. : Колобiг, 2009. – 158 с.
21. Нестеренко Е. Влияние погодных условий на изменение веса 1000 зёрен яровой пшеницы в лесостепи Красноярского края / Е. Нестеренко // *Тр. Красноярск. с.-х. ин-та*. – 1962. – Т. 8. – С. 18–23.
22. Єфіменко Д. Я. Гречка і просо в інтенсивних сівозмінах / Д. Я. Єфіменко, І. В. Яшовський. – К. : Урожай, 1992. – 168 с.

References

1. Bystrova, O. I. (2007). The analysis of the competitive environment of the grain market. *Journal of Agricultural Science*, № 1, 61–64 (in Ukr.).
2. Voloshuk, O. P. (2009). Formation seed productivity and quality seeds sown crop sin the western steppes of Ukraine. *Kiev*, 40 (in Ukr.).
3. Bilonozhko, V. Ya., Berezovskyj, A. P., Poltoreczkyj, S. P., Poltoreczka, N. M. (2010). Agrobiological and environmental basis of production of buckwheat. *Mykolayiv*, 332 (in Ukr.).
4. Lyxochvor, V. (2007). Wheat Watch. *Grain*, № 4(13), 58–60 (in Russ.).
5. Bilonozhko, V. Ya., Poltoreczkyj, S. P., Karpenko, V. P., et al. (2013). *Ahrobiotsenolohiya*. Vinnitsa, 2013, 340 (in Ukr.).
6. Dragan, M. I., Lyubchych, O. G., Krupelnyczka, I. M. (2003). Impact of agrometeorological conditions on the growth and development of millet in the Forest. *Journal of Agricultural Science*, 9, 23–27 (in Ukr.).
7. Grygorashhenko, L. V. (2010). The creation, formation, main tenance and use of millet collection in Ukraine. *S.-Petersburg*, 108–109 (in Russ.).
8. Kuleshov, N. N. (1964). The process of price formation and the use full ness of the seed. *Moscow*, 43–47 (in Russ.).
9. Kyzlyova, E. G. (1974). Different-quality seeds and its agronomic value. *Kiev*, 71–76. (in Russ.).
10. Poltoreczkyj, S. P., Bilonozhko, V. Ya., Poltoreczka, N. M., Berezovskyj, A. P. (2016). Agrobiological and environmental foundations seed millet. Selection predecessors and optimization of fertilizer: monograph. *Uman*, 256 (in Ukr.).
11. Konovalov, Yu. B. (1963). The reasons for the different size of grains in the ear of barley and wheat. *Moscow*, 149, № 3, 141–143 (in Russ.).
12. Krasnook, N. P., Povarova, R. Y., Vyshnyakova, Y. A., Shutova, E. A. (1975). The change of biochemical parameters in rice caryopsis with loss of viability. *Food technology*, № 2, 28–30 (in Russ.).
13. Romanchev, V. M. (1972). Different-quality seeds and its importance for breeding and seed production of buckwheat. *Kharkiv*, 27 (in Russ.).
14. Burzynski, W., Lechowski, Z. (1983). The effect of temperature and light intensity on the photosynthesis of Panicum species of the C₃, C₃-C₄ and C₄ type. *Acta Physiologiae Plantarum*, 5, 3, 93–104 [in Eng.].
15. Lichtenthaler, H. K., Buschmann, C. B., Knapp, M. H. (2004). Measurement of chlorophyll fluorescence (Kautsky effect) and the chlorophyll fluorescence decreased ratio (RFD-values) with the PAM-fluorometr. *Analytical methods in plant stress biology*; Eds. Fielek, Biesaga-Koocielniak J., Marcińska I. Kraków, 93–111 [in Eng.].
16. Litwin, M. S., Glew, D. N. (1964). The biological effect of laser radiation. *J. American Med. Assoc.*, 11, 187, 842–847 [in Eng.].
17. Zelitch, J. (1982). The close relationship between net photosynthesis and crop yield. *Dioscience*, 32, 10, 796–802 [in Eng.].

18. Ludlow, M. M., Ford, C. W. (1980). Recovery after water stress of leaf gas exchange in *Panicum maximum* var. *trichoglume*. *Austral. J. Plant Physiol.*, 7, 3, 299–313 [in Eng.].
19. Murzamadyeva, M. A. (1975). Drought trees is trance of millet in the conditions of Kazakhstan. *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*, 5, C. 17–21 (in Russ.).
20. Rudnyk-Ivashhenko, O. I. (2009). Millet. Features of biology, physiology, genetics. Kiev, 158 (in Ukr.).
21. Nesterenko, E. (1962). Influence of weather conditions on the weight change of 1000 grains of spring wheat in the forest-steppe of the Krasnoyarsk territory. *Krasnoyarsk*, 8, 18–23 (in Russ.).
22. Yefimenko, D. Ya., Yashovskyj, I. V. (1992). Buckwheat and millet in intensive crop rotations. Kiev, 168 (in Ukr.).

Summary. Poltoretskyi S. P., Bilonozhko V. Y., Poltoretska N. M. Agroecological conditions of formation of yield and seed quality millet.

Introduction. One of the most important tasks of Ukraine's agricultural sector is to increase grain production. Moreover, the need to increase not only the level of productivity but also to improve its quality. The solution to this problem is possible by improving the state-level system of seed production, permanent and update grade, grade replacement and improvement of existing and the introduction of new high-quality technology.

Purpose. The aim – to theoretically justify and determine the optimum agroecological conditions of growing millet, ensuring maximum yield of high-quality seeds.

Methods. During the execution of the studies used General scientific methods, in particular, the following: hypothesis, observation, analysis, synthesis, induction and deduction, abstraction and generalization. The material was own observations and the literature in the chosen area of research.

Results. The technology of growing seed crops and product has a number of differences. Many scientists study the features on the formation of sowing qualities and fruitful properties of seeds indicates that high yield is no guarantee of obtaining high sowing qualities. In addition, the literature data on the conditions of formation maximum yield seed quality decreases. Thus, the largest seed yield and its biological full value is achieved at the level of yields of 4.0-4.5 t/ha. A further increase productivity and reduce it beyond 3 t/ha does not allow receiving high-quality seeds. In the technology of growing plants in seed crops significant role of culture knowledge of biology, critical periods of development, the characteristics of response to abiotic, biotic and anthropogenic factors in the formation and development of seeds, it causes different quality. Relationship plant organism with the environment starts from the time of its formation. Regarding ontogenesis seed – this embryonic stage of plant development. Formed in the mother's body, the seed is affected by all the conditions of existence of this plant. Factors that contribute to the successful growth and development of plants generally contribute to the formation of high-quality seeds, and, conversely, those that inhibit the plants degrade the quality of the seed. The growth and development of plants is by combining different environmental conditions. In addition, the seed that develops in the mother plant is in close relationship with leaves that supply the products of photosynthesis and root system, which provides it with water and nutrients. The level of provision of such plants depends on the action of environmental conditions, some of which improve and others impair optimal revenues ripening seeds metabolites.

Conclusion. Even under the same conditions for seed nutrients, it still affects a number of factors: the length of daylight varies the quality and intensity of the light, different temperatures and so on. This applies particularly to crops with a long flowering period; resulting in a seed that is formed on the plant can get to various changing conditions of the external environment. The result of the impact environmental factors have shaped seeds that even within a single inflorescence can have different morphological and physiological indicators.

Keywords: millet, seed, crop quality, productive properties, agroecological growing conditions.

¹Уманський національний університет садівництва

²Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією

18.01.2016

Прийнято до публікації 15.05.2017

EFFECT OF DIFFERENT MODES OF OPHTHALMIC PHOTO-STIMULATION ON FUNCTIONAL STATE OF CARDIOVASCULAR SYSTEM

Introduction. *The implementation of visual sensory effects can significantly change the functional state of the cardiovascular system of a man mainly under the compensatory changes of his wave manifestations that may become a relevant way for preventive medicine in terms of cardiovascular disease growth.*

The purpose of the research was to determine reactivity of the heart rate's wave structure indexes in different ophthalmic photo-stimulation modes.

Methods. *The indicators of spectral analysis of heart rate (HR) and struck blood volume (SBV) oscillations were measured on 48 men at different modes of ophthalmic photo-stimulation.*

Results. *Ophthalmic photo-stimulation by light of different wavelengths, light intensity and signal frequency leads to the significant changes of wave structure of heart rate indicators and their synchronization. The indicator changes of cardiovascular system performance at vagotonic individuals are prognostically positive compared to eu- and sympathotonic ones.*

Originality. *The reactivity features of wave structure indicators of heart rate under different ophthalmic photo-stimulation modes were investigated for the first time.*

Conclusions. *Ophthalmic photo-stimulation by the light of different wavelengths, light intensity and signal frequency leads to the simultaneous activation of both parts of the autonomic nervous system. The initial level of vegetative balance affects the regulation features of the heart activity under impulse ophthalmic photo-stimulation.*

Keywords: *ophthalmic photo-stimulation, heart rate variability, spectral analysis.*

Formulation of the problem. Recent researches and publications' analysis. According to generally accepted concepts of physiological dynamics of the functional body state and regulatory processes tension degree one should evaluate by the indexes of the cardiovascular, central and autonomic nervous systems as sensitive adaptation indicators [1, 2]. Heart rate has long been a reliable indicator of variations in the system regulation of vital functions, and therefore the study of heart rate variability has important prognostic and diagnostic value for autonomic nervous system condition and the complete functional body state assessment [3, 4].

The growing number of cardiovascular pathologies, especially during youth, requires finding new methods for correcting the functional state of the human body and selecting options for influencing by different types of sensory stimulation, which action is basing on the mobilization of different adaptive and compensatory reserves available in the cardiovascular system and other body systems. Therefore, the optimization of CVS functioning by non-pharmacological light modulation of rhythmological body functions may be the actual way of improvement [5].

The physiological and therapeutic efficacy of ophthalmic photo-stimulation was verified by numerous researches. The influence of different wavelengths of light and its intensity on central nervous system, psycho-physiological body functions and electrical activity of the cerebral cortex has already been revealed, same as some aspects of impulsive light implementation in the diagnosis and treatment of visual analyzer's pathologies [6, 7, 8, 9]. The light impact on the neuro-humoral regulation of the cardiovascular system being studied recently [10, 11, 12]. However, today in the scientific literature some questions regarding the light of different wavelengths, intensity and signal frequency impact, including specially directed patterns to influence regulatory mechanisms of heart activity, remain unclarified.

The goal of the research was to determine reactivity of the heart rate's wave structure indexes in different ophthalmic photo-stimulation modes.

Materials and methods

The measurements were conducted on 98 people aged 17 to 27 years in compliance with main bioethical provisions of the European Convention on Human Rights and Biomedicine (of 04.04.1997), World Medical Association Declaration of Helsinki on ethical principles of scientific medical researches involving humans (1994-2008) and Ukrainian MOH order number 690 of 23.09.2009.

Ophthalmic stimulation was performed binocularly for 10 minutes with light of different wavelengths and intensity, with 5 minute intervals between sessions, using Lightmaker (c/c Ukraine №16134).

Impulsive ophthalmic stimulation was performed for 10 minutes binocularly with light green color of 400 lux intensity at a signal frequency of 8, 12 and 16 Hz (48 people). Impulse modulation were the stimulation by noise at a 8 to 16 Hz frequency and impacts of wavy light changes of 8 to 16 Hz 6 times per minute (t/m).

Signals were digitized via ADC ADC-1280 (Holit Data Systems, Kyiv, Ukraine), recorded on the hard drive; then critical points of the analyzed signals were determined using the Bioscan.

Spectral and cross-spectral analysis was carried out using method of periodograms with Daniel's smoothing window and periodogram time parameters correction based on the average value of the heart rate in the Caspico program (c/c Ukraine №11262).

In this case, the following components of spectrum were distinguished [3, 4, 13]: 0,15-0,4 Hz (HF) - power in the range of high frequencies, 0,04-0,15 Hz (LF) - power in the range of low frequencies, 0-0,04 Hz (VLF) - power in the range of very low frequencies, 0-0,4 Hz (TP) - total power of the spectrum.

The normalized spectrum power index in the range 0,15-0,4 Hz (HFnorm) and a maximum cross-spectral fluctuations' power of SBV and t-R-R in the range of 0,04-0,15 Hz were also evaluated.

To detect the wave structure of time series t-R-R, median periodgram construction by the earlier offered method was used [14]. Cross-spectral fluctuations' power of t-R-R and SBV were measured by the method of cross-periodgrams [15].

The Student's criterion of paired comparisons (for normal distribution) and Wilcoxon (for abnormal distribution) determined the differences' probability.

Results and their Discussion

Under the light influence with wavelength of 500 nm and intensity of 400 lux, the spectrum power in the range of VLF- and LF-bands has significantly increased, while changes in case of stimulation by red light were not significant. For both conditions of photo-stimulation, a significant decrease of the spectral power in the high frequency band was been revealed in a time range of fifth-to-tenth minute's illumination of 100 lux. However, in case of the further increase of the illumination level, no significant changes in a range of respiratory waves were observed.

TP reactivity (Fig. 1) increased authentically and unilaterally in both cases of stimulation at the illumination level of 400 lux, which indicates parasympathetic effects' strengthening.

The spectrum's total power increasing was mainly a result of a possible increase of this index in the range of low frequencies (between 0.04 and 0.15 Hz), that may have been caused by two reasons in both cases of photo-stimulation: firstly, by sympathetic activity influences increasing, and, secondly, at this level of illumination spontaneous baro-reflex sensitivity increase may occur [16].

HFnorm probable decrease under the influence of red and green light with intensity of 400 lux indicates the strengthening of the sympathetic influences on HR regulation. Such changes of heart rate variability (HRV) described in the works of other researchers [17].

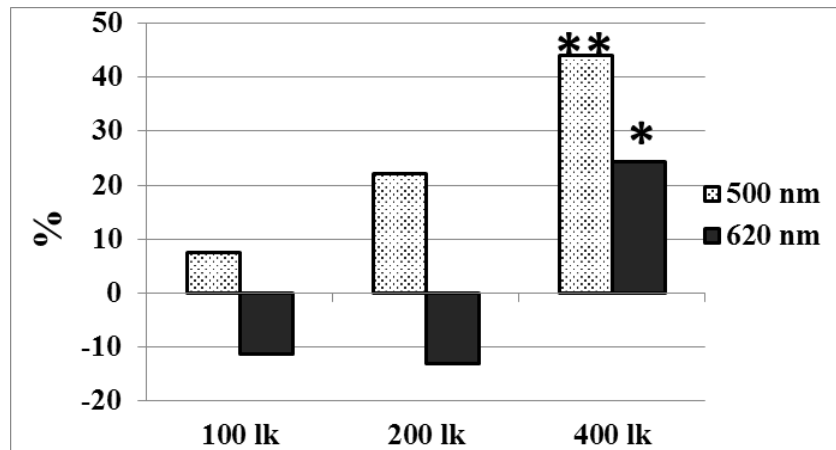


Fig. 1. Reactivity of total power variations in t-R-R interval under the influence of the monochrome light of different illumination level; * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

The analysis of HRV during impulsive photo-stimulation showed a significant increase of spectral power in the range of low and very low frequency in cases of signal frequency of 12 and 16 Hz, indicating activation of the central contour regulation CR (sympathetic vascular center of the medulla oblongata and energy metabolic centers) [4]. According to Haspekova N.B., activation of the suprasegmental cerebral systems disrupts the activity of the sympathetic baro-reflex mechanisms and significantly affects the overall heart rate variability that allows to assess autonomic tone as the tensed vegetative balance involving ergotropic systems [2].

No significant differences in the HF-band in conditions of the impulsive photo-stimulation were found. However, HFnorm significantly decreased at all frequencies of impulsive stimulation. At the same time, a more detailed analysis of HRV changes using median spectrograms in conditions of the impulsive photo-stimulation compared to the state of rest showed probable differences in the HF-range at a frequency of 0.26 (8 Hz) and 0.27 (16 Hz) ($p < 0.05$), which may indicate the growing influence of the vagus nerve in these conditions of rhythmic stimulation.

The analysis of HRV indexes reactivity (Fig. 2) showed that with the strengthening of impulsation frequency (8 Hz, 12 Hz, 16 Hz) the number of unidirectional reactions of VLF, LF, TR significantly increased. At the same time, reactivity of such indicators as LF and TP at a frequency of 12 Hz and 16 Hz differed significantly both in the frequency range of 8 Hz and with one another (12 Hz and 16 Hz).

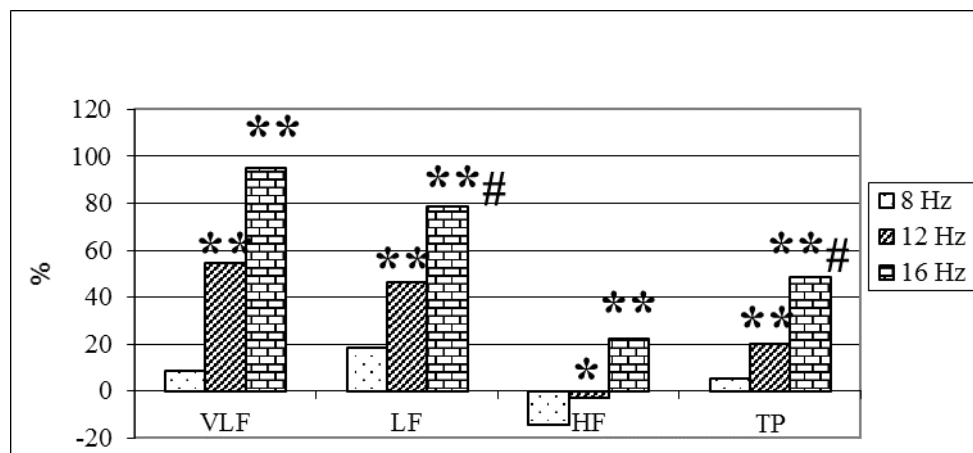


Fig. 2. Reactivity of the heart rate variability indicators in conditions of the impulsive photo-stimulation; * - $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ compared to 8 Hz # - $p < 0,05$ compared to 12 Hz

Considering that the functional possibilities level of the cardiovascular system determines the general features of the entire body in adapting processes, it can be assumed that people with different types of circulatory system will have differences in the range of adaptive responses to various experimental effects [18]. Participants of the examination were divided by baseline of HFnorm, which reflects parasympathetic activity of the medulla oblongata cardio-inhibitory center. Significant inter-group differences of the heart rate wave structure indicators were detected at the signal frequency of 12 and 16 Hz (Fig. 3).

