

ISSN Online 2786-8478
ISSN Print 2786-846X

Міністерство освіти і науки України

Ніжинський
державний університет
імені Миколи Гоголя

**Наукові
записки.
Біологічні
науки**

(Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя)

№ 4



Ніжин – 2024

НАУКОВІ ЗАПИСКИ. БІОЛОГІЧНІ НАУКИ
(Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор: Шейко Віталій Ілліч, доктор біологічних наук, професор кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Заступник головного редактора: Кучменко Олена Борисівна, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Відповідальний секретар: Гавій Валентина Миколаївна, кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ:

Процькув Я., доктор габілітований, професор, департамент біології рослин, Інститут біології оточуючого середовища, факультет біології та наук про тварин, Університет природничих наук (м. Вроцлав, Польща).

Вержольська С., доктор філософії, департамент біології рослин, Інститут біології оточуючого середовища, факультет біології та наук про тварин, Університет природничих наук (м. Вроцлав, Польща).

Тулкан К., доктор габілітований, професор, факультет інженерії та прикладних технологій, Університет наук про життя «Король Михайло I» (м. Тімішоара, Румунія).

Гюрбюз М. Ф., доктор філософії, доцент, департамент біології, факультет науки та мистецтв, Університет Сулеймана Деміреля (м. Іспарта, Туреччина).

Давіташвілі Магда, доктор біологічних наук, професор, факультет аграрних, природничих наук і технологій, програмний координатор відділу забезпечення якості, Телавський державний університет (м. Телаві, Грузія).

Дерека Т. Г., доктор педагогічних наук, професор Тренчанського університету імені Олександра Дубчека (м. Тренчин, Словачка республіка).

Весельський С. П., доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Інститут високих технологій, Київський національний університет імені Тараса Шевченка (м. Київ, Україна).

Кур'ята В. Г., доктор біологічних наук, професор кафедри біології Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (м. Вінниця, Україна).

Омельчук О. В., кандидат педагогічних наук, доцент кафедри здоров'язбережувальної освіти та фізичної рекреації Українського державного університету імені Михайла Драгоманова (м. Київ, Україна).

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 582 від 24.04.2024 (додаток 2) науковий журнал «Наукові записки. Біологічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя) внесений до переліку **наукових фахових видань України (категорії «Б»)** у галузі біологічних наук (091 «Біологія та біохімія»).

Наукове видання з біологічних наук, засноване у 2023 році Ніжинським державним університетом імені Миколи Гоголя. Свідоцтво про реєстрацію КВ № 25398-15338 Р від 20.01.2023 р.

Періодичність: 4 рази на рік.

Зареєстрований Національною радою України з питань телебачення та радіомовлення (рішення № 1180, протокол № 13 від 11.04.2024 р., ідентифікатор медіа R30-03790).

Національною бібліотекою України імені В.І. Вернадського прийнято на репозитарне зберігання номери наукового журналу «Наукові записки. Біологічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя), які представлені на порталі в інформаційному ресурсі «Наукова періодика України».

Рекомендовано Вченою радою Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Протокол № 6 від 26.12.2024 р.

НЗ4 Наукові записки. Біологічні науки (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя) / за заг. ред. В. І. Шейко. – Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2024. – № 4. – 76 с.

Адреса видавництва: вул. Воздвиженська, 3^А, м. Ніжин, Чернігівська обл., Україна, 16600.
Тел.: (04631) 7–19–72
E-mail: vidavn_ndu@ukr.net, www.ndu.edu.ua

Адреса сайту журналу у друкованій версії: <http://lkr.ndu.edu.ua/index.php/bn>

Верстка та макетування – **О. В. Борщ**
Дизайн обкладинки – **В. М. Косяк**

Підписано до друку 05.03.2025 р.
Гарнітура Arial
Замовлення №

Формат 60x84/8
Обл.-вид. арк. 6,3
Ум. друк. арк. 9,41

Папір офсетний
Тираж 100 пр.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 2137 від 29.03.05 р.

НДУ імені Миколи Гоголя, м. Ніжин, вул. Воздвиженська, 3^А

© В. І. Шейко, головний редактор, 2024
© НДУ ім. М. Гоголя, 2024

ISSN Online 2786-8478

ISSN Print 2786-846X

Ministry of Education and Science of Ukraine

**Nizhyn Mykola Gogol
State University**

Research Notes. biology research

**(Nizhyn Mykola Gogol
State University)**

ISSUE 4



Nizhyn – 2024

Research Notes. Biology Research (Nizhyn Mykola Gogol State University)

EDITORIAL BOARD:

Editor-in-Chief: Sheiko Vitaliy, Doctor of Biological Science, Professor, Professor at the Department of Biology of Nizhyn Mykola Gogol State University.

Deputy Editor-in-Chief: Kuchmenko Olena, Doctor of Biological Science, Professor, Head of the Department of Biology of Nizhyn Mykola Gogol State University.

Executive Secretary: Havii Valentyna, Candidate of Biological Science, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Biology of Nizhyn Mykola Gogol State University.

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Proćków Jarosław, Dr hab., prof. UPWr., Department of Plant Biology, Institute of Environmental Biology, Faculty of Biology and Animal Science, Wrocław University of Environmental and Life Sciences (Wrocław, Poland).

Wiercholska Sylwia, Dr, Department of Plant Biology, Institute of Environmental Biology, Faculty of Biology and Animal Science, Wrocław University of Environmental and Life Sciences (Wrocław, Poland).

Tulcan Camelia, Dr. hab., Professor, Faculty of Engineering and Applied Technologies, University of Life Sciences "King Michael I" from Timisoara (Timisoara, Romania).

Gürbüz Mehmet Faruk, PhD, Assistant Professor, Süleyman Demirel University, Arts and Science Faculty, Biology Department, Isparta (Isparta, Turkey).

Davitashvili Magda, Doctor of Biological Sciences, Professor at the faculty of Agrarian, Natural Sciences and Technologies, Program Coordinator of Quality Assurance Office, Iakob Gogebashvili Telavi State University (Telavi, Georgia).

Dereka Tetiana, Doctor of Pedagogical Science, Professor at the Faculty of Healthcare, Alexander Dubcek University of Trencin (Trencin, Slovak Republic).

Veselskiy Stanislav, Doctor of Biological Science, Senior Research Fellow at the Educational and Scientific Institute of High Technologies, Taras Shevchenko National University of Kyiv, (Kyiv, Ukraine).

Kuryata Volodymyr, Doctor of Biological Science, Professor, Professor at the Department of Biology of Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University (Vinnytsia, Ukraine).

Omelchuk Olena, Candidate of Pedagogical Science, Associate Professor, Associate Professor at the Department of health education and physical recreation of Dragomanov Ukrainian State University (Kyiv, Ukraine).

Journal "Research Notes. Biology Research (Nizhyn Mykola Gogol State University)" is included in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine (category "B") in biology. Subject area: 091 Biology and Biochemistry pursuant to the Order of the MES of Ukraine dated 24.04.2024 № 582 (annex 2).

Scientific publication in biological sciences, founded in 2023 by Nizhyn Mykola Gogol State University. Certificate of registration – KV No. 25398-15338 R dated January 20, 2023.

Frequency: 4 times a year.

Registration of Print media entity: Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine: Decision No. 1180, protocol No.13 as of 11.04.2024, media identifier R30-03790.

The National Library of Ukraine named after V.I. Vernadsky accepted for repository issues of the scientific publication "Research Notes. Biological Sciences" (Nizhyn Mykola Gogol State University), which are presented on the portal in the information resource "Scientific Periodicals of Ukraine".

The Collection is approved by Scientific Board of Nizhyn Mykola Gogol State University
Record № 6 of December 26, 2024.

N34 Research Notes. Biology Research (Nizhyn Mykola Gogol State University) / ed. V. I. Sheiko. Nizhyn: Mykola Gogol NSU, 2024. № 4. 76 p.

Publisher's address: 3^A Vozdvyzhenska Str., Nizhyn, Chernihiv Oblast,
Ukraine, 16600
Tel.: (04631) 7–19–72
E-mail: vidavn_ndu@ukr.net, www.ndu.edu.ua

The website address of the magazine in the print version: <http://lcp.ndu.edu.ua/index.php/bn>

Page making: **O. V. Borshch**
Cover design: **V. M. Kosiak**

Signed to print 05.03.2025 p.
Typeface Arial
Order №

Format 60x84/8
publisher's signature 6,3
press sheet 9,41

offset paper
print run 100

Certificate of the Publishing Subject
DK 2137 Dated March 29, 2005

Mykola Gogol NSU, Nizhyn, 3^A Vozdvyzhenska Str.