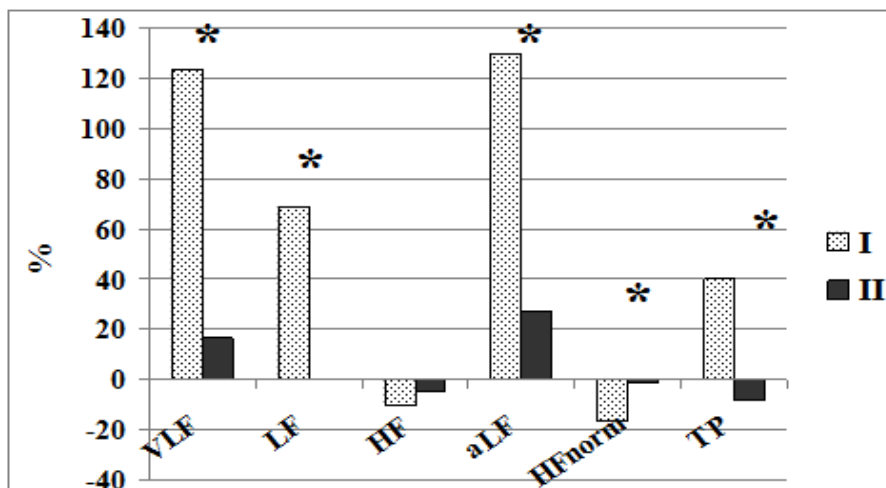


Fig. 3. Medians of the heart rate wave structure reactivity indexes in patients with different baseline of autonomic tone during ophthalmic photo-stimulation with a frequency of 12 Hz, I - vagotonics, II - and in eu- sympathotonic ones * - $p < 0.05$ among groups

In vagotonics during photo-stimulation significantly greater enhance of spontaneous baro-reflex sensitivity was observed than in eu- and sympathotonic ones. In accordance with the principle of physiological relevance, baro-reflex functioning lies in the ability for rapid response of the HR for blood pressure increase and its normalization. [19, 16]. The more changes of the HR will be delayed (or lower will be the amplitude) during shifts in blood pressure, the baro-reflex will be fulfilled less effectively. Therefore, increasing of spontaneous baro-reflex sensitivity in vagotonics during ophthalmic photo-stimulation serves to maintain a stable level of basic hemodynamic indexes, even with greater decreases in blood pressure in a signal frequency of 16 Hz, than in in eu- and sympathotonic ones. Received data regarding heart rate variability reactivity comply with the W. Wielder rule about the output values.

In order to reduce some negative effects of ophthalmic impulsive stimulation (sympathicotony, suprasedgmental mechanisms of regulation activation) on the CVS functioning, we analyzed the changes of the HR wave structure at different impulsive patterns of photo-stimulation. In our opinion, expressed effects of specially organized rhythmic impacts can be caused by factors such as low bio-resonant interaction mechanisms of sensory stimuli with endogenous rhythmic processes of the body, which allows to extend the range of the functional body state modification possibilities by creating a new rhythmic patterns of sensory impacts.

A significant increase in the power spectrum of LF- and VLF-range in conditions of the II mode (6 times) compared to the state of Rest and I mode (noise) was discovered. A statistically significant increase in the power range of LF-range, which is also confirmed by a likely decrease of HFnorm in the mode of wave impacts 6 t/m can be explained by the synchronization of the wavy changes in ophthalmic stimulation at a frequency of 0.1 Hz with the Mayer waves that reflect the progress of baro-reflex [19, 16].

Table 1

Indexes of the heart rate's wave structure in conditions of different ophthalmic photo-stimulation patterns

Indexes	Rest	Noise (8-16 Hz)	6 t/m (8-16 Hz)
VLF, ms ²	1735 [637; 2400]	1514 [1067; 2568]	2730* [#] [1689; 3835]
LF, ms ²	1145 [614; 1909]	1204 [739; 1611]	1647* ^{###} [1261; 2689]
HF, ms ²	1802 [900; 3439]	1623 [859; 2150]	2018 [1035; 4336]
HFnorm, %	58,70 [46,00; 69,58]	59,31 [40,19; 70,50]	51,88* [43,7; 61,73]
TP, ms ²	5196 [2469; 7608]	4318 [3131; 7184]	5938* ^{###} [3960; 10917]

Note. ** - $p < 0.01$, *** - $p < 0.001$ compared to a background level, # - $p < 0,05$, ## - $p < 0,01$, ### - $p < 0,001$ between I and II modes of ophthalmic photo-stimulation

A more detailed analysis of the heart rate's wave structure in the range of 0,04-0,15 Hz using median spectrograms for different conditions revealed probable difference between the state of Rest and noise mode's impacts at frequencies of 0.08 Hz, 0.11 Hz and Rest, and also light wave changes 6 times per minute at a frequency of 0.11 Hz, besides the higher level of baro-reflex waves' amplitude at a frequency of 0.1 Hz was observed in the mode of light wave variations (Fig. 4), which confirmed the results of the cross-spectral analysis [15].

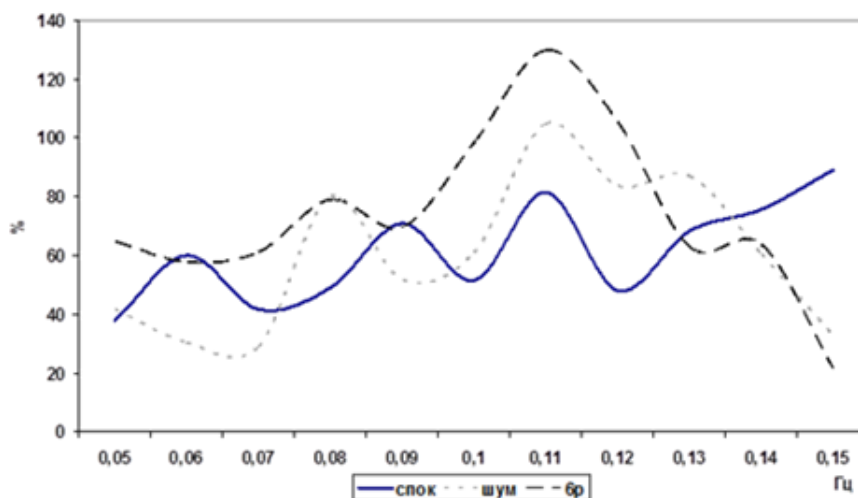


Fig. 4. Normalized t-R-R fluctuations of median spectrogram at various patterns during the ophthalmic photo-stimulation.

Conclusions

1. Ophthalmic stimulation with the monochrome light of 500 nm wavelength and illumination intensity of 400 lux results in significant improvements of the hemodynamic indexes' wave structure and their synchronization.
2. During ophthalmic photo-stimulation at a frequency of 12 Hz and 16 Hz a the heart rate waves' power increase of very low and low frequencies occurred, which indicates the activation of the heart rate sympathetic modulation, strengthening of central and humoral-metabolic effects activity and regulatory mechanisms of the cardiovascular system tension.

3. It was revealed that the original level of vegetative balance influences the features of the heart activity regulation in conditions of impulsive ophthalmic photo-stimulation. The cardiovascular system's activity indicators' fluctuations are predictably positive in vagotonics compared to eu- and sympathtonic ones.
4. The increase in heart rate waves' amplitude in the range of 0,04-0,15 Hz during the ophthalmic stimulation by wave impacts of 6 t/m is caused by the increased baro-reflex spontaneous sensitivity due to resonance mechanism.

Література

1. Валькова Н. Ю. Количественная оценка вегетативной регуляции: методология, системное исследование влияния внешних и внутренних факторов: дис. ... докт. биол. наук: 03.00.13 / Валькова Надежда Юрьевна. – Архангельск: НЮ, 2007.
2. Хаспекова Н. Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца / Н. Б. Хаспекова // Вестник аритмологии. – 2003. – Т. 32. – С. 15.
3. Бабунц И. В. Азбука анализа вариабельности сердечного ритма / И. В. Бабунц, Э. М. Мириджанян, Ю. А. Машаех // Ставрополь: Принт-мастер, 2002. – 112 с.
4. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2003. – 290 с.
5. Быков А. Т. Восстановительная медицина и экология человека: руководство / А. Т. Быков, Т. Н. Маляренко // М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2009. – 688 с.
6. Гойденко В. С. Стимуляция светом. Краткий обзор литературы, патентов и авторских свидетельств на изобретения / В. С. Гойденко, Е. Е. Мейзеров., Г. А. Адашинская // М.: Медицина, 1998. – С. 7-22.
7. Готовский Ю. В. Цветовая светотерапия / Ю. В. Готовский, Л. Б. Косарева, Ю. Ф. Перов // – М.: Имедис, 2009. – 464 с.
8. Долина И. В. Интенсивная светотерапия / И. В. Долина // Военная медицина. – 2010. – № 2. – С. 118-122.
9. Луговая А. М. Светоимпульсная терапия / А. М. Луговая, В. В. Малахов, В. В. Чернышев // Результаты и перспективы. – 2005. – Т. 7. – С. 27-31.
10. Королёва М. А. Вариабельность сердечного ритма при воздействии интенсивного света в зависимости от индивидуальных особенностей организма человека / М. А. Королёва, И. М. Воронин, С. В. Шутова // Вестник Тамбовского университета. – 2008. – Т. 13. – С. 184-187.
11. Choi S. J. Reactivity of heart rate variability after exposure to colored lights in healthy adults with symptoms of anxiety and depression / S. J. Choi, K. S. Kim, C. M. Kim // International Journal of Psychophysiology. – 2011. – Т. 79, № 2. – P. 83-88.
12. Sakakibara S., Honma H., Kohsaka M. Autonomic nervous function after evening bright light therapy: spectral analysis of heart rate variability / S. Sakakibara, H. Honma, M. Kohsaka // Psychiatry Clin Neurosci. – 2001. – V. 54, № 3. – P. 363 - 364.
13. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. - 1996. - V. 93. - P. 1043-1065.
14. Коваленко С. О. Аналіз варіабельності серцевого ритму за допомогою методу медіанної спектрограми / С. О. Коваленко // Фізіологічний журнал. – 2005 – Т. 51, № 3. – С. 92-95.
15. Коваленко С. О. Крос-спектральний аналіз коливань ударного об'єму крові та тривалості інтервалу R-R у чоловіків в спокої та при різних навантаженнях // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т. 54, № 1. – С. 79-84.
16. Cevese A. Baroreflex and oscillation of heart period at 0.1 Hz studied by α -blockade and cross-spectral analysis in healthy humans / A. Cevese, G. Gulli, E. Polati // The Journal of physiology. – 2001. – Т. 531, № 1. – С. 235-244.
17. Петров К. Б. Дифференцированное применение офтальмостимуляции для профилактики дезадаптивных расстройств у спортсменов / К. Б. Петров, С. Н. Коренева // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. – 2010. – Т. 3. – С. 39-43.
18. Billman G. E. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympattho-vagal balance / G. E. Billman // Frontiers in physiology. – 2013. – Т. 4. – С. 26.
19. Merritt M.M., Sollers J.J., Evans M.K., Zonderman A.B., Thaver J.F. Relationships among spectral measures of baroreflex sensitivity and indices of cardiac vagal control // Biomed Sci Instrum. – 2003. – V. 39. – P. 193-198.

References

1. Valkova, N. Yu. (2007). Kolychestvennaia otsenka vehetatyvnoi rehuliyatsyy: metodolohyia, systemnoe yssledovanye vlyianyia vneshnykh y vnutrennykh faktorov. Sc d dis. Arkhanshelsk, 343 (in Rus.).

2. Khaspekova, N. B. (2003). Dyagnostycheskaia ynformatyvnost monitoryrovaniya varyabelnosti rytma serdtsa. *Vestnyk arytmolohyy (Gazette arrhythmology)*, 32, 15 (in Rus.).
3. Babunts, Y. V. Myrydzhanian, E. M., Mashaekh, Yu. A. (2002). *Azbuka analiza varyabelnosti serdechnoho rytma*. Stavropol: Prynt-master 112 (in Rus.).
4. Mykhailov, V. M. (2003). *Varyabelnost rytma serdtsa: opyt praktycheskoho prymeneniya metoda*. Yvanovo: Yvanovskaia hosudarstvennaia medytsynskaia akademyia 290 (in Rus.).
5. Byikov, A. T. Maliarenko, T. N. (2009). *Vosstanovitelnaia medytsyna y ekolohyia cheloveka: rukovodstvo*. Moskva: HEOTAR - Medya 688 (in Rus.).
6. Hoidenko, V. S. Meizerov, E. E., Adashynskaia, H. A. (1998). *Stymuliatsyia svetom. Kratkyi obzor literatury, patentov y avtorskykh svydetelstv na yzobreniya*. Moskva: Medytsyna 7-22 (in Rus.).
7. Hotovskiy, Yu. V., Kosareva, L. B., Perov, Yu. F. (2009). *Tsvetovaia svetoterapyia*. Moskva: Ymedys 464 (in Rus.).
8. Dolyna, Y. V. (2010). Yntensyvnaia svetoterapyia. *Voennaia medytsyna (Military medicine)*, 2, 118-122 (in Rus.).
9. Luhovaia, A. M., Malakhov, V. V., Chernyishev V. V. (2005). Tsvetoimpulsnaia terapiya. *Rezultaty i perspektivy (Results and Prospects)*, 7, 27-31 (in Rus.).
10. Korolyova, M. A., Voronyn, Y. M., Shutova, S. V. (2008). Varyabelnost serdechnoho rytma pry vozdeistvyi yntensyvnoho sveta v zavysymosti ot yndyvudualnykh osobennosti orhanyzma cheloveka. *Vestnyk Tambovskoho unyversyteta (Vestnik Tambov University)*, 13, 184-187 (in Rus.).
11. Choi, C. J., Kim, K. S., Kim C M. (2011). Reactivity of heart rate variability after exposure to colored lights in healthy adults with symptoms of anxiety and depression. *International Journal of Psychophysiology*, 79, 2, 83-88.
12. Sakakibara, S., Honma, H., Kohsaka, M. (2001). Autonomic nervous function after evening bright light therapy: spectral analysis of heart rate variability. *Psychiatry Clin Neurosci*, 54, 3, 363 - 364.
13. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. (1996). *Circulation*, 93,1043-1065.
14. Kovalenko, S. O. (2005). Analiz variabelnosti sertsevoho rytmu za dopomohoiu metodu mediannoi spektrohramy. *Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*, 51, 3, 92-95 (In Ukr.).
15. Kovalenko, S. O. (2008). Kros-spektralnyi analiz kolyvan udarnoho obiemu krovi ta tryvalosti intervalu R-R u cholovikiv v spokoii ta pry riznykh navantazhenniakh. *Fiziolohichnyi zhurnal (Physiological journal)*, 54, 1, 79-84. (In Ukr.).
16. Cevese, A., Gulli, G., Polati, E. (2001). Baroreflex and oscillation of heart period at 0.1 Hz studied by α -blockade and cross-spectral analysis in healthy humans. *The Journal of physiology*. 531, 1, 235-244.
17. Petrov, K. B., Koreneva, S. N. (2010). Dyfferentsyrovannoe prymeneniye oftalmostymuliatsyy dlia profylaktyky dezadaptivnykh rasstroistv u sportsmenov. *Voprosy kurortolohyy, fizyoterapyi y LFK. (Questions balneology, physiotherapy and exercise therapy)*, 3, 39-43 (in Rus.).
18. Billman, G. E. (2013). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in physiology*, 4, C.26.
19. Merritt, M.M., Sollers, J.J., Evans, M.K., Zonderman, A.B., Thaver, J.F. (2003). Relationships among spectral measures of baroreflex sensitivity and indices of cardiac vagal control. *Biomed Sci Instrum*, 39, 193-198.

Анотація. Рибалко А.В. Зміни хвильової структури серцевого ритму при різних режимах офтальмофотостимуляції. Проведені вимірювання показників спектрального аналізу коливань ЧСС та УОК на 48 чоловіках при різних режимах офтальмофотостимуляції. Офтальмофотостимуляція світлом різної довжини хвилі, інтенсивності освітлення та частоти подачі сигналу призводить до значущих зрушень хвильової структури показників серцевого ритму та їх синхронізації. Зміни показників діяльності серцево-судинної системи у ваготоніків є прогностично позитивними у порівнянні з еу- та симпатотоніками.

Ключові слова: офтальмофотостимуляція, варіабельність серцевого ритму, спектральний аналіз.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 15.12.2016
Прийнято до публікації 15.05.2017

SYNTHESIZING OF DISCRIMINANT MODELS TO ASSESS THE HEALTH OF CHILDREN DEPENDING ON MORPHOFUNCTIONAL PARAMETERS OF BODY

Introduction. *The analysis of the children's health state shows that the age distribution of the most rapid growth in health violations observed in the average school age. Thus, in this period the depth preventive medical examination is only for children 11 and 14 years, other pupils are deprived of such opportunity which makes it impossible to establish diagnoses in time and their corresponding correction of health.*

Purpose. *The aim of the present study was to find a method of determining the presence of chronic somatic diseases of children by functional indicators of the organism.*

Methods. *Comparison of the functional indicators in children with the presence and absence of chronic somatic diseases with the presence and absence of chronic somatic diseases were compared using Student's t-test. The values were considered to be statistically reliable at $p < 0,05$. For nominal variables, the correlation was determined by correlation tables using the known Pearson's chi-squared test (χ^2). For the prediction of the chronic physical illnesses presence for pupils, we used discriminant analysis.*

Results. *Proved that there is a close relationship between health and functional abilities of the children: physical condition index ($\chi^2 = 12,21$; $p < 0,001$), adaptive potential ($\chi^2 = 19,69$; $p < 0,001$), double product index ($\chi^2 = 15,27$; $p < 0,001$), changes to the standard exercises of heart rate and minute volume of blood circulation (respectively, $\chi^2 = 44,39$, $p < 0,001$; $\chi^2 = 30,26$, $p < 0,001$). After were found valid integrated features of pupil's functional state, most informative indicative of the health of children. Are based on these functional parameters the classification functions have quite high specificity (84,93 – 90,99%) and sensitivity (75,76 – 80,56 %). Adequacy of mathematical models significant ($F = 11,06 – 22,54$) at the level $p < 0,001$.*

Originality. *The method of identifying children at "risk" appearance of chronic somatic diseases only functional parameters of the body.*

Conclusion. *In the absence of annual preventive medical examinations in terms of secondary schools, the use of the proposed classification functions help to find the detection of disease.*

Propositions. *The application submitted classification functions will help of planning health measures, which are suspend not to increase the incidence of the younger generation.*

Key words: *schoolchildren, middle school age, health status, functional status, mathematical model, illness.*

Formulation of the problem. According to the Order of Ministry of Health in Ukraine, number 682 "On improvement of health care for pupils of secondary schools" from 16.08.2010., of the secondary school age students the depth preventive medical examination is only for children 11 and 14 years. Other pupils are deprived of such opportunity which makes it impossible to establish diagnoses intime and their corresponding correction of health. Therefore, given the serious situation from deteriorating health of modern school-age children, particular attention needs thorough studying of health-care younger generation.

Analysis of the latest publications. In recent decades, in Ukraine marked deterioration of pupils' health: the growing number of chronic diseases and morpho-functional disorders, a combination of several diseases, age-dependent pathology formation of a younger age [1 – 3]. From junior to high school increases the proportion of pupils with different morphofunctional deviations and a formed chronic disease. The age distribution of pupils shows that the most rapid growth in health violations observed in the average school age [4 – 5].

According to the "Annual report on the state of health, sanitary and epidemiological situation and the results of activity of the health care system in Ukraine 2015" deterioration of

living conditions and reduce stability in society cause an increase stress conditions in adolescents to a greater extent than in other age groups, which leads to an increase incidence in them. Also, it is in adolescence, often appears the realization of a genetic predisposition to pathological abnormalities [6]. Therefore, it is in this age period requires careful preventive supervision of health. Because, the earlier will be carried out the necessary diagnostic testing of physical condition of adolescent, the more effective will be the process of recovery.

At the same time important to note the significance of early diagnosis and early prevention of deviations in the health. It is known that early detection of the disease helps avoid complications, promotes faster recovery and prevents the transition of the disease in chronic form [7 – 9]. Therefore, according to the current Order of Ministry of Health of Ukraine № 682, in the average school age depth preventive medical examination conducted only in 11 and 14 years, it is important to lead in rapid diagnosis of health for students of other ages.

The aim of the study was to find identical depth medical examination approach to assessing of the children's health by functional parameters of basic physiological systems.