© Vitaliy Sheiko, Editor-in-Chief, 2024
© Mykola Gogol NSU, 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАУКОВІ ЗАПИСКИ. БІОЛОГІЧНІ НАУКИ
(Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя)

Науковий журнал

Наукові записки. Біологічні науки, № 4, 2024 рік

ЗМІСТ

БОТАНІКА

Левчик Н. Я., Горбенко Н. Є., Заячук В. Я., Заїменко Н. В.

Манцинелове дерево *Hippomane mancinella* L. (Euphorbiaceae Juss.) –
найнебезпечніше дерево у світі..... 7

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Приплавко С. О., Гавій В. М., Кучменко О. Б., Шейко В. І.

Показники росту та врожайності буряка столового за передпосівної обробки
насіння метаболічно активними речовинами..... 23

БІОХІМІЯ

Осипчук Р. П., Кучменко О. Б. Вміст вторинних метаболітів в листі

винограду, квітках робінії, насінні базилика та зернах пшениці 32

НОРМАЛЬНА І ПАТОЛОГІЧНА АНАТОМІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

Dolzhenko Yu. V. Intergroup Variation Range of Craniological Features
in Males from Chernihiv-Sivershchyna Region in the 17th–19th Centuries43

Казначеев Д. А., Шейко В. І. Вплив регулярних занять спортом на
показники центральної гемодинаміки у юнаків з вродженими вадами зору51

Кучменко О. Б., Шейко В. І., Мхітарян Л. С., Гавій В. М. Огляд
досліджень ефективності магнітно-резонансної томографії
для вимірювання черепа людини60

CONTENTS

BOTANY

- Levchyk N., Horbenko N., Zayachuk V., Zaimenko N.** Manchineel tree *Hippomane mancinella* L. (Euphorbiaceae Juss.), the world's most dangerous tree 7

PLANT PHYSIOLOGY

- Pryplavko S., Havii V., Kuchmenko O., Sheiko V.** Growth and yield indicators of table beet after pre-sowing seed treatment with metabolic active substances 23

BIOCHEMISTRY

- Levchyk N., Horbenko N., Zayachuk V., Zaimenko N.** Manchineel tree *Hippomane mancinella* L. (Euphorbiaceae Juss.), the world's most dangerous tree 32

NORMAL AND PATHOLOGICAL ANATOMY, PHYSIOLOGY OF HUMANS AND ANIMALS

- Dolzhenko Yu. V.** Intergroup Variation Range of Craniological Features in Males from Chernihiv-Sivershchyna Region in the 17th-19th Centuries..... 43
- Kaznacheev D., Sheiko V.** The influence of regular sports activities on central hemodynamic indicators in young men with congenital visual disorders 51
- Kuchmenko O., Sheiko V., Mkhitaryan L., Havii V.** Review of research on the effectiveness of magnetic resonance imaging for human skull measurement 60

БОТАНІКА

УДК 582.682.1

DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-7-22

Левчик Н. Я

кандидат біологічних наук, науковий співробітник
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ
levchuk.n@ukr.net
orcid.org/0000-0001-8668-8763

Горбенко Н. Є.

кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки,
деревинознавства та недревних ресурсів лісу
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
nata.horbenko@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6053-6582

Заячук В. Я.

кандидат с.-г. наук, доц. кафедри ботаніки,
деревинознавства та недревних ресурсів лісу
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
zayachuk@nltu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-034202482

Заіменко Н.В.

доктор біологічних наук, професор,
член-кор. НАНУ, директор
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ
zaimenkonv@ukr.net
orcid.org/0000-0003-2379-1223

**МАНЦИНЕЛОВЕ ДЕРЕВО *Hippomane mancinella* L. (*Euphorbiaceae* Juss.) –
НАЙНЕБЕЗПЕЧНІШЕ ДЕРЕВО У СВІТІ**

*Робота присвячена узагальненню відомостей про маловідомий унікальний вид рослин родини Euphorbiaceae *Hippomane mancinella* L. (Манцинела). Внаслідок своєї отруйності рослина мало досліджена, не представлена в колекціях ботанічних садів, відсутня достатня інформація про її отруйні властивості та заходи запобігання отруєнню. Занесена до книги рекордів Гіннеса як найотруйніша рослина світу, проте *Hippomane mancinella* була відома з часів Теофраста, описана отруєними членами команди Христофора Колумба у 1493 р., отримала народну назву «яблуко смерті». Рослини розповсюджені в Центральній Америці, на островах Карибського моря, Багамських островах і на півдні до Венесуели та Колумбії, надаючи перевагу приморським пляжам та мангровим хащам. Манцинела зазвичай це однодомний високий кущ або дерево, усі частини якого: листки, кора, квітки, плоди містять тягучий, дуже отруйний молочний сік – характерна ознака усіх молочайних. Сік має сильну подразнюючу дію, викликаючи дерматит, опіки шкіри, офтальміт. Вживання плодів призводить до важкого харчового отруєння, що потребує швидкої медичної допомоги. Подразнююча сила та отруйність*

рослини пов'язана з наявністю високотоксичних компонентів: алкалоїду фізостигміну, сапогеніну, синильної кислоти, ефірів форболу, гіпоманіну А. Не зважаючи на отруйність, манцинела має побутове та медичне застосування, цінується за декоративну міцну деревину. Велике екологічне значення рослин в місцях їх зростання, оскільки своїми глибокими коренями вони стабілізують пісок, зменшують ерозію пляжів, утворюють вітрозахисні смуги. Вид *Hippomane mancinella* представляє великий науковий та споживчий інтерес. Біологічні особливості та отруйні властивості рослин виду *Hippomane mancinella* потребують поглиблених науково-експериментальних досліджень, розширення виховної та інформаційно просвітницької діяльності.

Ключові слова: Манцинела, отруйні властивості, ареал, біолого-морфологічна характеристика, застосування.

Вступ. Знищення кожного дня численної кількості видів рослин і тварин живої природи нашої планети внаслідок, природних катаклізмів, зміни клімату, руйнівної господарської чи військової діяльності людини змушує зупинитись, замислитись та активно діяти, щоб зберегти їх існуюче видове біорізноманіття. Для цього важливо ретельно досліджувати ті види рослин, які залишились, зберегти в штучних умовах зразки їх плодів, насіння, живі екземпляри чи гербарні зразки у випадку, якщо все це буде втрачено в природних умовах.

Однією із таких регіонально зникаючих рослин родини *Euphorbiaceae* Juss. є *Hippomane mancinella* L. (Манцинела). Але проблема із дослідженням, збереженням та практичним застосуванням полягає в її неймовірній отруйності. Внаслідок чого рослина не представлена у ботанічних садах світу, не досліджуються її біологічні особливості та біохімічний склад. Тому, у період від 30-х рр. ХХ ст. і дотепер у сучасній науковій літературі обмежена кількість наукових робіт щодо вивчення властивостей манцинели, наявні лише згадки та обмежені описи виду у загальних оглядових роботах про отруйні рослини [1–2].

Але при цьому *Hippomane mancinella* має давню, хоч і не завжди позитивну, історію вживання, використання та співіснування з нею. Рослина має побутове та лікарське застосування в минулі епохи та сьогодні. Загадка отруйності рослини цікава широкому колу фахівців. Хімікам, щоб класифікувати отруту, біологам, щоб встановити біолого-морфологічні та фізіологічні особливості рослин, медикам, щоб вчасно надати медичну допомогу та адекватно діяти при можливому отруєнні тварин та людей. І, звісно, з метою попередження отруєння, важливим моментом є науково-просвітницька обізнаність населення та туристів місць зростання рослин *Hippomane mancinella*. Тому ця рослина є особливим об'єктом для науково-експериментальних досліджень, для поповнення бази знань та проінформованості про неї, для еколого-просвітницької та виховної діяльності [2].

Мета дослідження: провести скринінг наукових джерел, присвячених опису, дослідженню та можливостям застосування рослин родини *Euphorbiaceae* Juss. *Hippomane mancinella* L. Узагальнити існуючі відомості та скласти на їх основі морфолого-біологічну характеристику, фізіологічні особливості, отруйний потенціал рослин, ризики для здоров'я і життя людини, окреслити превентивні заходи безпеки та першої допомоги при ураженні. Визначити перспективні напрямки наукових досліджень на майбутнє.