To achieve this goal it was necessary to solve the following problems:

1) to explore the features of the functional state of the secondary school age students with the presence and absence of chronic somatic diseases;

2) based on the data, to find an adequate approach to assessing of the children's health by functional indicators to identify the "risk" persons of chronic physical illness' occurrence.

Materials and methods

We used medical, biological and mathematical methods.

In the study involved 382 middle school age pupils, including 274 pupils who had a history of chronic physical disease and were referred to the preparatory and were attributed to the third health group and 108 pupils without disabilities in health.

For a detailed studying of the children's health the functional parameters of the cardiorespiratory system and integrated indicators are used that combine the results of morphological and physiological research.

To assess the functional state of the cardiovascular system was used Martin test with dosed physical activity as 20 sit-ups in 30 seconds, measured parameters of heart rate and blood pressure before and after the exercise.

The percentage increase of heart rate and pulse pressure (due to dosed physical load) was determined by comparing the data before loading and after (formula 1, 2):

$$HRpl. = \frac{(HR_2 - HR_1)}{HR_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$PPpl. = \frac{(PP_2 - PP_1)}{PP_1} \times 100\% \quad (2)$$

where: *HRpl.* – increasing of heart rate after dosed physical load (%); *PPpl.* – increasing in pulse pressure after dosed physical load (%); *HR₁* – heart rate before the load (beats / Min.); *HR₂* – heart rate after the load (beats / Min.); *PP₁* – pulse pressure before the load (mm Hg. In.); *PP₂* – pulse pressure after the load (mm Hg. In.).

During the evaluation of the functional state of the respiratory system were used absolute figures and their value as a percentage relative to appropriate individual settings (in fact, at one and the same calendar age, children have different indicators of total body size). The value of life index (*LI*) – the deviation of actual vital lung capacity (vital lung capacity, measured by dry portable spirometer) of appropriate one was determined by the following formula 3:

$$LI = \frac{VLC}{PVLC} \times 100\% \quad (3)$$

where: *LI* - living index (%) *VLC* – vital lung capacity (l); *PVLC* – proper lung capacity (l). The proper vital lung capacity (*PVLC*) was calculated individually for each child:

- for boys who have a body length 1,0-1,65 m (formula 4)

$$PVLC = 4,53 \times BL - 3,9; \quad (4)$$

- for boys who have a body length of more than 1,65m (formula 5)

$$PVLC = 10 \times BL - 12,85; \quad (5)$$

- for girls (formula 6)

$$PVLC = 3,75 \times BL - 3,15 \quad (6)$$

where: *PVLC* proper vital lung capacity (l); *BL* – body length (m).

Adaptation potential (*AP*) was determined by the formula of Baevskyi, Bersenyeva (formula 7):

$$AP = 0,011 \times HR + 0,014 \times SBP + 0,008 \times DBP + 0,014 \times A + 0,009 \times BW - (0,009 \times BL + 0,27) \quad (7)$$

where: *AP* – adaptive potential (in. Fr.); *HR* – heart rate (beats / Min.); *SBP* – systolic blood pressure (mm Hg. In.); *DBP* – dyastolichnyy blood pressure (mm Hg. In.); *A* – age (years), *BW* – body weight (kg); *BL* – body length (cm).

Physical condition index (*PhCI*) was calculated by the Pirogova's formula 8:

$$PhCI = \frac{700 - 3 \times HR - 2,5 \times ADP - 2,7 \times A + 0,28 \times BW}{350 - 2,6 \times A + 0,21 \times BL} \quad (8)$$

where: *PhCI* – physical condition index (in. Fr.); *HR* – heart rate (beats / Min.); *BW* – body weight (kg); *A* – age (years); *BL* – body length (cm); *ADP* – the average dynamic pressure determined by the Hikema's formula (9):

$$ADP = \frac{PP}{3} + DBP \quad (9)$$

where: *ADP* – average dynamic pressure (mm Hg. In.); *PP* – pulse pressure (mm Hg. In.); *DBP* – diastolic pressure (mm Hg. In.).

Vegetative Index (*VI*) is determined by the formula 10:

$$VI = \frac{DBP}{HR} \quad (10)$$

where: *VI* – vegetative index (in. Fr.); *DBP* – diastolic blood pressure (mm Hg. In.); *HR* – heart rate (beats / Min.).

Using discriminant analysis, the classification functions were developed for the prediction of the chronic physical illnesses presence for pupils of secondary school age. The result measured: the adequacy of the obtained mathematical models (the criterion *F* and significance level of *p*); the significance of the effect of individual factors on binary result (the large *p*); specificity and sensitivity obtained predictive models.

For intermediate calculations used package Excel MS Office. The main part of mathematical processing performed on a personal computer using a standard statistical package STATISTICA 5.0.

Results and discussion

The researches were based on certain relationships between the presence / absence of chronic diseases on the one hand and functional parameters of the child on the other. In particular, a close relationship between health and physical condition index was identified (*PhCI* $\chi^2 = 12,21$; $p < 0,001$), adaptive potential (*AP* $\chi^2 = 19,69$; $p < 0,001$), efficiency of the cardiovascular system (double product index or Robinson – *DPI* $\chi^2 = 15,27$; $p < 0,001$) and its reactivity (changes to the standard exercises of heart rate – *HR* and minute volume of blood circulation – *MVBC* (respectively, $\chi^2 = 44,39$, $p < 0,001$; $\chi^2 = 30,26$, $p < 0,001$).

In further studies were found most informative integrated features of pupil's functional state from the presence and absence of chronic physical illnesses which arose as: adaptive potential (*AP*), which reflects the adaptation and adaptive reactions of the whole organism; physical condition index (*PhCI*), which describes the physical condition of the child; vegetative index (*VI*), which is used for evaluation of autonomic nervous system; living index (*LI*), which evaluated the functionality of the respiratory system; percent of heart rate increasing (*HR*) and pulse pressure (*PP*) after physical load (in the form of 20 sit-ups in 30 s), which reflects the adequacy of the response of the cardiovascular system to the dosed load, helping to identify the hidden disorders of the circulatory functioning system that due compensation mechanisms are not detected.

Thereafter, using discriminant analysis, the classification functions were developed for the prediction of the chronic physical illnesses presence for pupils of secondary school age, that in the absence of annual preventive medical examinations, promote early diagnosis of diseases. The obtained classification functions were as follows:

– for pupils of 11-12 years (specificity – 90,99 %, sensitivity – 75,76 %; $F = 22,54$; $p < 0,001$)

$$y_1 = -921,08 + 0,12x_1 - 423,32x_2 + 0,48x_3 + 736,36x_4 + 1612,12x_5 - 0,94x_6,$$

$$y_2 = -901,79 + 0,0002x_1 - 411,52x_2 + 0,48x_3 + 722,53x_4 + 1584,39x_5 - 0,75x_6;$$

– for pupils of 13-14 years (specificity – 84,93 %, sensitivity – 80,56 %; $F = 11,06$; $p < 0,001$)

$$y_1 = -739,13 + 0,52x_1 - 281,44x_2 + 0,79x_3 + 572,69x_4 + 1220,46x_5 - 0,90x_6,$$

$$y_2 = -724,09 + 0,41x_1 - 275,26x_2 + 0,83x_3 + 562,88x_4 + 1196,97x_5 - 0,74x_6,$$

where: y_1 – the assessment of the likely presence of chronic diseases; y_2 – the assessment of the likely absence of chronic diseases; x_1 – *HRpl.* (%); x_2 – *VI* (in. Fr.); x_3 – *PPpl.* (%); x_4 – *AP* (in. Fr.); x_5 – *PhCI* (in. Fr.) x_6 – *LI* (%).

These features allow classification to calculate the probability of chronic illnesses to receive individual and the values of y_1 and y_2 , namely:

$$p^{+cd} = \frac{y_1}{y_1 + y_2} \times 100\%$$

$$p^{-cd} = \frac{y_2}{y_1 + y_2} \times 100\%$$

where: p^{+cd} – to receive the reliability of chronic disease (%); p^{-cd} – the likely absence of chronic disease (%).

The specificity and sensitivity obtained classification functions were quite high (respectively, 84,93 – 90,99 % and 75,76 – 80,56 %) adequacy of mathematical models

significant ($F = 11,06 - 22,54$) at the level ($p < 0,001$), which allows with the high-probability forecast to apply classification functions in practice.

For example, an 11-year girl has the following morphological characteristics: body length – 1,40 m; body weight – 35 kg; heart rate before the physical load – 100 beats / Min.; systolic blood pressure before the physical load – 87 mm Hg. In.; diastolic blood pressure before the physical load – 56 mm Hg. In.; heart rate after the load – 140 beats / Min.; systolic blood pressure after the load – 111 mm Hg. In.; diastolic blood pressure after the load – 65 mm Hg. In.; vital lung capacity – 1,10 l.

As a result of calculations according to formulas presented above, we get the following values: HR_{pl} – 40 %; VI – 0,87 in. Fr.; PP_{pl} – 48,39 %; AP – 1,71 in. Fr.; $PhCI$ – 0,611 in. Fr.; LI – 52,38 %.

Substitute obtained classification parameters in functions:

$$Y_1 = -921,08 + 0,12 \times 40 - 423,32 \times 0,87 + 0,48 \times 48,39 + 736,36 \times 1,71 + 1612,12 \times 0,611 - 0,94 \times 52,38 = 929,59$$

$$Y_2 = -901,79 + 0,0002 \times 40 - 411,52 \times 0,87 + 0,48 \times 48,39 + 722,53 \times 1,71 + 1584,39 \times 0,611 - 0,75 \times 52,38 = 904,40$$

Calculate the probability of the chronic disease presence in the value of y_1 and y_2 :

$$p^{+cd} = 929,59 / (929,59 + 904,40) \times 100 = 50,69 \%$$

$$p^{-cd} = 904,40 / (929,59 + 904,40) \times 100 = 49,31 \%$$

Calculations showed that the result of probable presence of chronic disease (p^{+cd}) is greater than the probable absence of disease (p^{-cd}), so a girl we are examined relates to the risk of chronic physical illness and therefore require additional depth survey of experts in terms of health-care setting.

We understand the conditionality of the evaluation of children's health but this method will tentatively identify deviations that might not yet have an organic basis in the form of severe structural damage, but as the absence of annual preventive medical examinations will help to draw attention to the likely problems and provide perspective correction functional state of resources and adaptation of pupils.

Conclusions

1. Based on the conducted studies it was confirmed that there is a link between health and functional abilities of the secondary school age children.
2. On the basis of morphological and functional characteristics of children with different state of health a method of determining the possible presence of chronic somatic diseases of students of the secondary school age was developed.
3. Using the proposed classification functions built on the relationship functioning of the basic physiological systems of health will help to detect the diseases of children in time and as a result to plan the preventive health measures to suspend the increase of the incidence of young generation.

References (in language original)

1. Калиниченко І. О. Динаміка показників стану здоров'я дітей / І. О. Калиниченко // Україна. Здоров'я нації. – 2009. – № 3. – С. 47 – 54.
2. Няньковський С. Л., Яцула М. С., Чикайло М. І., Пасечнюк І. В. Стан здоров'я школярів в Україні // Здоров'я ребенка. – 5 (40), 2012. – Режим доступу: <http://www/mif-ua.com/archive/article/32962>
3. Дудіна О. О. До стану здоров'я дитячого населення / О. О. Дудіна, Ю. Ю. Габорець, У. В. Волошина // Україна. Здоров'я нації. – 2015. – № 3. – С. 10 – 11.
4. Сисоєнко Н. В. Динаміка захворюваності дітей та підлітків шкільного віку за 1986-2010 роки в умовах промислового міста / Н. В. Сисоєнко, І. Я. Губенко, О. Д. Светлова // Екологія та освіта: актуальні проблеми природокористування в умовах наростаючих ризиків техногенних катастроф : зб. матеріалів VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Черкаси, 19 – 20 квітня 2012 р.). – Черкаси : ПП Гордієнко Є. І., 2012. – С. 108 – 111.
5. Моїсеєнко Р. О. Оптимізація системи надання медичної допомоги дітям і матерям в Україні: реалії та перспективи: монографія / Р. О. Моїсеєнко. – Київ: Логос, 2013. – 232 с.

6. Дудіна О. О. Захворюваність дитячого населення / О. О. Дудіна, У. В. Волошина, Ю. Ю. Габорець // Річний звіт про стан здоров'я, санітарно-епідеміологічної ситуації та результати діяльності системи охорони здоров'я в Україні. 2015 год / Под ред. Шафранський В. В.; МОЗ України ДУ "УІСД МОЗ України". – Київ, 2016. – С. 47 – 61.
7. Дудіна О. О. Досягнення, проблеми та шляхи вирішення питань в охороні здоров'я матерів і дітей / О. О. Дудіна, А. В. Терещенко // Результати діяльності галузі охорони здоров'я: 2012 рік. – Київ, 2013. – С. 37 – 51.
8. Чепелевська Р. А. Роль профілактики хронічних неінфекційних захворювань в покращенні медико-демографічної ситуації / Л. А. Чепелевська, О. П. Рудницький // Стратегічні напрямки реалізації Європейської стратегії «Здоров'я – 2020 в Україні : Тези доп. всеукр. наук. – практ. конф. з міжнар. уч. (Полтава, 28 – 30 трав. 2014р.). – Полтава, 2014. – С. 102 – 103.
9. Корнацький В. М. Методологія профілактики і ранньої діагностики хвороб системи кровообігу в сучасних умовах / В. М. Корнацький, А.П. Дорогой, Д.М. Мороз // Український кардіологічний журнал. – 2015. – №1. – С. 75 – 80.

References

1. Kalynychenko, I. O. (2009). The evolution of children's health. *Ukrayina. zdorov'ya natsiyi (Ukraine. Health of the Nation)*, 3, 47 – 54 (in Ukr.)
2. Nyankovskiy, S. L., Yatsula, M. S., Chykailo, M. I., Pasechnyuk, I. V. (2012). The health of students in Ukraine. *Zdorov'ye rebenka (Child health)*, 5 (40). Accessed mode: <http://www/mifu-ua.com/archive/article/32962> (in Ukr.)
3. Dudina, O. O., Haborets, Y. Y., Voloshina, U. V. (2015). To the health of the child population. *Ukrayina. zdorov'ya natsiyi (Ukraine. Health of the Nation)*, 3, 10 – 11 (in Ukr.)
4. Sysoyenko, N. V., Hubenko, I. Y., Svetlova, O. D. (2012). Dynamics of children's and teenagers diseases for the years 1986-2010 in the industrial city. *Ecology and education: topical environmental issues in terms of the risk increasing of technological disaster. Proceedings of the VII International Scientific Conference*, 108 – 111 (in Ukr.)
5. Moiseenko R. O. (2013). *Optimization of the system of providing medical assistance for children and mothers in Ukraine: realities and prospects*. Kyiv: Logos (in Ukr.)
6. Dudina, O. O., Voloshina, U. V., Haborets, Y. Y. (2016). In Shafransky V. V. (Ed.). The incidence of child population. *Annual report on the state of health, sanitary and epidemiological situation and the results of activity of the health system in Ukraine. 2015. Ministry of Health of Ukraine "SI UISR Ministry of Health of Ukraine*, 47 – 61 (in Ukr.)
7. Dudina, O. O., Tereshchenko, A. V. (2013). Achievements, problems and issues in the health care of mothers and children. *Results in healthcare sphere*. 2012, 37 – 51 (in Ukr.)
8. Chepelevska, R. A., Rudnytsky, O. P. (2014). The role of prevention of chronic noninfectious diseases in improving the medical and demographic situation. *The strategic directions of the European strategy. Health - 2020 in Ukraine. Theses. all-Ukrainian. scient. - pract. conf. of intern. scien.*, 102 – 103 (in Ukr.)
9. Kornatskiy, V. M., Dorogoy, A. P., Moroz, D. M. (2015). The methodology of prevention and early diagnosis of cardiovascular diseases in modern conditions. *Ukrains'kiy kardiologichniy zhurnal (Ukrainian Journal of Cardiology)*, 1, 75 – 80 (in Ukr.)

Анотація. Светлова О. Д. Синтезування дискримінантних моделей для оцінки стану здоров'я дітей в залежності від морфофункціональних параметрів організму

Вступ. Аналіз стану здоров'я школярів показує, що найбільш стрімке зростання порушень здоров'я відмічається саме в середньому шкільному віці. При цьому, в даному віковому періоді поглибленому профілактичному медичному огляду підлягають лише діти 11 та 14 років, інші школярі позбавлені такої можливості, що робить неможливим своєчасне встановлення діагнозів і, відповідно, вчасну корекцію стану здоров'я.

Мета. Віднайти спосіб визначення наявності хронічних соматичних захворювань у дітей за функціональними параметрами їх організму.

Методи. Порівняння функціональних показників у дітей із наявністю та відсутністю хронічних соматичних захворювань проводилися з використанням *t*-критерію Стьюдента. Значення вважалися статистично достовірними при $p < 0,05$. Для номінальних змінних взаємозв'язок визначався за таблицями спряженості за допомогою критерія χ^2 -Пірсона. Для прогнозу наявності хронічних соматичних захворювань в учнів використовувався дискримінантний аналіз.

Результати. Доведено існування тісного взаємозв'язку між станом здоров'я та функціональними можливостями дітей: індексом фізичного стану ($\chi^2=12,21$; $p<0,001$),

адаптаційним потенціалом ($\chi^2=19,69$; $p<0,001$), індексом подвійного добутку ($\chi^2=15,27$; $p<0,001$), зрушеннями на стандартне фізичне навантаження показників частоти серцевих скорочень і хвилинного об'єму кровообігу (відповідно, $\chi^2=44,39$, $p<0,001$; $\chi^2=30,26$, $p<0,001$). Надалі були визначені валідні характеристики функціонального стану, які найбільш інформативно свідчили про стан здоров'я дітей. Побудовані на основі цих функціональних параметрів класифікаційні функції мали досить високі специфічність (84,93 – 90,99 %) та чутливість (75,76 – 80,56 %). Адекватність отриманих моделей значима ($F = 11,06 - 22,54$) на рівні $p < 0,001$.

Новизна. Запропоновано методику виявлення дітей з групи “ризик” появи хронічних соматичних захворювань, лише за функціональними параметрами організму.

Висновок. За умов відсутності щорічних профілактичних медичних оглядів в умовах загальноосвітніх навчальних закладів, використання запропонованих класифікаційних функцій допоможе своєчасному виявленню патології у дітей.

Пропозиції. Застосування представлених класифікаційних функцій сприятиме плануванню оздоровчих заходів, спрямованих на призупинення зростання захворюваності підростаючого покоління.

Ключові слова: школярі, середній шкільний вік, стан здоров'я, функціональний стан, математична модель, хвороби.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 07.12.2016
Прийнято до публікації 15.05.2017

АДАПТАЦІЯ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ДО ГІПОКСІЇ

У статті представлено результати досліджень механізмів адаптації організму людини до гіпоксії. Адаптація до гіпоксії використовує широкі пластичні можливості організму, які ґрунтуються на структурних змінах у клітинах і тканинах і здатні як підвищити доставку кисню, так і знизити критичні рівні парціального тиску кисню. Усі пристосувальні реакції до дії гіпоксії спрямовані на збереження енергетичного гомеостазу, підтримку максимальної можливої доставки кисню, що типово для активної адаптації. У той же час адаптація до гіпоксії може здійснюватися шляхом пасивної адаптації. Одним із проявів такого типу адаптації є розвиток у результаті в гіпоксичних умовах так званого гіпометаболічного стану, при якому зменшується внесок аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму й функціонування всіх систем організму переходить на більш ощадливий режим.