Результати досліджень та їх обговорення. *Hippomane mancinella* L., манцинелове дерево, або манцинела, відоме також як манзиніла і маншинела – вид квіткових рослин родини Молочайні (*Euphorbiaceae* Juss.) (рис. 1). Рослина відома як найотруйніша через отруйний сік, що міститься у всіх її частинах, у тому числі у плодах, внаслідок чого офіційно представлена у Книзі рекордів Гіннеса 2011 р. [3]. Назва *Hippomane* походить від двох грецьких слів: «hippo» – кінь та «mane», від слова

“mania” і означає божевільня. Давньогрецький філософ Теофраст дав назву гіпоман місцевій рослині Греції після того, як встановив, що коні, вживаючи її, ставали божевільними. Батько систематики Карл Лінней дав таку ж назву цьому отруйному дереву з Америки [4].



Рис .1. А – *Hippomane mancinella L.* загальний вигляд рослин, фото Ruben Heleno [5];

В – отримання Х. Колумбом подарунків від тубільців та встановлення хреста, (гравюра Теодора де Брі, 1594 р.) [6]

Назва манцинела походить від іспанського «manzanilla», що означає маленьке яблуко. Однак, через отруйність іспанці охрестили це дерево «arbol de la muerte», що означає дерево смерті [4]. На Французьких Антилських островах манцинела має багато місцевих назв: яблуко-зомбі, дерево смерті, отруйний інжир [7].

Перший опис в Європі отруйних властивостей манцинели був зроблений Пітером Мартиром д’Анг’єрою (Peter Martyr d’Anghiera) (1457–1526), придворним італійським істориком і географом покровительки Христофора Колумба, іспанської королеви Кастилії та Леону Ізабелли І. На початку 1500-х рр. він написав, що під час світової подорожі 1493 р. екіпаж Христофора Колумба зустрів таємниче дерево, яке спалило шкіру й очі кожного, хто мав з ним контакт. Після того, як кілька моряків тяжко захворіли після вживання плодів, Колумб назвав плоди дерева «manzanilla de la muerte» або «яблуко смерті» [8].

Вперше в літературі манцинела згадується у 1553 р. в книзі «Хроніка Перу» іспанського історика Педро Сьєси де Леона (Pedro Cieza de León), як один із компонентів отруйного засобу аборигенів у боротьбі з ворогами. Для його приготування аборигени виварювали у глиняних каструлях до стану пасти коріння манцинели, додавали отруйних комах, земноводних, риб, рукокрилих, а в кінці приготування – ще й плоди манцинели. Цим отруйним засобом просочували наконечники бойових стріл. Влучення такої стріли в тіло людини, неодмінно призводило незабаром до її смерті, навіть якщо рана була несмертельною [9].

Так, у Флориді після поранення в битві з індіанським плем’ям калуса помер іспанський дослідник, конкістадор Хуан Понсе де Леон (1474-1521) – його вразила стріла, отруєна соком манцинели. Як протиотрута індіанськими народами Південної Америки араваками і таїно використовувалася припарка з маранти (*Maranta arundinacea*). Місцевий народ кариби, як відомо, листками манцинели отруював воду для своїх ворогів [9].

Корінні народи та ранні колоніальні держави використовували дерево як засіб тортур та покарання, міцно прив’язуючи жертву чи зловмисників до стовбура [9].

У XVIII ст. відбулася невдала спроба централізовано боротися з рослиною, вирубуючи усі манцинелові дерева. У 1773 р. був виданий королівський указ, який зобов'язував знищити всі «дерева смерті» на о. Пуерто-Ріко. Але під час рубання дерев отруйний сік потрапляв у очі, призводячи до опіків шкіри та сліпоти лісорубів. Не мала також, успіху спроба використання вогню, оскільки їдкий отруйний дим від спалювання дерев викликав сильний головний біль, запаморочення та отруєння всіх людей навколо. Тому манцинелу було вирішено залишити. Тим більше на той час вже було відомо, що її густа крона забезпечує природний захист від вітру, а потужні корені – від берегової ерозії [10].

Батьківщиною манцинелового дерева є Центральна Америка (південна Флорида, вздовж коралового рифового архіпелагу Флорида-Кіс, численні острови Карибського моря, Антильські та Багамські о-ви), Мексика. На півдні ареал рослини простягається до Венесуели та Колумбії (рис. 2). Традиційні місця розташування рослин вздовж морських узбереж'їв і в солонуватих болотах, де вони зростають посеред мангрових хащів [4, 9, 11–12].



Рис. 2. Ареал *Hippomane mancinella* L. (зелений колір – природний ареал, фіолетовий – вторинний ареал) [12].

Рослини *Hippomane mancinella* є мезофанерофітами, надаючи перевагу приморським пляжам та пагорбам [13]. Зростають на межі піщаної смуги та сухої материкової зони серед різноманітних за морфологією типів рослинності: *Coccoloba uvifera* (L.) L. (Polygonaceae), *Thespesia populnea* (L.) Sol. Ex Corrêa (Malvaceae), *Croton flavens* L. (Euphorbiaceae), *Croton guildingii* Griseb. (Euphorbiaceae), рідко *Chrysobalanus icaco* (L.) L. (Chrysobalanaceae), утворюючи острівці або іноді суцільну рослинність.

Відсутність біологічно активного ґрунту та вплив вітру перешкоджають значному розвитку надземної біомаси, тому усі потенційно деревні рослини цього регіону мають кущовий габітус, характеризуються низьким рівнем морфологічної інверсії, що надає рослинності густого вигляду [14].

Виявлено, що манцинела ще з середнього голоцену четвертинного періоду була асоційованим неотропічним мангровим елементом прибережних пляжних фітоасоціацій рослин острова Тринідад та Венесуели, активно впливала на формування сучасних мангрових хащів Карибського регіону, який вважається колискою неотропічних мангрових лісів [15].

Вид *Hippomane mancinella* занесений до Червоного переліку рослин у класифікації, як вид що викликає «найменше занепокоєння», оскільки має дуже широке розповсюдження, велику стабільну популяцію, серйозних загроз на сьогодні та на майбутнє не виявлено [16]. Проте у Флориді вид перебуває під загрозою зникнення [17].

Манцинела зазвичай – це однодомний високий кущ або дерево, яке може досягати 15 м, а за окремими даними і до 25 м висотою з діаметром стовбура до 60 см

(рис. 3) [18]. Має щільну крону у формі парасольки, яка надійно захищає від сонячних променів, чим привертає увагу оточуючих, хто не знає про її отруйні властивості, що робить її унікальною та оманливою рисою прибережних ландшафтів.

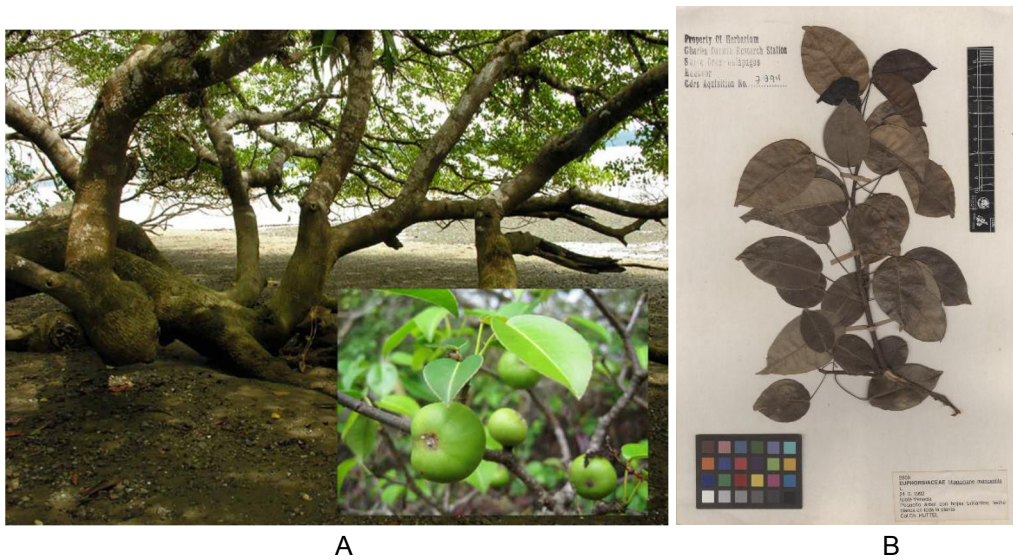


Рис. 3. *Hippomane mancinella* L.: А – гілка з плодами та прибережні зарості рослини [4]; В – гербарний зразок [5]

Листки блискучі, віддалено подібні до яблуневих, прості, чергові, серцеподібні біля основи, еліпсоподібні, цілокраї від гофрованого до голчато-зубчастого краю з вираженими жовтими жилками довжиною 5,0–10,0 см. На з'єднанні листка із черешком спостерігається невелика адаксіальна залоза. Ланцетні прилистки відпадають до того, як листок розгорнеться. Кора дерева червонувато-сірувато-коричнева, з глибокими борознами або тріщинами [4, 11, 19].