Ключові слова: гіпоксія, адаптація активна, адаптація пасивна, енергетичний гомеостаз, стан гіпометаболічний

Постановка проблеми. Гіпоксія, як і будь-який інший типовий процес, є тісним переплетенням патологічних і компенсаторно-пристосувальних явищ. Якщо при пристосуванні організму до умов гіпоксії викликані цим станом ушкодження не компенсуються, то розвивається киснева недостатність. Підґрунтям всіх порушень при гіпоксії є неможливість нормального функціонування системи тканинного дихання й енергетичного забезпечення клітин.

Стан гіпоксії виникає щоразу, коли напруження кисню в клітинах і тканинах організму стає нижчим за те критичне значення, при якому ще можлива підтримка максимальної швидкості ферментативних окисних реакцій у дихальному ланцюзі мітохондрій. На підтримку цього критичного парціального тиску кисню у тканинах і працюють усі фізіологічні системи організму, що визначають рівень його здоров'я й функціональних можливостей.

Недостатнє постачання клітин киснем на великих висотах призводить до обмежень біологічного окислення, зменшення кількості звільняється енергії, теплопродукції, обмеження всіх видів функціональної і пластичної діяльності клітин [1, 2]. У той же час показано, що «фізіологічна» гіпоксія на помірних висотах може надавати на організм тонізуючий і зміцнюючий дію, стимулює внутрішньоклітинний метаболізм, активує в межах природного фізіологічної регуляції багато функціональні системи організму [3, 4].

Мета статті. Проаналізувати і узагальнити дані літератури з проблеми впливів гіпоксії на організм людини.

Методи

Аналіз спеціальної наукової літератури, у якій розглядалися фізіологічні механізми адаптації організму людини до гіпоксії. Проаналізовані інформативні файли українських, російськомовних і англійськомовних пошукових систем, серед них: «Google», «Yandex» (www.yandex.ru) – 20 сайтів, «Каталог російських ресурсів» (www.aha.ru) – 30 сайтів, «Alta Vista» (www.alvista.com) – 40 сайтів.

Результати та обговорення

На виникнення гіпоксії організм реагує включенням еволюційно сформованого комплексу захисно-пристосувальних реакцій, за допомогою яких здійснюється адаптація до цього впливу. Філогенетична й видова адаптація до гіпоксії забезпечується анатомічними та біохімічними особливостями організму осіб, які живуть або тимчасово перебувають в умовах недостатності кисню. Індивідуальна адаптація до гіпоксії проявляється у двох основних формах – терміновій і довготривалій (рис. 1).

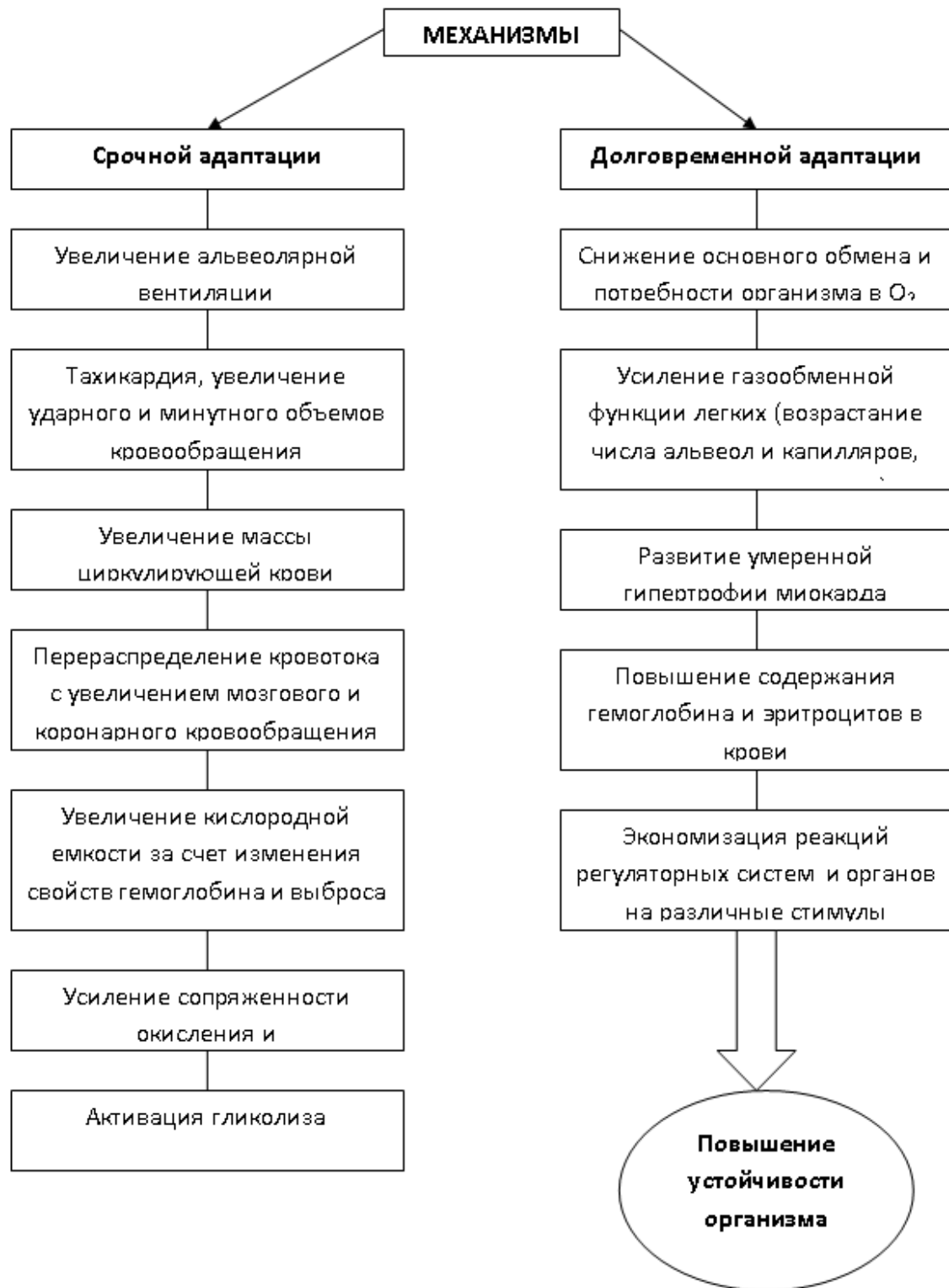


Рис. 1. Компенсаторно-приспосовальні реакції при гіпоксії [Дмитрук А.І., 2007]

Термінова адаптація розвивається при гострій гіпоксії, коли використовуються готові, наявні в організмі функціональні механізми, що підвищують доставку кисню у тканини. Серед усіх відомих механізмів термінової адаптації організму до гіпоксії найбільш важливе значення має активація систем транспорту кисню, включаючи системи дихання, кровообігу та крові [5-7].

Чутливість різних органів і тканин до недостатності кисню неоднакова і залежить від таких чинників: інтенсивність обміну речовин у тканинах, що вимагає відповідного забезпечення їх киснем; потужність тканинних гліколітичних систем, які забезпечують вироблення енергії без участі кисню; запаси енергії у вигляді макроергічних з'єднань; потенційна можливість генетичного апарату забезпечувати пластичне закріплення гіперфункції [6, 8]. Найбільш чутлива до недостатності кисню центральна нервова система (ЦНС). Порушення функції ЦНС при гіпоксії визначають усі подальші реакції організму. Зміни в ЦНС носять фазовий характер [8, 9].

Для цього стану характерний помірний розвиток рефлекторних і зворотних тканинних пристосувальних реакцій. При підйомі на висоту більше 4000 м можуть виникнути ознаки некомпенсованого гіпоксичного стану.

При цьому виділяють два симптомокомплекси. Перший характеризується колаптоїдним станом і включає брадикардію, падіння артеріального тиску, гіпергідроз. З'являються блідість або гіперемія, загальмованість, байдужість. На ЕЕГ – спочатку депресія альфа-ритму, після чого на тлі бета-ритму стають помітними порівняно невеликої амплітуди тета- і дельта хвиль. Другий симптомокомплекс характеризується розвитком висотної непритомності. Він включає такі прояви, як зниження інтелектуальної працездатності, зниження адекватної оцінки, розлад координації рухів. Ці порушення діяльності ЦНС протікають на тлі гіпервентиляції, тахікардії, підвищеного артеріального тиску. Характерно, що ці ознаки некомпенсованого гіпоксичного стану проявляються при рівні рО₂ в артеріальній крові не менше 55 мм рт. ст., тобто менше 85% від потрібної величини. Симптомокомплекси, що розвиваються, одержали назву гірської хвороби.

Функціональні відхилення з боку ЦНС, безсумнівно, позначаються на роботі інших органів і значною мірою визначають характер відповідної реакції організму на перебування в умовах середньогір'я. Оскільки кора головного мозку відрізняється високою чутливістю до кисневої недостатності, організм в умовах середньогір'я прагне зберегти достатнє кисневе постачання, у першу чергу центральної нервової системи [9,10].

Система зовнішнього дихання реагує на гіпоксію збільшенням альвеолярної вентиляції за рахунок поглиблення і частішання дихання, а також мобілізації резервних альвеол [3, 7, 8]. Збільшення легеневої вентиляції відбувається в результаті рефлекторного збудження дихального центру імпульсами з хеморецепторів судинного русла, головним чином, синокаротидної і аортальної зон, які зазвичай чутливі до змін хімічного складу крові й, у першу чергу, реагують на накопичення вуглекислоти й іонів водню [11, 12].

Гіпервентиляція є, безсумнівно, позитивною реакцією організму на недостатність кисню, але має й негативні наслідки, оскільки ускладнюється виведенням вуглекислоти й зниженням вмісту її у крові – гіпокапнією. Враховуючи вплив вуглекислоти на мозковий і коронарний кровообіг, регуляцію тонуусу дихального й вазомоторного центрів, підтримку кислотно-основної рівноваги, дисоціацію оксигемоглобіну, слід зважати на можливі наслідки гіпокапнії [3, 13].

Мобілізація функції системи кровообігу при гіпоксії спрямована на посилення доставки кисню тканинам. Констатуються гіперфункція серця, збільшення інтенсивності кровотоку (насамперед за рахунок частішання серцевих скорочень і збільшення ударного об'єму крові), розкриття нефункціональних капілярних судин.

Загальна реакція серцево-судинної системи і, насамперед, серця формується вдруге – у відповідь на зміни рівня загального кров'яного тиску [7, 8]. Не менш важливим є перерозподіл крові у бік переважного кровопостачання життєво важливих органів і підтримка оптимального кровотоку в легенях, серці, головному мозку за рахунок зменшення кровопостачання шкіри, селезінки, м'язів, кишків. Ці органи в даних обставинах відіграють роль депо крові. Перераховані зміни кровообігу регулюються рефлекторними й гормональними механізмами. Крім того, продукти порушеного

обміну, а саме: гістамін, аденінові нуклеотиди, молочна кислота, – виявляючи судинорозширювальну дію й впливаючи на тонус судин, також є важливими тканинними чинниками пристосувального перерозподілу крові [14].

Підвищення кількості еритроцитів і гемоглобіну збільшує кисневу ємність крові. Викид крові з депо може забезпечити екстрене, але нетривале пристосування до гіпоксії. У той же час недостатність кисню сприяє руйнуванню гемоглобіну й еритроцитів, а продукти розпаду, що утворюються при цьому, відіграють роль факторів, що стимулюють синтез гемоглобіну й утворення еритроцитів. Установлено, що як стимулятори еритропоезу при гіпоксії виступають також еритропоетини нирок. При гіпоксії підвищується здатність молекули гемоглобіну приєднувати кисень у легенях і віддавати його тканинам [6, 15].

Екстрені пристосувальні реакції на рівні систем утилізації кисню при гіпоксії полягають в обмеженні активності систем, органів і тканин, що безпосередньо не беруть участь у забезпеченні організму киснем, посиленні сполученості окиснення й фосфорилування, а також активації гліколізу [16].

Стимуляція симпато-адреналової системи підвищує секрецію й концентрацію в крові адреналіну, у той час як збудження парасимпатичного відділу призводить до посилення секреції інсуліну. Розвиток гіперглікемічної реакції крові свідчить про перевагу симпатичних впливів над парасимпатичними.

Частішання серцевого ритму, типове для перших днів перебування людини в умови гірського клімату, деякі автори розглядають як підтвердження посилення симпатичних впливів на діяльність міокарда. У той же час деякі автори відносять тахікардію до ефектів зменшення впливу парасимпатичних центрів вегетативної нервової системи на функцію міокарда. Реєстрація потенціалів електричної активності волокон блукаючого нерва, що іннервують серце, показала, що при зниженні у вдихуваній газовій суміші вмісту кисню до 16 – 18% електрична активність зростала й стійко зберігалася на підвищеному рівні [17]. Оскільки рO₂у газовій суміші, що містить 16% кисню, відповідає висоті 2200 м н. р. м., можна вважати, що в умовах середньогір'я змінюються співвідношення активності симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи, що впливають на регуляцію дихання, кровообігу, мікроциркуляцію, травлення й ряд інших вегетативних функцій [18, 19].

Розширення зіниць, яке спостерігається у більшості випробуваних після переміщення в умови гірського клімату, розглядається як одна з ознак підвищення тону симпато-адреналової системи й підвищення концентрації адреналіну в крові. На 15-у добу перебування в горах діаметр зіниці, як правило, нормалізується. У деяких випадках початковий період адаптації супроводжується звуженням зіниць, що можна розглядати як ознаку індивідуальних особливостей організму з перевагою тону парасимпатичної нервової системи. Фазність повідомлень вегетативних функцій організму, відзначена Б. Т. Турусбековим, показала, що протягом 15-20-ї доби відбувається активація дихальної та серцево-судинної систем, знижуються пороги хемо- і механорецептивних рефлексогенних зон, зростають амплітуди рефлексорних реакцій артеріального тиску й дихання [20].

Систематичне обстеження великого контингенту осіб в умовах гірського клімату Паміру й Тянь-Шаню, проведене М. М. Міррахімовим, свідчить про те, що в першу добу суттєво переважає тонус симпатичної нервової системи [21]. У той же час деякі автори висловлюють обґрунтовану думку, що в початковий період перебування людей й тварин у горах тонус як симпатичної, так і парасимпатичної нервової системи знижується. Надалі вплив обох відділів вегетативної нервової системи на регуляцію життєвих процесів підсилюється [22, 23]. Така точка зору відповідає поглядам Є. Гелльгорна, який розглядав симпатичний і парасимпатичний компоненти вегетативної регуляції як синеєргісти, що не виключає домінування в певний період симпатичних або

парасимпатичних ефектів. У першому випадку в крові і тканинах може спостерігатися підвищення концентрації катехоламінів, у другому – підвищена концентрація інсуліну.

Експериментальними дослідженнями на тваринах встановлено, що реакція організму на екзогенні введення ацетилхоліну й адреналіну змінюються залежно від ступеня гіпоксії, стадії її розвитку й тривалості дії зниженого парціального тиску кисню. При гострій гіпоксичній гіпоксії дія ацетилхоліну й катехоламінів зменшується. При цьому реакції на катехоламіни знижуються швидше й більшою мірою. При підгострій формі гіпоксії виявлено дві фази змін чутливості до ацетилхоліну – фаза підвищення й фаза зниження чутливості. Установлено, що активність холінестерази у сироватці крові й еритроцитах, у тканинах мозку й печінки при підгострій гіпоксії помітно знижувалася. Автор цих досліджень О. А. Маркова [24] вважає, що зміни чутливості серцево-судинної системи до нейромедіаторів пов'язані зі змінами клітинного метаболізму при зниженні pO_2 у вдихуваному повітрі.

Детальні дослідження ролі вегетативної нервової системи у процесах адаптації організму до умов гірського клімату, проведені С. Б. Даніяровим і А. Г. Зарифьяном [22], показали, що ранні пристосувальні реакції організму (2 – 3 доба) на переміщення в гірські райони стереотипні й характеризуються вираженою активацією симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Тонус блукаючого нерва знижується з 1-ої до 15-ї доби адаптації. Реакції наступного періоду адаптації, що починається після 15-ї доби перебування в гірських умовах, значно більш специфічні. У цьому періоді відбувається підвищення тону симпатичного й поступове підвищення тону парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Вагусна активність продовжує зростати й після 2-х місяців перебування в гірських умовах, у той час як тонус симпатичного відділу стабілізується на новому рівні. При тривалих термінах адаптації з'являються ознаки відносної переваги парасимпатичної нервової системи.

У початкових стадіях перебування в гіпоксичних умовах посилене виділення мозковим шаром надниркової залози адреналіну й норадреналіну дозволяє подолати функціональне напруження, викликає посилення роботи серця, підвищене утворення глюкози із глікогену печінки, сприяє розвитку гіперглікемії, а потім активує гліколіз, за рахунок якого надалі й забезпечуються енергетичні потреби м'язів. Подальше перебування в умовах гіпоксії викликає підвищену секрецію кортикотропних речовин, що призводить до зміни метаболізму й нагромадження продуктів неповного окиснення, багато з яких є токсичними [8].

В умовах недостатності кисню суттєво знижується енергетична забезпеченість м'язів. При цьому виконання фізичної роботи завжди має як наслідок виражені функціональні порушення з боку різних органів і систем.

Зниження обміну речовин при гіпоксії призводить до порушення хімічної терморегуляції, у результаті чого знижується температура тіла. У травній системі спостерігається пригнічення моторики, зниження секреції травних соків шлунка, кишок і підшлункової залози. Первісна поліурія змінюється порушенням фільтраційної здатності нирок [25].

Практичний інтерес викликають дані про розумову працездатність людини в умовах недостатнього постачання мозку киснем. Дослідження, що дозволяють характеризувати уважність, якість виконання завдання, швидкість роботи над коректурними таблицями й точність руху (проба з лабіринтом), показали, що в перші дні перебування на висоті 4000 м знижується швидкість рахунку, погіршується увага й точність рухових реакцій [26]. Разом з тим є й суперечливі дані. За даними А. П. Серохвостова [27], отриманими під час експедиції на Памір, результати виконання завдань на увагу й уявлення просторових відносин на висоті 5250 м поліпшувалися. Аналогічні дані отримані при вивченні ряду властивостей ВНД і

короткочасної зорової пам'яті у людей у процесі адаптації до гірського клімату Приельбрусся. Показано, що на 9-у добу перебування в горах відбувається достовірне підвищення показників, що характеризують стан ВНД [28, 29].

Механізми довгочасної адаптації, що формуються зазвичай при повторюваній або хронічній помірній за інтенсивністю гіпоксії, також є підставою підвищення стійкості організму до дії гіпоксичного чинника [30]. Тривала адаптація до гіпоксії використовує широкі пластичні можливості організму, які ґрунтуються на структурних змінах у клітинах і тканинах і здатні як підвищити доставку кисню, так і знизити критичні рівні парціального тиску кисню [31].

В умовах помірної гіпоксії компенсаторні механізми дозволяють у широких межах підтримувати напруження кисню на рівнях, адекватних кожному з етапів його транспорту [32, 33]. Гіперфункція зовнішнього дихання, що виникла на етапі термінової адаптації, надалі в умовах гіпоксії вимагає структурного й енергетичного підкріплення. При цьому забезпечується не тільки просте виживання, але й можливість активної фізичної й розумової діяльності при тривалій гіпоксії.

Установлено, що в системах, які відповідають за транспорт кисню, розвиваються явища гіпертрофії й гіперплазії: збільшується маса дихальних м'язів, легеневих альвеол, міокарда, нейронів дихального центру; підсилюється кровопостачання цих органів за рахунок збільшення кількості функціональних капілярних судин і їх гіпертрофії (збільшується діаметр судин і довжина судинного русла) [6].

У кістковому мозку при довгочасній адаптації до гіпоксії підсилюється еритропоез [34].

Поліпшуються умови дифузії кисню з альвеолярного повітря в кров завдяки підвищенню проникності легенево-капілярних мембран, збільшується вміст міоглобіну, за рахунок якого не тільки зростає киснева ємність, але й інтенсифікується ферментативна активність окисних процесів.

У системі утилізації кисню збільшується здатність тканинних ферментів утилізувати кисень, більш ефективно використовується енергія окисних процесів, підсилюються процеси безкисневого звільнення енергії за допомогою гліколізу. Описані процеси відбуваються головним чином в органах, що відповідають за транспорт кисню (легені, серце, дихальні м'язи, еритробластичний відросток кісткового мозку), а також найбільше страждають від недостатності кисню (кора великого мозку, нейрони дихального центру).

Підвищенню стійкості тканин до гіпоксії сприяє й активізація гіпоталамо-гіпофізарної системи й кори надниркових залоз.

Таким чином, пластичні й енергетичні зміни на клітинному рівні міняють характер адаптаційного процесу при тривалій гіпоксії. Розвивається стійка й ощадлива адаптація.

Усі розглянуті вище пристосувальні реакції до дії гіпоксії спрямовані на збереження енергетичного гомеостазу, підтримку максимальної можливої доставки кисню, що типово для активної адаптації. Однак адаптація до гіпоксії може здійснюватися шляхом пасивної адаптації, коли зі зниженням парціального тиску кисню організм зменшує вироблення енергії й теплопродукції на тлі зниження споживання кисню. Одним із проявів такого типу адаптації є розвиток у результаті в гіпоксичних умовах так званого гіпометаболічного стану, при якому зменшується внесок аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму й функціонування всіх систем організму переходить на більш ощадливий режим [35]. При цьому зберігається висока працездатність за рахунок пролонгованого включення анаеробних механізмів енергопродукції й збільшення їх потужності на тлі зниженого аеробного обміну [36-39].

Висновки

1. На виникнення гіпоксії організм реагує включенням еволюційно сформованого комплексу захисно-пристосувальних реакцій, за допомогою яких здійснюється

- адаптація до цього впливу. Адаптація до гіпоксії забезпечується анатомічними та біохімічними особливостями організму осіб, які живуть або тимчасово перебувають в умовах недостатності кисню.
2. Індивідуальна адаптація до гіпоксії проявляється у двох основних формах – терміновій і довготривалій. Термінова адаптація розвивається при гострій гіпоксії, коли використовуються готові, наявні в організмі функціональні механізми, що підвищують доставку кисню у тканини. Механізми довготривалої адаптації, що формуються зазвичай при повторюваній або хронічній помірній за інтенсивністю гіпоксії, також є підставою підвищення стійкості організму до дії гіпоксичного чинника. Тривала адаптація до гіпоксії використовує широкі пластичні можливості організму, які ґрунтуються на структурних змінах у клітинах і тканинах і здатні як підвищити доставку кисню, так і знизити критичні рівні парціального тиску кисню.
 3. Усі пристосувальні реакції до дії гіпоксії спрямовані на збереження енергетичного гомеостазу, підтримку максимальної можливої доставки кисню, що типово для активної адаптації. У той же час пристосування організму людини до гіпоксії може здійснюватися шляхом пасивної адаптації. Одним із проявів такого типу адаптації є розвиток у результаті в гіпоксичних умовах так званого гіпометаболічного стану, при якому зменшується внесок аеробного обміну в загальну систему енергозабезпечення організму й функціонування всіх систем організму переходить на більш ощадливий режим.

Література

1. Колчинская А. З. О физиологических механизмах, определяющих тренировочный эффект средне- и высокогорья / А. З. Колчинская // Теория и практика физической культуры. – 1990. – № 4 – С.39-43.
2. Cohen PJ. The metabolic function of oxygen and biochemical lesion of hypoxia / PJ.Cohen // Anesthesiology. – 1972. – Vol. 46, №2. – P. 639-645.
3. Агаджанян Н. А. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания / Н. А. Агаджанян, В. В. Гневушев, А.Ю. Катков. – М.: Изд-во УДН, 1987. – 170 с.
4. Березовский В.А. Цветок Гильгамеша. Природная и инструментальная оротерапия (очерки о горах и их влиянии на организм человека) / В.А.Березовский. – Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2012. – 304 с.
5. Малкин В. Б. Острая и хроническая гипоксия / В. Б. Малкин, Е. Б. Гиппенрейтер // проблемы космической биологии. – М., 1977. – Т. 35. – 320 с.
6. Меерсон Ф. З. Адаптация к высотной гипоксии / Ф. З. Меерсон // Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука, 1986. – С.224-248.
7. Филиппов М. М. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности: Монография / М. М. Филиппов, Д. Н. Давиденко – СПб.– Киев: БПА, 2010. – 260 с.
8. Дмитрук А. И. Гипоксия и с порт: Учебно-методическое пособие /А. И. Дмитрук. – СПб.: 2007 – 44 с.
9. Булатова М. М. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов / М. М.Булатова, В. Н. Платонов // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С.95-119.
10. Саламанина О. М. Влияние умеренной степени гипоксии на функциональное состояние человека-оператора / О. М. Саламанина // Системный подход к психофизиологической проблеме. – М., 1982. – С. 140-142.
11. Бреслав И. С. Дыхательные рефлексы с хеморецепторов / И. С.Бреслав // В кн: Физиология дыхания. В серии: «Руководство по физиологии». – Л.: Изд-во «Наука», 1973. – С. 165-188.
12. Маршак М. Е. Регуляция дыхания / М. Е.Маршак// В кн: Физиология дыхания. В серии: «Руководство по физиологии». – Л.: Изд-во «Наука», 1973. – С. 256-286.
13. Уэст Дж. Физиология дыхания / Дж. Уэст. – М.: Мир, 1988. – 200 с.
14. Меерсон Ф. З. Адаптационная медицина: Механизмы и защитные эффекты адаптации / Ф. З.Меерсон. – Нур. Med. Ltd. – М., 1993. – 332 с.
15. Effect of living in hypoxia and training in normoxia on sea level VO_{2max} and red cell mass / Rusko H. K., Tikkanen H., Paavola L. et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – V. 31. – P.86.
16. Opie L.H. Effects of anoxia and regional ischemia on metabolism of glucose and fatty acids / L. H.Opie // Circ. Res. – 1976. – № 37, suppl. – P. 52-68.
17. Сапова Н. И. Комплексная оценка регуляции ритма сердца при дозированных функциональных нагрузках / Н. И. Сапова // Физиол. журн. СССР. – 1982. – Т. 68, №8. – С. 1159-1164.

18. Ильин В. Н. Оценка функционального состояния организма человека в экстремальных условиях на основе теории ультрастабильных систем / В. Н. Ильин, М. М. Филиппов, А. Алвани // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. – № 3. – С. 94-100.
19. Черкес Л. І. Структурно-лінгвістичний підхід до оцінки довготривалої адаптації спортсменів високої кваліфікації до умов середньогір'я / Л. І. Черкес, В. М. Ільїн, В. І. Портниченко, М.М.Михайлович, І.О.Яхниця, С.Б.Коваль // Медична інформатика та інженерія. – 2011. – № 4. – С. 18-21.
20. Турсунбеков Б. Т. Механизмы высокогорной адаптации при различных функциональных состояниях эндокринной системы / Б. Т. Турсунбеков, К. М. Макутов, Р. И. Карянева. – Фрунзе: Илим, 1988. – 200 с.
21. Миррахимов М.М. О сроках сохранения повышенной резистентности организма при различных режимах акклиматизации к высокогорью / М.М. Миррахимов, А.А. Айдаралиев, М.Д. Джунушев // Космич. биология и авиокосмич. медицина. – 1972. – №4 – С. 14-18.
22. Данияров С. Высокогорье и вегетативная нервная система / С. Данияров, А. Г. Зарифьян. – Ташкент: Медицина, 1977. – 176 с.
23. Структурно-лингвистический подход к оценке функционального состояния организма человека в условиях высокогорья / Ильин В. Н., Батырбекова Л. М., Курданова М. Х., Курданов Х. А. – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2003. – 80 с.
24. Маркова Е. А. Особенности регуляции сердечного ритма у крыс с различной устойчивостью к гипоксии / Е. А. Маркова, С. Н. Вадзюк // Физиол. журн. СССР. – 1981. т. 27, № 5. – С. 703-706.
25. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
26. Ровна О. А. Особливості адаптації організму людини до інтервальної нормобаричної гіпоксії в умовах складно-координаційної рухової діяльності. – Автореф. дис...канд.наук. – К., 2011. – 20 с.
27. Серохвостов А. П. Некоторые результаты исследования условнорефлекторной деятельности и вегетативных функций у коренных жителей низко- и высокогорья Киргизии. – Автореф. дисс ... канд. мед. наук. – Фрунзе, 1978. – 20 с.
28. Кравченко Ю. В. Імпульсно-періодична гіпоксія як метод прискорення адаптації до умов високогір'я / Ю. В. Кравченко, В. М. Ільїн, О. Л. Євтушенко, В. І. Портниченко, І. О. Яхниця, Л. І. Черкес // Вісник Черкаського університету. – 2007. – Вип. 105. – С. 43-48.
29. Макаренко Н. В. Состояние некоторых свойств высшей нервной деятельности и кратковременной зрительной памяти у людей в процессе адаптации к горному климату Приэльбруссья / Н. В. Макаренко, В. Н. Вороновская, В. М. Киенко // Адаптация человека в различных климато-географических и производственных условиях: Тез. Докл. – Новосибирск, 1981. – т. 2. – с. 128-129.
30. Shephard R. J. Problems of High Altitude / R. J. Shephard // Endurance in Sport. – Blackwell Sci. Publ., 1992. – P. 471-478.
31. Semenza G. L. Regulation of physiological responses to continuous and intermittent hypoxia by hypoxia-inducible factor 1 / G. L. Semenza // Exp. Physiol. – 2006. – Vol. 91, N 5. – P. 803-806.
32. Колчинская А. З. Системы дыхания, процесс массопереноса кислорода в организма, кислородные режимы организма / А. З. Колчинская // Вторичная тканевая гипоксия. – Киев: Наукова думка, 1983. – С.5-14.
33. Колчинская А. З. Кислород. Физическое состояние, работоспособность / А. З. Колчинская. – Киев: Наукова думка, 1991. – 205 с..
34. Stray-Gundersen J. "Living high, training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners / J. Stray-Gundersen, R. F. Chapman, B.D. Levine // J. Appl. Physiol. – 2001. – V. 91. – P. 1113-1120.
35. Портниченко В.И. Развитие гипометаболического состояния у высококвалифицированных спортсменов в условиях гипоксии / В.И.Портниченко, В.Н.Ильин, Б.А.Подливаев // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 74-77.
36. Євтушенко О.Л. Особливості кровообігу у здорових людей під час адаптації до високогір'я в залежності від гіпоксичного та фізичного навантаження / О.Л.Євтушенко, А.Г.Портниченко, Ю.В.Кравченко, В.М.Ільїн, І.О.Назарук, В.І. Порніченко // Мат. V Міжнародного симпозиуму «Актуальні проблеми біофізическої медицини», Київ, 2007 р. – С. 70-71.
37. Филиппов М.М. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности: Монография / М.М.Филиппов, Д.Н.Давиденко – СПб. – Киев: БПА, 2009. – 268 с.
38. Филиппов М. М. Сравнительная характеристика обеспечения кислородных режимов в организме у акклиматизированных и неакклиматизированных лиц на разных высотах в горах / М. М. Филиппов, В. И. Портниченко, В. Н. Ильин, А. Л. Евтушенко // Медико-физиологические проблемы экологии человека: Мат. V Всероссийской конф. с международным участием (22-26 сентября 2014 г.) – Ульяновск: УлГУ, 2014. – С. 187-188.

39. Ilyin V. The energy metabolism of muscular activity of Russian Olympic team wrestlers at high-altitudes / V. Ilyin, P. Beloshitsky, V. Portnichenko, A. Evtushenko, Yu. Kravchenko, Yu. Andriyuchuk // Abstracts of IV World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology (V Annual Meeting for Chinese High Altitude Medicine). – 2004. – P.269.

References

1. Kolchinskaya, A. Z. (1990). About the physiological mechanisms that determine the training effect of medium and high mountains. Theory and practice of physical culture. No. 4, 39-43. (in Rus)
2. Cohen, P.J. (1972). The metabolic function of oxygen and biochemical lesion of hypoxia / P.J.Cohen // Anesthesiology. V. 46, 2., 639-645.
3. Agajanyan, N. A. (1987). Adaptation to hypoxia and bioeconomics of external respiration. Moscow: UDN Publ.,170. (in Rus)
4. Berezovskiy, V. A. (2012). Flower of Gilgamesh. Natural and instrumental orotherapy (essays of the mountains and their effects on the human body). Donetsk: Publisher Zaslavsky A.Yu., 304 (in Rus)
5. Malkin, V. B. (1977). Acute and chronic hypoxia problems of cosmic biology. M. – V. 35. – 320. (in Rus)
6. Meyerson, F. Z. (1986). Adaptation to high altitude hypoxia. Physiology of adaptation processes. Moscow: Nauka, 224-248. (in Rus)
7. Filippov, M. M. (2010). Physiological mechanisms of development and compensation of hypoxia in the process of adaptation to muscular activity: Monograph. St. Petersburg.- Kiev: BPA. 260 (in Rus)
8. Dmitruk, A. I. (2007). Hypoxia and sport: Methodical manual. St. Petersburg. 44 (in Rus)
9. Bulatova, M. M. (2008). Middle altitude, high altitude and artificial hypoxia in the system of athletes training. Sports medicine. No. 1. 95-119. (in Rus)
10. Salamanin, O. M. (1982). Influence of a moderate degree of hypoxia on the functional state of the individual-operator. Systematic approach to the psycho-physiological problem. - M. 140-142. (in Rus)
11. Breslav, I. S. (1973). Respiratory reflexes from chemoreceptors. In the book: Physiology of respiration. In the series: "Guide to Physiology." – L.: "Science" Publ. 165-188. (in Rus)
12. Marshak, M. E. Regulation of respiration / M. E. Marshak // In the book: Physiology of respiration. In the series: "Guide to Physiology." – L.: "Science" Publ., 1973. – P. 256-286. (in Rus)
13. West, J. (1988) The Physiology of Breath. Moscow: Mir. 200. (in Rus)
14. Meyerson, F. Z. (1993) Adaptive medicine: Mechanisms and protective effects of adaptation. Hyp. Med. Ltd. M. 332. (in Rus)
15. Rusko, H. K., Tikkanen, H., Paavolainen, L. et al. (1999). Effect of living in hypoxia and training in normoxia on sea level VO₂max and red cell mass. Med. Sci. Sports Exerc. V. 31. S86.
16. Opie, L. H. (1976). Effects of anoxia and regional ischemia on metabolism of glucose and fatty acids. Circ. Res. No. 37. 52-68.
17. Sapova, N. I. (1982). Complex assessment of heart rhythm regulation in case of dosed functional loads. Physiol. Journal. The USSR. V. 68. №8. 1159-1164. (in Rus)
18. Ilyin, V. N. (2014). Evaluation of the functional state of the human body under extreme conditions on the basis of the theory of ultrastable systems. No. 3. 94-100. (in Rus)
19. Cherkes, L. I. (2011). Structural linguistic approach to the assessment of long-term adaptation of elite athletes to middle mountains conditions. Medical informatics and engineering. No. 4. 18-21. (in Rus)
20. Tursunbekov, B. T. (1988). Mechanisms of high-altitude adaptation for various functional states of endocrine system. Frunze: Ilim. 200 (in Rus)
21. Mirrakhimov, M. M. (1972). About terms of the body increased resistance preservation under various conditions of acclimatization to high mountains. Space biology and aerospace medicine. Issue 4. 14-18. (in Rus)
22. Daniyarov, S. (1977). High altitude and vegetative nervous system. Medicine. 176. (in Rus)
23. Ilyin, V. N., Batyrbekova, L. M., Kurdanova, M. Kh., Kurdanov, Kh. A. (2003) Structural-linguistic approach to the assessment of the human body functional state in high-mountain conditions. Moscow: Ilekxa; Stavropol: Serviceshkola. 80 (in Rus)
24. Markova, E. A. (1981). Heart rhythm regulation peculiarities of rats with different resistance to hypoxia. Physiol. Journal. The USSR. V. 27, No. 5. 703–706. (in Rus)
25. Meyerson, F.Z. (2009). Adaptation to stressor situations and physical loads. Moscow: Medicine. – 256. (in Rus)
26. Rovna, O.A. (2011). Peculiarities of human body adaptation to the interval normobaric hypoxia under conditions of complex coordination motor activity. – Abstract of candidate of science thesis. 20. (in Rus)
27. Serokhvostov, A.P. (1978). Some results of study of conditioned reflex activity and vegetative functions of the native inhabitants of the low and highlands of Kyrgyzstan. Abstract of candidate of medical sciences thesis. – 20. (in Rus)
28. Kravchenko, Yu.V. (2007) Impulsive-periodical hypoxia as a method to accelerate adaptation to the conditions of high mountains. Journal of the Cherkassy University. Issue. 105. 43-48. (in Rus)

29. Makarenko, N. V. (1981). The state of some properties of higher nervous activity and short-term visual memory of humans in the process of adaptation to the mountain climate of vicinity of the Mt. Elbrus. Adaptation of an individual in various climatic-geographical and industrial conditions. Vol. 2. 128-129. (in Rus)
30. Shephard, R. J. (1992). Problems of High Altitude. Endurance in Sport. P. 471-478.
31. Semenza, G. L. (2006). Regulation of physiological responses to continuous and intermittent hypoxia by hypoxia-inducible factor 1. Exp. Physiol. Vol. 91, No. 5. 803-806.
32. Kolchinskaya, A. Z. (1983). Respiratory systems, the process of mass transfer of oxygen into the body, oxygen regimes of organism. Secondary tissue hypoxia. Kiev. Naukova Dumka, 1983. 5-14. (in Rus)
33. Kolchinskaya, A. Z. (1991). Oxygen. Physical condition, working efficiency. Kiev. Naukova Dumka. 205. (in Rus)
34. Stray-Gundersen, J. (2001). " Living high, training low " altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. V. 91. 1113-1120.
35. Portnichenko, V. I. (2008). Development of hypometabolic state of highly skilled athletes under conditions of hypoxia. Sports medicine. No. 1. 74-77. (in Rus)
36. Yevtushenko, O. L., (2007). Characteristics of healthy individuals' blood circulation during the adaptation to the high altitude depending on the hypoxic and physical loads. Materials of the V International symposium "Actual problems of biophysical medicine". Kyiv. 70-71. (in Rus)
37. Filippov, M. M. (2009). Physiological mechanisms of development and compensation of hypoxia in the process of adaptation to muscular activity: Monograph. St. Petersburg. Kiev: BPA. 268 (in Rus)
38. Filippov, M. M. (2014). Comparative characteristics of providing oxygen regimes in the organism of acclimatized and non-climatized individuals at different heights in the mountains. Medical physiological problems of human ecology: Materials of the V All-Russian Conference with international participation – Ulyanovsk: UISU. 187-188. (in Rus)
39. Ilyin, V. (2004). The energy metabolism of the muscular activity of the Russian Olympic team of wrestlers at high altitudes. Abstracts of IV World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology (V Annual Meeting for Chinese High Altitude Medicine). 269.