Цвітіння відбувається протягом усього року, але особливо масове спостерігається з серпня по листопад, а також з лютого по березень [13]. З початком сезону дощів виникають помітні кінцеві, двостатеві колосоподібні суцвіття у вигляді безлистя стебел довжиною 7 см (рис. 4), на яких знаходяться по 1–2 маленьких рудиментарних непомітних жовто-зелених маточкових квіток із трьома чашолистками діаметром 3 мм, із зірчастих маточок яких з'являється зав'язь [4, 19].

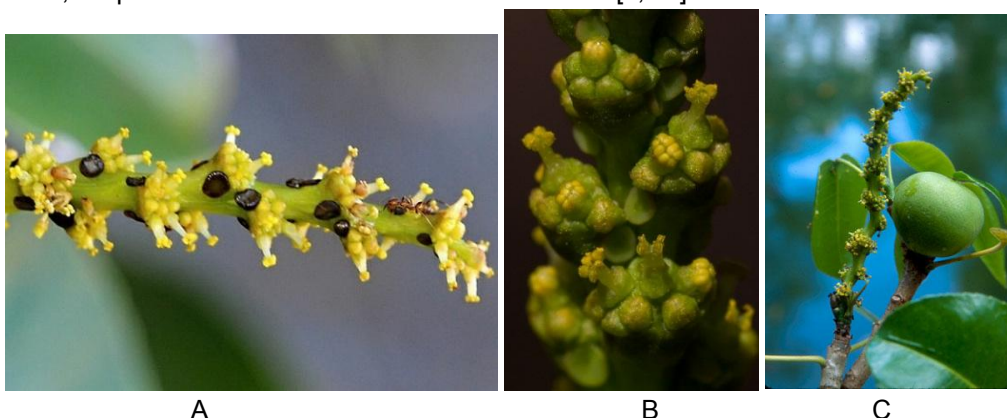


Рис. 4. Суцвіття та плоди манциNELI: А – Коста-Рика, фото Alena Vydrová та Vít Grulich [20]; В – Національний парк «Еверглейдс» (США), фото James Johnson; С – фото Roger L. Hammer [17]

Поруч, на цьому ж суцвітті знаходяться 8–15 тичинкових квіток ще меншого розміру з великою кількістю жовтуватих пиляків. $2n=22$ [19].

Виявлено помірно спеціалізоване запилення рослин роду *Hippomane* деякими ссавцями: кажанами, сумчастими, шерстистим опосумом. Знайдено пилок викопних квіток із еоцену, а також еоценові скам'янілості плодів Америки та Європи, що надає науковцям можливості встановлювати спорідненість між таксонами *Hippomaneoides* [19].

Плід – яскраво зелена куляста яблукоподібна кістянка з дерев'янистим ендокарпієм, діаметром 2,5-5,0 см, при дозріванні стає зеленувато-жовтим, дуже запашним, вкритим блискучою сірою шкіркою із парою коричневих гладеньких вушкоподібних насінин всередині [4, 19, 21, 22]. За зовнішньою привабливістю плоду маскується його смертоносна отруйність. Насіння манцинели зберігає здатність до проростання, тривалий час перебуваючи у морській воді. Воно плаває, переноситься океанськими течіями на великі відстані та проростає на березі, куди його приносить і викидає вода [19, 22–24].

Дерево вважається вічнозеленим, але, у періоди посухи (грудень-січень) може скидати значну частину листків. Внаслідок високої токсичності біолого-морфологічні особливості манцинели вивчені недостатньо, але деякі фахівці вважають, що дерево отруйне лише у певні періоди року.

Манцинелове дерево – одне з найотруйніших дерев у світі, оскільки усі частини цієї рослини: листки, кора, квітки, плоди містять тягучий молочний сік – характерна ознака усіх молочайних. Він дуже отруйний і, до того ж, має сильну подразнюючу дію, викликаючи опіки та пухирі на шкірі. Взаємодія з будь-якою частиною рослини може закінчитися для живої істоти летально [4]. Повідомляється про летальні випадки, про болісний та тяжкий досвід споживання солодкого на смак плоду [24–25]. *Цей токсичний захисний механізм еволюційно сформувався, як засіб відлякування травоядних тварин та захисту дерева від пошкоджень.*

Небезпекою може стати навіть перебування людини під час дощу під кроною манцинели. Причиною є форбол, що вимивається краплинами води та викликає одночасно дерматит, опіки шкіри, офтальміт та кератокон'юнктивіт [12, 26-27, 28]. У місцевих аборигенів побутує вислів: «Заснув під манцинею – заснув назавжди». Відомі навіть випадки пошкодження фарби на автомобілях, що стояли під кроною дерев.