Summary. *V.V. Sosnowskiy, V.A. Pastukhova. Adaptation of human organism to hypoxia.*

Introduction. *Adaptation to hypoxia uses extensive flexible potential of organism, which is based on structural changes in cells and tissues and can both increase the oxygen supply, and reduce the critical level of partial oxygen pressure.*

Purpose. *Analyze and generalize information contained in the literature on the effects of hypoxia on the human body.*

Methods. *Analysis of special scientific literature, which considers the physiological mechanisms of human adaptation to hypoxia.*

Results. *Individual adaptation to hypoxia manifests itself in two main forms - immediate and long term. Immediate adaptation develops in case of acute hypoxia when ready available functional body mechanisms, increasing the delivery of oxygen to tissues, are used. Long-term adaptation mechanisms which are usually formed in case of repetitive or chronic hypoxia of moderate intensity, are a basis for increasing body resistance to the action of hypoxic factor. Long-term adaptation to hypoxia uses extensive flexible potential of organism, which is based on structural changes in cells and tissues and can both increase the oxygen supply, and reduce the critical level of partial oxygen pressure.*

Originality. *It is shown that the human body adaptation to hypoxia action may be realized by means of passive adaptation, which may be manifested by development of hypometabolic state.*

Conclusion. *When hypoxia occurs, body reacts by launching the evolutionarily formed complex of protective and adaptive reactions, which help to adapt to this influence. Adaptation to hypoxia is provided by anatomic and biochemical characteristics of the individuals' organisms living or staying temporarily in conditions of insufficient oxygen.*

Keywords: *hypoxia, active adaptation, passive adaptation, energy homeostasis, hypometabolic state.*

Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ

Одержано редакцією

18.03.2017

Прийнято до публікації 15.05.2017

ОНТОГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ *ALLIUM URSINUM* L. НА ТЕРИТОРІЇ СУМСЬКОГО ГЕОБОТАНІЧНОГО ОКРУГУ

У статті наведена характеристика рослин *Allium ursinum* різних онтогенетичних станів та визначено їхню частку у шести ценопопуляціях *Allium ursinum*. Побудовано та проаналізовано онтогенетичні спектри ценопопуляцій *Allium ursinum* в аспекті їх належності до одного з чотирьох типів: лівобічні, центровані, правобічні та бімодальні. Проведено інтегральну оцінку онтогенетичної структури цих ценопопуляцій за онтогенетичними індексами І. М. Коваленко (індекси відновлюваності, старіння, генеративності, віковості). Розраховано індекс віковості А. А. Уранова – Δ, індекс ефективності Л. В. Животовського – ω. Визначено належність кожної з досліджених ценопопуляцій до певного типу онтогенетичної структури популяції, згідно класифікації Т. О. Работнова (інвазійні, нормальні, регресивні); Л. О. Жукової (інвазійні, регресивні, нормальні) та Л. В. Животовського (молоді, перехідні, зріючі, зрілі, старіючі, старі). На основі отриманих результатів зроблено висновки про онтогенетичну структуру ценопопуляцій *Allium ursinum* в типових лісових угрупованнях досліджуваного району. Показано, що у межах досліджуваного регіону характерною ознакою ценопопуляцій *Allium ursinum* є різноманітність онтогенетичних спектрів, в чотирьох із шести досліджуваних ценопопуляцій може відбутись суттєве збільшення представленості *Allium ursinum* у складі синузії пізніх весняних ефемероїдів протягом наступних 3–5 років. Визначено перспективи подальших фітопопуляційних досліджень *Allium ursinum* на території Сумського геоботанічного округу.

Ключові слова: *Allium ursinum*, ценопопуляція, Сумський геоботанічний округ, онтогенетична структура, онтогенетичні спектри.

Постановка проблеми. Збіднення біотичного різноманіття на планеті, викликане глобальною екологічною кризою, є однією з головних небезпек для подальших перспектив існування життя на Землі. Достатнє біотичне різноманіття – основа нормального функціонування та підтримання стабільності екосистем та біосфери. Тож збереження біорізноманіття є одним з провідних напрямків у розробці дієвих природоохоронних заходів [1, 2].

Оскільки більшість видів у природі існує у вигляді популяцій, то особливого значення набуває збереження біорізноманіття і фіторізноманіття, як його складової, саме на популяційному рівні [1, 2]. У зв'язку з цим існує нагальна потреба проведення комплексних фітопопуляційних досліджень, одним із пріоритетних напрямків яких повинні бути дослідження рідкісних та зникаючих видів, як найбільш вразливої ланки фітоценозів. У свою чергу, важливою складовою комплексного популяційного аналізу цих рослин зазвичай виступає оцінка онтогенетичної структури даних ценопопуляцій.

Аналіз останніх публікацій. *Allium ursinum* (Alliaceae) – вид, занесений до Червоної книги України. Загалом він поширений в Європі від Скандинавії та Атлантичного узбережжя до Західного Середземномор'я, північної частини Балканського півострова та Кавказу. Зустрічається по тінистих лісах на вологому і багатому перегноєм ґрунті. В Україні зростає в Поліссі, в лісостепових районах, у північно-східній частині лівобережного злаково-лугового Степу та у в Карпатах до верхньої лісової зони. Це пізньовесняний ефемероїд. У фітоценозах зазвичай трапляється у великих кількостях. Природоохоронний статус виду - неоцінений. Причинами зміни чисельності є вузька еколого-ценотична амплітуда, внаслідок чого вид вразливий до дії антропогенних факторів (суцільні рубки лісів, осушувальна меліорація, зрізання листя та витоптування рослин в процесі заготівлі харчової та

лікарської сировини) [3, 4]. В опублікованих матеріалах, які стосуються Сумської області, повідомляється про великі площі, зайняті його популяціями в басейні р. Псел у Краснопільському та Сумському районах [5]. Однак ґрунтовні популяційні дослідження *Allium ursinum* на теренах Сумського геоботанічного округу донині не проводилися.

Мета статті. Метою даної роботи було з'ясувати онтогенетичну структуру ценопопуляцій *Allium ursinum* у різних фітоценозах Сумського геоботанічного округу.

Матеріали та методи. Нами протягом вегетаційного сезону 2016 р. вивчалися шість ценопопуляцій *Allium ursinum*, розташованих на території Сумського геоботанічного округу: популяція №1 (П1) – 126 кв. Піщанського лісництва (улоговина біля сфагнового болота, схил, північно-східна експозиція); популяція № 2 (П2) – 40 кв. Піщанського лісництва (днище балки); популяція № 3 (П3) та популяція № 4 (П4) – 76 кв. Сумського лісництва (днище та північно-східний схил балки); популяція № 4 – 83 кв. Піщанського лісництва (плакорна ділянка); популяція № 5 (П5) – 126 кв. Піщанського лісництва (вирубка біля сфагнового болота); популяція № 6 (П6) – 26 кв. Могрицького лісництва (днище балки). Ці популяції сформувалися в умовах наступних угруповань: № 1 – у *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, № 2 – *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, № 3 – *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, № 4 – *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)*, № 5 – *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, № 6 – *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)*.

У досліджуваних ценопопуляціях *Allium ursinum* визначалась частка раметів різних онтогенетичних станів. Належність особин до того чи іншої онтогенетичної групи визначалась з опорою на результати власних досліджень та літературні дані [6]. В зв'язку з охоронним статусом виду [3], використанням неущкоджуючих методів морфометричного аналізу [7] та зі складностями в диференціації молодих генеративних (g_1), середньогенеративних (g_2) та старих генеративних (g_3) особин між собою, нами були виділені наступні онтогенетичні стани *Allium ursinum*: проростки (р), ювенільні (j), іматурні (im), віргінільні (v), генеративні (g) та сенильні (s).

Проростки (р) – характерною ознакою рослин цього онтогенетичного стану є наявність сім'ядолі з піхвою, сім'ядоля вкрита сім'яними покривами, всередині яких ще збережений ендосперм. У проростків розвинений головний корінець та 2-3 додаткових. Листок вузький, майже лінійний, до 5 см в довжину, черешок короткий, майже не помітний. До кінця вегетаційного періоду покрови насінини відпадають.

Ювенільні рослини (j) – проростки переходять в ювенільний онтогенетичний стан на другий рік життя. Головний корінь ще зберігається. Листки досягають 10 см довжини, цибулина коротка, округла. Протягом вегетаційного періоду головний корінь відмирає.

Іматурні (im) – зберігається моноподіальне наростання головної вісі, щорічно утворюються по одному плівчастому та одному зеленому листку; основа плівчастого листка стає лусочкою цибулини; цибулини одновісні. Листок змінюється – черешок видовжується, листова пластинка стає широкою, з загостреним кінцем. Цибулина набуває веретеноподібної форми. Віргінільні рослини (v) – мають частіше один, рідше два асимілюючих листка. За розмірами та зовнішнім виглядом їхні листки такі ж, як у генеративних особин. Довжина листка до 30-40 см. Цибулина веретеноподібна, або сплюснута з боків у випадку вегетативного розмноження.

Генеративні (g) – перехід у генеративний стан пов'язаний зі зміною всієї біоморфи рослини: цибулина стає симподіальною, двохвісною, наземна частина має

два, а інколи три асимілюючих листки. З'являється можливість вегетативного розмноження. Квітонос з'являється на 4-5 рік життя особини.

Сенільні (s) – за розмірами відповідають ювенільним (довжина листка до 10 см), мають одновісні цибулини неправильної форми, корені слабо розвинені. Листок один, листовая пластинка часто має асиметричну форму, черешки короткі.

При виконанні дослідження використовувались загальноприйняті геоботанічні методи [8, 9]. Для опису рослинності використовували пробні ділянки розміром 10 x 10 м та 100 x 100 м, а також трансекти 1 м завширшки при довжині 25 м. Усього було закладено 6 постійних пробних ділянок і зроблено вісімнадцять повних геоботанічних описів протягом вегетаційного сезону. Для більш детального аналізу особливостей зростання рідкісних рослин використовували пробні ділянки розміром 0,5 м².

Отримана інформація про онтогенетичні спектри ценопопуляцій *Allium ursinum* аналізувалася в аспекті їхньої належності до одного з чотирьох типів: *лівобічні* – вирізняються переважанням догенеративних рослин, *центровані* – генеративних, *правобічні* – постгенеративних та *бімодальні* – мають два пікових значення. Також нами була проаналізована повнота онтогенетичних спектрів (наявність або відсутність особин певних онтогенетичних станів в досліджуваних ценопопуляціях *Allium ursinum*). Для інтегральної оцінки онтогенетичної структури ценопопуляцій *Allium ursinum* було використано онтогенетичні індекси, запропоновані І. М. Коваленко [10].

На заключному етапі досліджень визначалась належність кожної ценопопуляції до певної категорії відповідно до класифікації Т.О. Работнова: *інвазійна* – популяція, у складі якої переважають догенеративні особини; *нормальна* – в її складі найбільшу частку складають генеративні рослини, *регресивна* – переважають постгенеративні особини. За величиною індексу віковості (Δ) визначалась належність ценопопуляції до одного з трьох типів – *інвазійна*, *регресивна* або *нормальна* за класифікацією Л.О. Жукової в модифікації Н.В. Глотова [11]. Крім того узагальнення інформації про онтогенетичні спектри здійснювалося із використанням підходів Л.В. Животовського [12], який запропонував характеризувати онтогенетичну структуру популяцій на основі двох індексів: індексу віковості ценопопуляції за О.О. Урановим (Δ) та індексу ефективності (ω). За величиною співвідношення Δ/ω встановлювали належність ценопопуляції до одного із наступних типів: *молоді*, *перехідні*, *зріючі*, *зрілі*, *старіючі*, *старі*.

Результати та обговорення

Результати оцінки онтогенетичної структури ценопопуляцій *Allium ursinum* представлено у табл. 1.

Встановлено, що всі досліджувані ценопопуляції *Allium ursinum* в аспекті представленості у спектрах рослин різних онтогенетичних станів чітко поділяються на дві групи. Першу формують ценопопуляції із угруповань *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)–stellariosum (holosteae)*. Для них характерно переважання сумарної частки (на рівні 57,89–93,62%) догенеративних особин. До складу другої групи входять ценопопуляції із угруповань *Urticetum (dioici)–alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)*. Їм притаманне переважання сумарної частки (на рівні 73,14–79,18%) генеративних та поява сенільних (на рівні 2,64–4,12%) раметів. Відмінною особливістю ценопопуляції із угруповання *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)* є дуже мала кількість проростків. Навпаки, у ценопопуляції з угруповання *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis)*

coryloso (avellanae)–urticosum (dioici) питома вага проростків є суттєвою (12,33%), а також значну частку (55,88%) складають ювенільні рослини. У цьому угрупованні сумарна частка проростків та ювенільних рослин дорівнює 68,21%. Досліджувані ценопопуляції *Allium ursinum* значно відрізняються між собою щодо за представленістю у їхньому складі рослин певних онтогенетичних станів. Так питома вага імагурних рослин варіює від 5,57% (ценопопуляція з угруповання *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*) до 43,97% (ценопопуляції з угруповання *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)*). Менша варіабельність спостерігається в значеннях віргінільних особин, частка яких варіює від 5,85% в ценопопуляції з угруповання *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* до 19,15% в ценопопуляції з угруповання *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)*. Найбільше ценопопуляції відрізняються за часткою генеративних рослин: вона змінюється від 6,38% (ценопопуляція з угруповання *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*) до 79,18% (ценопопуляція з угруповання *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*).

Таблиця 1

Онтогенетична структура ценопопуляцій *Allium ursinum*

Умовне позначення ценопопуляції	Знаходження у межах рослинного угруповання	Частка (%) особин різних онтогенетичних станів					
		p	j	im	v	g	s
П1	<i>Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)</i>	6,44	27,11	15,39	8,95	42,11	0
П2	<i>Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)</i>	12,33	55,88	7,36	5,85	18,58	0
П3	<i>Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)</i>	3,55	32,63	42,55	14,89	6,38	0
П4	<i>Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)</i>	2,84	14,18	43,97	19,15	19,86	0
П5	<i>Urticetum (dioici) alliosum (ursini)</i>	0,88	5,28	5,57	6,45	79,18	2,64
П6	<i>Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)</i>	3,31	4,96	5,79	8,68	73,14	4,12

Таблиця 2

Онтогенетичні індекси ценопопуляцій *Allium ursinum*

Онтогенетичні індекси	Умовне позначення ценопопуляції ¹					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
$I_{\text{віднов.}} (\%)$	57,89	81,42	93,62	80,14	18,18	22,73
$I_{\text{стар.}} (\%)$	0	0	0	0	2,64	4,13
$I_{\text{генер.}} (\%)$	42,11	18,58	6,38	19,86	79,18	73,14
$I_{\text{вік.}}$	0	0	0	0	0,15	0,18
Δ/ω	0,14/0,42	0,07/0,23	0,06/0,21	0,10/0,33	0,25/0,67	0,25/0,63

¹Нумерація та умовні позначення ценопопуляцій відповідають наведеним у тексті

Таблиця 3

Типи онтогенетичної структури ценопопуляцій *Allium ursinum*

Типи онтогенетичної структури	Умовне позначення ценопопуляції ¹					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
За Т. О. Работновим	інвазійна	інвазійна	інвазійна	інвазійна	нормальна	нормальна
За Л.О. Жуковою	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна
За Л. В. Животовським	молода	молода	молода	молода	зріюча	зріюча

¹Нумерація та умовні позначення ценопопуляцій відповідають наведеному в тексті

Онтогенетичний спектр ценопопуляцій *A. ursinum* з угруповання *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* має прояви бімодальності, але все ж таки чітко виражений пік на ювенільних особинах (55,88%), є підставою щодо його віднесення до лівобічних. Лівобічними є і онтогенетичні спектри ценопопуляцій з угруповань *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)*. Онтогенетичні спектри ценопопуляцій з угруповань *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)* репрезентують категорію центрованих.

Результати оцінки онтогенетичної структури ценопопуляцій *A. ursinum* на основі використання узагальнюючих індексів надано в таблиці 2. Вони свідчать, що ценопопуляції *Allium ursinum* з угруповань *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)* мають значення індексу старіння, що дорівнюють 0%, а також достатньо високі величини індексу генеративності (6,38–42,11%) і високі (18,67–93,62%) показники індексу відновлюваності. У підсумку всі ці чотири ценопопуляції *Allium ursinum* мають значення індексу віковості, що дорівнює 0.

При цьому ценопопуляції *Allium ursinum* з угруповань *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)* мають значення індексу старіння 2,64% та 4,13% відповідно; найвищі значення індексу генеративності (79,18% та 73,14%); а от показники індексу відновлюваності в цих двох ценопопуляціях є найнижчими (18,18% та 22,73%). Значення індексу віковості в даних ценопопуляціях *Allium ursinum*, відповідно, набувають значень 0,15 та 0,18. Співвідношення Δ/ω у досліджених нами ценопопуляціях *Allium ursinum* вирізняється досить значним варіюванням: від 0,06/0,21 до 0,25/0,67 (табл. 2).

Загалом ценопопуляції *Allium ursinum* за ознаками онтогенетичної структури не вирізняються високою різноманітністю щодо належності до певних груп. Незважаючи на те, що нами були застосовані різні підходи до визначення типів ценопопуляцій, у

межах кожної із класифікацій вони репрезентували лише одну-дві групи. Так, згідно наших даних, за класифікацією Т. О. Работнова, ценопопуляції були: з угруповань *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)* – інвазійними, а з угруповань *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso(redivivae)–urticosum (dioici)* – нормальними. За класифікацією Л. О. Жукової всі ценопопуляції *Allium ursinum* репрезентують групу «нормальних», а за класифікацією Л. В. Животовського ценопопуляції виявились: з угруповань *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)* – молодими; а з угруповань *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso(redivivae)–urticosum (dioici)* – зріючими (табл. 3).

Висновки та перспективи подальшого дослідження

У межах досліджуваного регіону характерною ознакою ценопопуляцій *Allium ursinum* є різноманітність онтогенетичних спектрів. Ця різноманітність, на нашу думку, є результатом того, що ценопопуляції *Allium ursinum* зростають у різних еколого-ценотичних умовах (від гарно зволжених, багатих на органічні речовини днищ балок до ділянок з первинними сукцесійними змінами на місці зрубів головного користування). Узагальнена комплексна оцінка особливостей онтогенетичної структури ценопопуляцій *Allium ursinum*, здійснена із використанням класичних і новітніх підходів, об'єктивно засвідчила, що їм притаманні активні відновлювальні процеси та інтенсивне впровадження у лісові угруповання. Винятком є дві ценопопуляції. Перша – з угруповання *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, що сформувалося на місці дворічної вирубки головного користування. Тут повністю знищено деревний ярус рослинності та відбуваються активні сукцесійні зміни. Друга – з угруповання *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)*. Це територія ботанічного заказника загальнодержавного значення «Банний яр», де в умовах заповідності домінантом трав'яно-чагарничкового ярусу стала *Lunaria rediviva* L. Відповідно, в чотирьох із шести досліджуваних ценопопуляцій (в угрупованнях *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)*) у складі синузії пізніх весняних ефемероїдів протягом наступних 3–5 років може відбутись суттєве збільшення представленості *Allium ursinum*.

Перспективою подальших наукових досліджень є застосування до *Allium ursinum* морфометричного та віталітетного аналізів, спрямованих на визначення розмірних параметрів та рівня життєвості рослин і ценопопуляцій цього виду. Доцільним є і проведення комплексної оцінки декількох типів структури (просторової, онтогенетичної, розмірної та віталітетної), що дозволить розробити деталізовані прогнози подальшого існування ценопопуляцій *Allium ursinum* та науково обґрунтовані підходи щодо забезпечення їх охорони.

Література

1. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 263 с.
2. Злобин Ю. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения: монография / Ю. А. Злобин, В. Г. Скляр, А. А. Клименко. – Сумы: Университетская книга, 2013. – 439 с.
3. Червона книга України. Рослинний світ. / за ред. Я. П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
4. Флора УРСР: в 12 томах. – Київ: Вид-во АН УРСР, 1938–1965. – Т. 1–12.
5. Карпенко К. К. Поширення, стан збереження та рекомендації щодо охорони рідкісних і зникаючих видів рослин у басейні р. Псел на території Сумського та Краснопільського районів Сумської області / К. К. Карпенко, О. С. Родінка, А. П. Вакал та ін. // Екологічні дослідження річкових басейнів Лівобережної України: Збірник наукових праць (за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Суми, 11–16 листопада 2002 року). Суми: СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2002. – С. 144–149.
6. Старостенкова М. М. Лук медвежий / М. М. Старостенкова // Биол. флора Моск. обл. – 1978. – Вып. 5. – С. 52–61.
7. Панченко С. М. Неразрушающие методы морфометрического анализа редких растений и их применение на примере *Huperzia selago* (Huperziaceae) / С. М. Панченко // Заповідна справа в Україні. – 2007. – Т. 13. Вип. 1–2. – С. 106–110.
8. Полевая геоботаника (II том) : [Под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина]. – Москва-Ленинград: Изд-во Академии наук СССР, 1960. – 500 с.
9. Полевая геоботаника (III том): [Под общ. ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагина]. – Москва-Ленинград: Изд-во «Наука», 1964. – 531 с.
10. Коваленко І. М. Структура популяцій домінантів трав'яно-чагарничкового ярусу в лісових фітоценозах Деснянсько-Старогутського національного природного парку. 1. Онтогенетична структура / І. М. Коваленко // Укр. ботан. журн. – 2005 – Т. 62, № 5 – С. 707–714.
11. Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений / Н. В. Глотов // Жизнь популяций в гетерогенной среде. – Йошкар-Ола, 1998. – Кн. 1. – С. 146–149.
12. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3–7.

References

1. Zlobin Y.A. (2009). *Population ecology of plants: current state, points of progress: monograph*. Sumy: Universitetskaya Kniga. 263 (in Russ.).
2. Zlobin Y.A., Sklyar V.G., Klimenko A.A. (2013). *Populations of rare species of plants: theoretical foundations and methodology of study: monograph*. Sumy: Universitetskaya Kniga. 439 (in Russ.).
3. Didukha Y.P. (Ed.). (2009). *The Red Book of Ukraine. Vegetable Kingdom*. Kyiv: Globalkonsalting. 900 (in Ukr.).
4. (1938-1965) *Flora of USSR: in 12 volumes*. Kyiv: Akademiia Nauk URSR. 1-12 (in Ukr.).
5. Karpenko K.K., Rodinka O.S., Vakal A.P. (Eds.) (2002). *Distribution, conservation status and recommendations for protection of rare and endangered plant species in the basin of Psel river in the territory of Sumy and Krasnopillia districts of Sumy region*. Ecological studies of river basins of the Left-Bank Ukraine: Collected works (based on Ukrainian scientific and practical conference, Sumy city, November 11-12, 2002). Sumy: SumSPU named after Makarenko A.S. 144-149 (in Ukr.).
6. Starostenkova M.M. (1978). *Ramson – Allium ursinum L.* Biological Flora of Moscow region (Biologicheskaya Flora Moskovskoi oblasti). 5, 52-61 (in Russ.).
7. Panchenko S.M. (2007). Use of harmless methods of morphometric analysis in case of *Huperzia selago*. *Reserve business in Ukraine (Zapovidna sprava v Ukrainy)*. 13, 106-110. (in Ukr.).
8. Lavrenko E.M., Korchagina A.A. (Eds.). (1960) *Field Geobotany (II volume)*. Moscow-Leningrad: Akademiya Nauk SSSR. 500 (in Russ.).
9. Lavrenko E.M., Korchagina A.A. (Eds.). (1964) *Field Geobotany (III volume)*. Moscow-Leningrad: Nauka. 531 (in Russ.).
10. Kovalenko I.M. (2005). Population structure of grass and subshrub layer in forest phytocenoses of Desniansko-Starohutskiy National Park. 1. Ontogenetic structure. *Ukrainian botanical journal (Ukrainskyi botanichnyi zhurnal)*. 5, 707-714 (in Ukr.).
11. Glotov N.V. (1998). On estimation of age structure parameters of plant populations. *Life of Populations in Heterogeneous Environment (Zhizn populyatsiy v geterogenoy sredy)*. Yoshkar-Ola. 1, 146-149 (in Russ.).
12. Zhivotovskiy L.A. (2001). Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations. *Ecology (Ekologiya)*. 1, 3-7 (in Russ.).

Summary. Kholodkov O. V. Ontogenetic Structure of *Allium ursinum* Populations in the Territory of Sumy Geobotanical Region.

Introduction. Since most of species exist in nature as populations, maintenance of biodiversity and phytodiversity, as its compound, assumes particular importance, specifically at population level. Thereby, there is an urgent need to conduct integrated phytopopulation researches with one of priority

goals to study rare and endangered species as the weakest phytocenosis point. In its turn, evaluation of ontogenetic structure of their cenopopulations is usually a significant part of integrated population analysis of these plants.

Purpos.e Aim of the paper was to find out ontogenetic structure of *Allium ursinum* cenopopulations in various phytocenoses of Sumy geobotanical region.

Methods. We studied six *Allium ursinum* cenopopulations, located in the territory of Sumy geobotanical region within following plant aggregations: No. 1 (П1) – in *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, No. 2 (П2) – *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, No. 3 (П3) – *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, No. 4 (П4) – *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)*, No. 5 (П5) – *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, No. 6 (П6) – *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso(redivivae)–urticosum (dioici)*.

A share of ramets of different ontogenetic states was determined in *Allium ursinum* cenopopulations under study.

Results. It was established that all investigated *Allium ursinum* cenopopulations are strictly divided in two groups according to representation in spectra of plants of various ontogenetic states. The first group is formed by cenopopulations from *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)* aggregations. They are characterized by prevalence of total share of (at the rate of 57.89–93.62%) beforegenerative individuals. The second group includes cenopopulations from *Urticetum (dioici)–alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis) – Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso(redivivae)–urticosum (dioici)* aggregations. Prevalence of total share of (at the rate of 73.14–79.18%) generative and appearance of senile (at the rate of 2.64–4.12%) ramets are typical for them. A very small amount of seedlings is a distinctive feature of cenopopulation from *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)* aggregation. On the contrary, specific weight of seedlings in cenopopulations from *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* aggregation is considerable (12.33%), juvenile plants constitute a significant part as well (55.88%).

Ontogenetic spectrum of *A. ursinum* cenopopulations from *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)* aggregation displays bimodality, but after all, the clearly defined maximum of juvenile plants (55.88%) creates grounds to refer it to sinistral ones. Ontogenetic spectra of cenopopulations from *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)* aggregations are sinistral as well. Ontogenetic spectra of cenopopulations from *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)* aggregations represent centered category.

Evaluation results of *A. ursinum* cenopopulation ontogenetic structure prove that *Allium ursinum* cenopopulations from *Fraxineto (excelsioris)–Acereto (platanoiditis)–Quercetum (roboris) franguloso (alni)–aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)–Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)–urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)–Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)–stellariosum (holosteaе)* aggregations have aging index value equal to 0%, as well as quite high values of generativity index (6.38–42.11%) and high (18.67–93.62%) values of recoverability index. In total, all these four *Allium ursinum* cenopopulations have age index value equal to 0.

At the same time *Allium ursinum* cenopopulations from *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)–Fraxineto (excelsioris)–Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)–urticosum (dioici)* aggregations have aging index values equal to 2.64% and 4.13% respectively; and the highest values of generativity index (79.18% and 73.14%); but recoverability index values in these two cenopopulations are the lowest ones (18.18% and 22.73%). Age index values in these *Allium ursinum* cenopopulations equal to

0.15 and 0.18 respectively. Correlation of Δ/ω in *Allium ursinum* cenopopulations under study stands out for quite a considerable variation: from 0.06/0.21 to 0.25/0.67 (table 2).

In general, *Allium ursinum* cenopopulations are not notable for high diversity regarding their belonging to certain groups according to ontogenetic structure characteristics. Although, we applied various approaches to determine cenopopulation types, they represented only one or two groups within each classification. Thus, our records showed that according to T.O. Rabotnov classification cenopopulations were: invasive - from *Fraxineto (excelsioris)*–*Acereto (platanoiditis)*–*Quercetum (roboris) franguloso (alni)*–*aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)*–*Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)*–*urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Tilieto (cordatae)*–*Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Tilieto (cordatae)*–*Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)*–*stellariosum (holostea)* aggregations, and normal - from *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Fraxineto (excelsioris)*–*Quercetum (roboris) lunarioso(redivivae)*–*urticosum (dioici)* aggregations. According to L. O. Zhukova classification all *Allium ursinum* cenopopulations represent normal group, and according to L. V. Zhyvotovskiy classification cenopopulations turned out to be: young – from *Fraxineto (excelsioris)*–*Acereto (platanoiditis)*–*Quercetum (roboris) franguloso (alni)*–*aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)*–*Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)*–*urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Tilieto (cordatae)*–*Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Tilieto (cordatae)*–*Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)*–*stellariosum (holostea)* aggregations; and maturing – from *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Fraxineto (excelsioris)*–*Quercetum (roboris) lunarioso(redivivae)*–*urticosum (dioici)* aggregations.

Originality. For the first time we conducted integrated phytopopulation researches of *Allium ursinum* cenopopulations in Sumy geobotanical region.

Conclusion. Diversity of ontogenetic spectra is a typical feature of *Allium ursinum* cenopopulations within the study region. In our opinion, such diversity is a result of fact that *Allium ursinum* cenopopulations grow in various ecological and coenotic conditions (from well-moistened, rich on organic matter beam bottoms to areas with primary succession changes in places of final felling operations). Generalized integrated evaluation of ontogenetic structure characteristics of *Allium ursinum* cenopopulations was conducted with the use of classical and latest approaches. It proved objectively that active recovery processes and intense penetration into forest aggregations were typical for them. Two cenopopulations make an exception. The first one is from *Urticetum (dioici) alliosum (ursini)* aggregation that was formed in the place of two-year final felling operations. Tree layer is completely destroyed and active succession changes occur here. The second one is from *Acereto (platanoiditis)*–*Fraxineto (excelsioris)*–*Quercetum (roboris) lunarioso (redivivae)*–*urticosum (dioici)* aggregation. It is the territory of public botanic preserve “Bannyi Yar”, where *Lunaria rediviva* L. has become dominant in grass and subshrub layer in the preserve environment. Thereafter, a significant increase of *Allium ursinum* representation in composition of late spring ephemeral synusia can happen in four of six cenopopulations under study (in *Fraxineto (excelsioris)*–*Acereto (platanoiditis)*–*Quercetum (roboris) franguloso (alni)*–*aegopodiosum (podagrariae)*, *Fraxineto (excelsioris)*–*Aceretum (platanoiditis) coryloso (avellanae)*–*urticosum (dioici)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Tilieto (cordatae)*–*Quercetum (roboris) aegopodiosum (podagrariae)*, *Acereto (platanoiditis)*–*Tilieto (cordatae)*–*Quercetum (roboris) aegopodioso (podagrariae)*–*stellariosum (holostea)* aggregations) during next 3-5 years.

The prospect of further scientific researches lies in application of morphometric and vitality analyses to *Allium ursinum*, aimed at determination of dimension parameters and vitality level of plants and cenopopulations of this species.

Key words: *Allium ursinum*, cenopopulation, Sumy geobotanical region, ontogenetic structure, ontogenetic spectra.

Сумський національний аграрний університет

Одержано редакцією 09.01.2016
Прийнято до публікації 15.05.2017

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ НАДНИРКОВИХ ЗАЛОЗ ЩУРІВ ХВОРИХ НА КАРЦИНОСАРКОМУ УОКЕРА W-256

У статті розглядаються особливості гістологічних змін в клубочковій, пучковій і сітчастій зонах коркової речовини та мозковій речовині надниркових залоз у щурів з трансплантованою карциносаркомою Уокера W-256 під впливом цитостатичних препаратів. Проведено порівняльний аналіз структур наднирників контрольних тварин та щурів з трансплантованою карциносаркомою Уокера W-256 під впливом цитостатичних препаратів.

Ключові слова: наднирники, клубочкова, пучкова і сітчаста зони коркової речовини, мозкова речовина, карциносаркома Уокера W-256, цитостатичні препарати.

Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій. На сучасному етапі морфологія має багато робіт, які відображають різноманітність будови надниркових залоз при різних патологічних станах [1,2], а також увага приділяється дослідженням цитостатичних препаратів при лікуванні багатьох хвороб, в тому числі і онкологічних патологій [3]. Можна передбачити, що ці протипухлинні препарати можуть призвести до порушення морфології та функції наднирників. Недостатнє висвітлення в літературі питань побічної дії протипухлинних препаратів, їх шкідливого впливу на ендокринну систему, а саме на наднирники, коркова речовина яких - найважливіша ділянка життєзабезпечення людини в звичайних умовах і в умовах адаптації до різноманітних стресів [4] і зумовило вибір напрямку дослідження.

Мета статті з'ясувати морфо-функціональні зміни у надниркових залозах щурів хворих на карциносаркому Уокера W-256 під впливом цитостатичних препаратів.

Матеріал та методи

Об'єктом для вивчення зміни морфофункціонального стану наднирників щурів з перевитою карциносаркомою Уокера W-256 під впливом дії протипухлинних препаратів були білі безпородні лабораторні щури масою 100-120 гр. Всі щури знаходилися у віварії в однакових умовах: (освітлення, температура, годування). Усі тварини були поділені на дві групи:

1. Контрольна група – тварини з перевитою карциносаркомою Уокера W-256.

2. Піддослідна група щурів, хворих на карциносаркому Уокера W-256, що отримувала цитостатичні препарати.

Ця група поділялась на 4 підгрупи:

2.1 тварини, що отримували метотрексат (МТ);

2.2. тварини, що отримували 5-фторурацил (5-ФУ);

2.3. тварини, що отримували циклофосфан (ЦФ);

2.4. тварини, що отримували комбіновані препарати: (МТ+5-ФУ+ ЦФ).

Перевивочним матеріалом для трансплантації була пухлина – карциносаркома Уокера W-256. У роботі використовували протипухлинні препарати метотрексат (МТ), 5-фторурацил (5-ФУ) та циклофосфан (ЦФ) [6,7].

Піддослідним щурам вводили препарати за схемами: МТ – 0,013 мг через тиждень (всього три ін'єкції) у м'язи задньої кінцівки, 5-ФУ – по 10-15 мг/кг в день. ЦФ – 0,18 мг через тиждень в черевну порожнину. Дозу ін'єкції розраховували в мг/м² поверхні тіла за формулою: $Дм^2 = Д \text{ мг/кг} \times К$, де $Дм^2$ - доза в міліграмах на 1 метр поверхні тіла;

Д мг/кг – доза в міліграмах на кілограм маси тіла; К – коефіцієнт, для дорослого організму = 37, для молодого = 25 [5,8].

Проводили гістологічні, гістохімічні та морфометричні дослідження гістологічного матеріалу надниркових залоз контрольних і піддослідних тварин. Шматочки досліджуваних органів були зафіксовані в рідині Буена з подальшою заливкою матеріалу в парафін. Серійні фронтальні зрізи товщиною 4-5 мкм готували на ротаційному мікромомі. Для приготування оглядових гістологічних препаратів зрізи залоз фарбували гематоксиліном і еозином, залізним гематоксиліном і суданом 3.

У надниркових залозах контрольних і піддослідних щурів вимірювали товщину клубочкової, пучкової і сітчастої зон коркової речовини та товщину мозкової речовини. Отримані дані обробляли за допомогою методів варіаційної статистики.

Результати та обговорення

В наднирниках піддослідних щурів, які отримували метотрексат, виявили, що морфофункціональний стан та топографія клітин різних зон цих органів зазнали незначних змін у порівнянні з контрольними тваринами. Висота коркової речовини зменшується і становить 507,2 мкм, замість 623,4 мкм., $p < 0,05$. Висота клубочкової зони наднирників піддослідних щурів становить $49,1 \pm 0,8$ мкм, а у контрольних щурів – $55,7 \pm 1,4$ мкм відповідно, $p < 0,05$. Дослідження виявили, що найбільших змін зазнала пучкова зона. Її висота у контрольних щурів становить $459,0 \pm 2,1$ мкм, а під дією препарату цей показник змінюється до $360,3 \pm 0,2$ мкм., $p < 0,05$. У піддослідних щурів клітини пучкової зони розміщені у пучках без певної послідовності, а кількість ядер в клітинах зменшується. Клітини цієї зони у контрольних щурів утворюють довгі пучки, що орієнтовані перпендикулярно до поверхні, багаті на ядра та кровоносні судини. Судини наднирників піддослідних щурів знаходяться в гіперемірованому стані. У щурів, яких лікували цитостатичним препаратом, ліпідні включення в клітинах пучкової зони майже зникають і тому, можна передбачити, що ця зона синтезує набагато менше глюкокортикоїдів, які впливають на обмін вуглеводів, білків, жирів в організмі, а також на кровотворні органи. У більшості клітин контрольних щурів цитоплазма світла через наявність в ній великої кількості ліпідних включень - зрілих гормонів або їх попередників. Клітини сітчастої зони у наднирниках піддослідних груп тварин менші за розмірами, ніж у сітчастій зоні контрольних щурів. Про це свідчить висота сітчастої зони піддослідних тварин – $97,8 \pm 1,6$ мкм, а висота цієї ж зони контрольних щурів – $108,7 \pm 1,6$ мкм., $p < 0,05$.

У мозковому шарі у піддослідних щурів кількість синусоїдних капілярів зменшується, що можливо впливає на роботу клітин, які синтезують адреналін та норадреналін (гормони стресу), товщина у піддослідних тварин становить $96,7 \pm 1,3$ мкм, у порівнянні з контрольними щурами $111,1 \pm 7,94$ мкм., $p < 0,05$.

Дослідження наднирників піддослідних щурів виявили, що під впливом 5-фторурацилу зони коркової речовини набагато зменшились у порівнянні з контрольними щурами. Висота коркової речовини зменшується і становить 490,4 мкм, замість 623,4 мкм., $p < 0,05$. Під дією 5-фторурацилу висота клубочкової зони піддослідних щурів зменшилась до $45,0 \pm 1,6$ мкм, а в контрольних щурів висота цієї зони становила $55,7 \pm 1,4$ мкм., $p < 0,05$. Висота пучкової зони також суттєво зменшилась і становила $360,3 \pm 4,3$ мкм, а у контрольних щурів – $459,0 \pm 2,1$ мкм відповідно, $p < 0,05$. Клітини цієї зони у піддослідних тварин розташовувались не пучками, а більш хаотично та майже повністю втрачали ядра. Під час фарбування суданом 3, у пучковій зоні піддослідних щурів майже не виявилось ліпідних включень, що свідчить про уповільнений синтез глюкокортикоїдів. Сітчаста зона наднирників під впливом 5-фторурацилу також зазнала значних змін. Висота зони у піддослідних тварин становила $85,1 \pm 1,2$ мкм, а в контрольних щурів – $108,7 \pm 1,6$ мкм., $p < 0,05$.

Кількість судин у кірковій речовині експериментальних тварин суттєво зменшилась. Висота мозкової речовини наднирників піддослідних тварин становила

93,4±2,2 мкм. У контрольних щурів цей показник вищий і становив 111,1±7,94 мкм., $p < 0,05$.

Дослідження наднирників піддослідних щурів виявили, що під впливом циклофосфану також змінилися зони коркової речовини, у порівнянні з контрольними щурами. Висота коркової речовини зменшується і становить 388,6 мкм, замість 623,4 мкм., $p < 0,05$. Під дією циклофосфану висота клубочкової зони піддослідних щурів зменшилась до 36,7±2,3 мкм., а в контрольних щурів висота цієї зони становила 55,7±1,4 мкм., $p < 0,05$. Товщина пучкової зони також суттєво зменшилась і становила 268,1±5,4 мкм, а у контрольних щурів – 459,0±2,1 мкм відповідно., $p < 0,001$. Клітини цієї зони у піддослідних тварин розташовувались не пучками, а більш хаотично та майже повністю втрачали ядра. Під час фарбування суданом 3, в пучковій зоні піддослідних щурів майже не виявилось ліпідних включень, що також свідчить про уповільнений синтез глюкокортикоїдів. Сітчаста зона наднирників під впливом циклофосфану також зазнала значних змін. Висота зони становила 73,8±1,6 мкм, а в контрольних щурів – 108,7±1,6 мкм., $p < 0,05$. Кількість судин у кірковій речовині експериментальних тварин суттєво зменшилась.

Товщина мозкової речовини наднирників піддослідних тварин становила 86,7±3,3 мкм. У контрольних щурів цей показник вищий і становив 111,1±7,94 мкм., $p < 0,05$.

Дослідження наднирників піддослідних щурів, які лікувалися під дією комплексного використання препаратів: метотрексату, 5-фторурацилу та циклофосфану виявили, що морфофункціональний стан та топографія клітин різних зон цих органів зазнали значних змін у порівнянні з контрольними тваринами. Висота кіркової речовини зменшується і становить 469,9 мкм, замість 623,4 мкм., $p < 0,05$.

Висота клубочкової зони наднирників піддослідних щурів зменшується і становить 42,1±1,8 мкм, а у контрольних щурів – 55,7±1,4 мкм відповідно, $p < 0,05$. Наші дослідження виявили, що пучкова зона також зазнала змін. Її висота у контрольних щурів становить 459,0±2,1 мкм, а під дією комбінованого впливу препарату цей показник змінюється до 347,3±3,8 мкм., $p < 0,05$.

У піддослідних щурів клітини пучкової зони розміщені не пучками, а більш хаотично та майже повністю втрачали ядра. Під час фарбування суданом 3, у пучковій зоні піддослідних щурів майже не виявилось ліпідних включень, що свідчить про уповільнений синтез глюкокортикоїдів.

Судини наднирників піддослідних щурів знаходились в гіперемірованому стані. У щурів, яких лікували цитостатичним препаратом, ліпідні включення в клітинах пучкової зони майже зникають і тому ця зона синтезує набагато менше глюкокортикоїдів, які впливають на обмін вуглеводів, білків, жирів в організмі, а також на кровотворні органи.

Клітини сітчастої зони у наднирниках піддослідних груп тварин суттєво менші за розмірами, ніж у сітчастій зоні контрольних щурів. Про це свідчить висота сітчастої зони піддослідних тварин – 80,5±1,3 мкм, а висота цієї ж зони контрольних щурів – 108,7±1,6 мкм., $p < 0,05$.

У мозковому шарі у піддослідних щурів кількість синусоїдних капілярів зменшується, що впливає на роботу клітин, які синтезують адреналін та норадреналін (гормони стресу).

Товщина мозкової речовини наднирників піддослідних тварин становила 91,3±2,5 мкм. У контрольних щурів цей показник вищий і становив 111,1±7,94 мкм., $p < 0,05$.

Таблиця 1.

Середні показники товщини коркової і мозкової речовин наднирників контрольних щурів і щурів, що лікувалися метотрексатом (МТ), 5-фторурацилом (5-ФУ), циклофосфаном (ЦФ), та їх комбінацією (МТ+5-ФУ+ЦФ)

Група тварин	Товщина кіркової речовини наднирників, Мкм±m						Товщина мозкової речовини, мкм±m	P
	Клубочкова зона	P	Пучкова зона	P	Сітчаста зона	P		
1.Контрольні щури	55,7±1,4	p < 0,05 p < 0,05	459,0±2,1	p < 0,05 p < 0,05	108,7± 1,6	p < 0,05 p < 0,05	111,1±7,94	p < 0,05 pp < 0,05
2.Піддослідні щури, що отримували МТ	49,1±0,8		360,3±0,2		97,8± 1,6		96,7±1,3	
2.Піддослідні щури, що отримували 5-ФУ	45,0±1,6		360,3±4,3		85,1± 1,2		93,4±2,2	
Піддослідні щури, що отримували ЦФ	36,7±2,3		268,1±5,4		73,8± 1,6		86,7±3,3	
Піддослідні щури, що отримували (МТ+ЦФ+5-ФУ)	42,1±1,8		347,3±3,8		80,5± 1,3		91,3±2,5	

Висновки

Наші дослідження виявили, що діяльність наднирників під впливом цитостатичних препаратів знижується: ліпідні включення в клітинах пучкової зони майже зникають, ця зона синтезує менше глюкокортикоїдів, а у мозковій зоні знижується секреція адреналіну та норадреналіну. Найбільші зміни в наднирниках піддослідних щурів спостерігалися у пучковій зоні, найменші – у клубочковій. Всі ці данні дають підставу вважати, що застосування хіміопрепаратів негативно впливає на морфофункціональний стан надниркових залоз і викликає патологічні зміни її функціональної активності.

Література

1. Андибура Н.Ю. Морфофункціональний стан надниркових залоз при накопиченні сполук свинцю в організмі та за умов дії фармакологічних коригуючих засобів 2005 року: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук. / Андибура Н.Ю; Крим. держ. мед. ун-т ім. С. І. Георгієвського. – Сімферополь, 2005. – 21 с.
2. Шакало О. Б. Дослідження змін в ендокринних залозах щурів після хіміотерапії: / О. Б. Шакало, В. Д. Кошелева, О. Б. Спринь, С. В. Кушніренко// Фальцфейнівські читання. Збірник наукових праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2011. – С. 151-152.
3. Шмалько Ю.П. О состоянии мозкового вещества надпочечников при развитии экспериментальных опухолей / Ю.П.Шмалько,М.И.Смелкова, В.Б.Винницкий // Экспериментальная онкология. – 1980. – №5. – С.64-67.
4. Лейкок Дж. Ф. Основы эндокринологии: Пер. с англ. / Дж. Ф. Лейкок, П. Г. Вайс. – М. : Медицина, 2000. – 429 с.
5. Леонтьева О. В. Молекулярные механизмы множественной лекарственной устойчивости опухолей / О. В. Леонтьева // Антибиотики и химиотерапия. – 1995. – №5. – С. 28–60.
6. Булкина З. П. Противоопухолевые препараты: Справочник / З. П. Булкина. – К. : Наукова думка, 1991. – С.118-125, 263-271.

7. Мальцева В. И. Клиническое испытание лекарств/ В. И. Мальцева. – К.: Морион, 2000. – 352 с.
8. Потебня Г. П. Использование лекарственных препаратов в сверхнизких дозах в онкологии / Г. П. Потебня // Український хіміотерапевтичний журнал. – 2000. – №3. – С. 13–19.

References

1. Andybura, NY (2005). Functional state of the adrenal glands in the accumulation of lead compounds in the body and in terms of pharmacological action of adjustment means. Thesis. Dis. for obtaining Sciences. degree candidate. Of Science 21 (in Ukr.)
2. Shakalo, O.B. (2011). The study of changes in the endocrine glands of rats after chemotherapy. *Faltsfeinivski chytannia. Zbirnyk naukovykh prats. (Valzvein reading. Collected Works.). Kherson. PP Vysheymyrskyu* 151-152 (in Ukr.).
3. Shmalko, Yu. P. (1980). About status of brain substance adrenal duarin develop of tumors. *Экспериментална onkoloziya (Experimental Oncology)* 5,64-67. (in Rus.).
4. Laycock, J. F. (2000). Fundamentals endokrynolohyy 429. (in Rus.).
5. Leontieva, A. V. (1980). Mechanisms of drugs stability of tumors. *Antybyotyky y khymyoterapyya (Antibiotics and chemistrytherapy)* 5, 28–60. (in Rus.).
6. Bulkina, Z. P. (1991). Anticancer drugs: dictionary 118-125, 263-271. (in Rus.).
7. Maltsev, V. I. (2000). Clinical trial of drugs. 352. (in Rus.).
8. Potebnya, G. P. (2000). The use of drugs in ultralow doses, in oncologists. *Ukrayinskiy himioterapevtichnyi zhurnal (Ukrainian chemotherapeutic magazine)* 3, 13–19. (in Rus.).

Summary. *Shakalo O. B., Sprin O. B. Study of the adrenal of rat with kartsynosarkoma walker W-256*

Introduction. *Inadequate lighting in the literature for side effects of anticancer drugs and their harmful effects on the endocrine system, namely, the adrenal glands, dictated the choice of research direction.*

Purpose. *Find out morpho-functional changes in the adrenal glands of rats wich sick of the Walker carcinosarcoma W-256 under the influence of the influence of cytotoxic drugs.*

Methods. *The object was white laboratory outbred rats weighing 100-120 g. We used cancersarcoma Woker W–256.*

Results. *In the article was considered the features of histological changes in glomerular, beam and reticular zones of cortex and medulla of the adrenal glands in rats with transplantation kartsynosarkoma Walker W-256 under the influence of cytostatic preparations. Authors conducted a comparative analysis of the adrenalsstructures in the control animals and rats with transplantation kartsynosarkoma Walker W-256 under the influence of cytostatic preparations.*

Originality. *For the first time we we proved that the use of the chemical preparations has had a negative impact on the morphofunctional condition of the adrenal glands and cause pathological changes their functional activity.*

Conclusion. *Our research has shown that the activity of the adrenal glands under the influence of cytostatic preparationsdecreases: the inclusion of lipid in the beam zones cells almost disappear, the zone synthesizes less glucocorticoids, and the brain zone decreases secretion of the adrenaline and the noradrenaline. The greatest changes in the adrenal glands of rats were observed in the beam zone and the least changes were observed in the glomerular.*

Keywords: *adrenals, glomerular, beam and reticular cortex area, cancersarcoma Woker W–256*

Херсонський державний університет

Одержано редакцією 05.01.2017

Прийнято до публікації 15.05.2017

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Андрощук Олег Іванович – аспірант Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Андрусяк Вікторія Володимирівна – студентка 4-го курсу кафедри фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Білоножко Володимир Якович – доктор сільсько-господарських наук, професор кафедри екології та агробіології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Босенко Анатолій Іванович – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри біології і основ здоров'я Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського

Горенко Зоя Анатоліївна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри здоров'я, фітнесу і рекреації, старший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України

Завгородня Вікторія Анатоліївна – аспірант Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Зганяйко Ірина Францівна – директор Черкаського навчально-реабілітаційного центру «Країна добра»

Коваленко Станіслав Олександрович – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Коваль Юлія Володимирівна – аспірант Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Ковельська Антоніна Василівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України

Кожемяко Тетяна Володимирівна – аспірант Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Колосова Олена Вікторівна – молодший науковий співробітник Національного університету фізичного виховання та спорту України

Конограй Володимир Анатолійович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та агробіології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Кравченко Вікторія Іванівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Кудій Людмила Іванівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Куценко Тетяна Василівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Лизогуб Володимир Сергійович – доктор біологічних наук, професор, директор НДІ фізіології імені Михайла Босого, професор кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Лисенко Олена Миколаївна – доктор біологічних наук, професор Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України, завідувач лабораторії теорії і методики спортивної підготовки та резервних можливостей спортсменів

Макаренко Микола Васильович – доктор біологічних наук, професор кафедри авіаційної і морської медицини та психофізіології Української військово-медичної академії

Макарчук Микола Юхимович – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Мінаєв Борис Пилипович – доктор хімічних наук, професор, соросівський професор, завідувач кафедри якості, стандартизації та органічної хімії Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Назаренко Наталія Володимирівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри біології та біохімії Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Очеретько Борис Євгенович – кандидат наук з фізичного виховання та спорту, старший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України

Пастухова Вікторія Анатоліївна – доктор медичних наук, завідувач кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України

Полторецька Наталія Миколаївна – кандидат сільсько-господарських наук, доцент кафедри рослинництва Уманського національного університету садівництва

Полторецький Сергій Петрович – доктор сільсько-господарських наук, доцент кафедри рослинництва Уманського національного університету садівництва

Рибалко Алевтина Володимирівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Савицький Валерій Леонідович – доктор медичних наук, професор, полковник медичної служби, начальник Української військово-медичної академії

Светлова Олена Дмитрівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри анатомії, фізіології та фізичної реабілітації Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Сосновський Володимир Володимирович – аспірант кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України

Спринь Олександр Борисович – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету

Тайболіна Людмила Олександрівна – старший лаборант лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України

Топчій Марія Сергіївна – аспірант кафедри біології і основ здоров'я Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського

Федорчук Світлана Володимирівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України

Халявка Тетяна Олександрівна – старший науковий співробітник лабораторії теорії і методики спортивної підготовки і резервних можливостей спортсменів Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України

Харченко Дмитро Миколайович – доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри психології Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького

Холодков Олексій Володимирович – аспірант кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету

Шакало Олена Борисівна – аспірант кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету

Юхименко Лілія Іванівна – докторант кафедри фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЗМІСТ

Андрусяк В. В., Кравченко В. І.

Електроенцефалографічні кореляції засвоєння інформації при читанні тексту з паперових та електронних носіїв 3

Босенко А. І., Топчій М. С.

Стан механізмів регуляції серцевого ритму студентів молодших курсів факультету фізичного виховання при виконанні дозованого фізичного навантаження за замкнутим циклом 11

Коваленко С. О., Мінаєв Б. П., Кудій Л. І., Андрощук О. І., Завгородня В. А.

Відтворюваність характеристик коливань частоти серцевих скорочень та ударного об'єму крові у чоловіків 19

Кожемяко Т. В.

Індивідуальні нейрофізіологічні та вегетативні механізми переробки інформації особами з різною функціональною рухливістю нервових процесів..... 24

Конограй В. А.

Екологічний менеджмент території Кременчуцького водосховища в системі оптимізації її рослинного покриву 32

Куценко Т. В.

Міжпівкульне перенесення інформації при виконанні складного тесту Струпа із залученням просторової ознаки у правшів і лівшів..... 37

Лизогуб В. С., Макарчук М. Ю., Юхименко Л. І.,**Зганяйко І. Ф., Коваль Ю. В., Харченко Д. М.**

Функціональна реорганізація зоровомоторних реакцій різного ступеня складності в осіб з депривацією слуху 48

Лисенко О. М., Горенко З. А., Ковельська А. В., Тайболіна Л. О.,**Очеретько Б. Є, Федорчук С. В., Колосова О. В., Халявка Т. О.**

Критерії оцінки функціонального потенціалу спортсменів з різним стажем спортивної підготовки..... 56

Макаренко М. В., Савицький В. Л., Лизогуб В. С.

Типологічні властивості вищих відділів центральної нервової системи і успішність льотного навчання 66

Назаренко Н. В.

Вміст рутину в чайній продукції та його вплив на здоров'я людини..... 72

Полторецький С. П., Білоножко В. Я., Полторецька Н. М.

Агроекологічні умови формування врожайності та якості насіння проса 76

Rybalko A. V.

Effect of different modes of ophthalmic photo-stimulation on functional state of cardiovascular system 83

Svietlova O. D. Synthesizing of discriminant models to assess the health of children depending on morphofunctional parameters of body	90
Сосновський В. В., Пастухова В. А. Адаптація організму людини до гіпоксії	97
Холодков О. В. Онтогенетична структура популяцій <i>Allium ursinum</i> L. на території Сумського геоботанічного округу	107
Шакало О. Б., Спринь О. Б. Дослідження стану надниркових залоз щурів хворих на карциносаркому уокера W-256	116
Відомості про авторів	121

CONTENT

Andusiak V. V., Kravchenko V. I. EEG correlates of effective assimilation of information in conditions of reading it from different carriers	3
Bosenko A. I., Topcii M. S. The State of the heart rate regulation mechanisms of junior students of the Physical Training Department in the application of dosed physical loading in closed cycle	11
Kovalenko S. O., Miniev B. P. Kudii L. I., Androshchuk O. I., Zavhorodnia V. A. Reproducibility of oscillation characteristics of heart rate and stroke volume in men	19
Kozhemyako T. V. Individual neurophysiological and vegetative mechanisms of information processing of individuals with various functional mobility of nervous processes.....	24
Konogray V. A. The environmental management of Kremenchug reservoir area in the system to optimize its vegetation	32
Kutsenko T. Interhemispheric transfer of information in performance complex Stroop test involving spatial properties by right- and left-handers	37
Lyzohub V., Makarchuk M., Yukhymenko L., Zganyaiko I., Koval J., Kharchenko D. Functional organization of visual-motor reactions of the different complexity levels in persons with auditory deprivation	48
Lysenko O. N., Gorenko Z. A., Kovelska A. V., Taybolina L. O., Ocheretko E. B., Fedorchuk S. V., Kolosova O. V., Khalyavka T. O. Criteria for evaluation functional capacity of athletes from various sports training and of experience	56
Makarenko M. V., Savitsksy V. L., Lizohub V. S. Typological properties of higher central nervous system and success at flying training	66
Nazarenko N. V. The Content of Rutin in Tea Production and its Impact on the Human Body	72
Poltoretskyi S. P., Bilonozhko V. Y., Poltoretska N. M. Agroecological conditions of formation of yield and seed quality millet.....	76
Rybalko A. V. Effect of different modes of ophthalmic photo-stimulation on functional state of cardiovascular system.....	83

Svietlova O. D. Synthesizing of discriminant models to assess the health of children depending on morphofunctional parameters of body	90
Sosnowskiy V. V., Pastukhova V. A. Adaptation of human organism to hypoxia	97
Kholodkov O. V. Ontogenetic Structure of <i>Allium ursinum</i> Populations in the Territory of Sumy Geobotanical Region	107
Shakalo O. B., Sprin O. B. Study of the adrenal of rat with kartsynosarkoma walker w-256	116
Information about authors	121

**ВІСНИК
ЧЕРКАСЬКОГО
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія біологічні науки
№ 1. 2017

Відповідальний за випуск
Лизогуб В. С.

Відповідальний секретар:
Черненко-Курагіна Н. П.

Комп'ютерне верстання
Любченко Л. Г.

Підписано до друку 16.05.2017.
Формат 84x108/16. Папір офсет. Друк офсет. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 12. Обл. вид. арк. 11,7.
Замовлення № 56. Тираж 300 прим.

Бізнес-інноваційний центр
Черкаського національного університету ім. Богдана Хмельницького
18000, Україна, м. Черкаси, бульвар Шевченка, 205.
тел.: (0472) 32-93-05

Свідоцтво про внесення до державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК №3427 від 17.03.2009 р.