Дим від палаючої деревини манцинели викликає сильне запалення очей і навіть може призвести до тимчасової втрати зору. Але найсерйозніша загроза походить від плодів дерева – отрута, що міститься в них, роз'їдає шлунок, і людина може загинути [4, 9, 28]. Такі випадки харчового отруєння трапляються і тепер, внаслідок розширення туристичних зв'язків, зростання популярності екзотичних країн для відпочинку та можливості безвізового мандрування. Проте викликає тривогу необізнаність та безпечність туристів і місцевого населення, оскільки легкодоступні на пляжах плоди дуже привабливі на вигляд та солодкі на смак.

Ретроспективний звіт французьких токсикологічних центрів 97 випадків наслідків ковтання плодів рослини повідомляє про розлади шлунково-кишкового тракту, серйозні травми ротової порожнини та глотки. При споживанні плодів у великих кількостях можливу брадикардію (уповільнення серцебиття) та гіпотонію (низький кров'яний тиск), серйозні симптоми з порушенням гемодинаміки [18].

Недаремно іспанці назвали рослину «яблуком смерті». Після споживання навіть маленького шматочка виникає перцеве відчуття у роті та горлі. Сильний біль, набряк, звуження та закупорка горла триває до 8 год. Вживання більшої кількості плодів викличе у постраждалого сильну блювоту та діарею, що у підсумку може привести до критичного зневоднення організму. Випадки отруєння потребують обов'язкової медичної допомоги [11]. *Зниження артеріального тиску при отруєнні можливо блокувати ефедрином, а слиновиділення та сльозотечу – атропіном* [29].

Про біохімічний вміст тканин *Hippomane mancinella* кількість досліджень та відповідних джерел обмежена. Загалом, дерево містить 12-дезоксид-5-

гідроксифорбол-6-гамма-7-альфа-оксид, гіппоманіни, манцинелін і сапогеніни, у листках присутній флорацетофенон-2,4-диметиловий ефір, а в плодах – фізостигмін [11, 21, 28, 30]. Повідомляється про виділення з листя рослини 2-гідро-4,6-диметокси-ацетофенону і каротиноїдної речовини [31].

Подразнююча сила та отруйність манцинели пов'язана з наявністю у всіх його частинах високотоксичного алкалоїду фізостигміну, агліконової частини молекули сапоніну – сапогеніну, синильної кислоти [7, 32] та ефірів форболу [11, 33].

Форбол ($C_{20}H_{28}O_6$) є сильним токсином з родини дитерпенів, ідентифікований в якості активного компоненту *Hippomane mancinella*, який добре розчиняється в більшості органічних розчинників, а також у воді. Це призводить до легкого вимивання його краплинами дощу із соку стебла, листків, плодів, створюючи явище, відоме як «дощ манцинели», викликаючи у постраждалих хімічне подразнення та дерматити. Складні ефіри форболу мають важливі біологічні властивості, проте найпомітнішою та найнебезпечнішою з яких є провокація пухлин через активацію протеїнкінази людини [11, 34].

Гіпоманін А з молекулярною формулою $C_{27}O_{22}H_{18}$ – це блідо-жовта кристалічна токсична речовина, виділена з водорозчинної частини етанолового екстракту *Hippomane mancinella*. Було виявлено глюкову, галову та елагову кислоти, що належить до класу кристалічних танінів та є ізомером корілагіну. Мас-спектральний та хімічний аналізи показали, що структура є 2-галол-4,6-гексагідросидифеноіл-Д-глюкоза [11, 34].

З гідрофобної фракції латексу *Hippomane mancinella* виділено слабкі або неподразнюючі суміші складних ефірів поліфункціональних дитерпенових вихідних спиртів тигліанового та дафнанового типу, що належать до структурного типу так званих «криптичних подразників» [35].

Незважаючи на токсичність, тільки два види рептилій розвинули дивовижну толерантність до плодів манцинели, живуть у дуплах та під кроною цього дерева, демонструють здатність безпечно споживати плоди без побічних ефектів. Це чорна шипохвоста ігуана *Ctenosaura similis* Gray та гігантська галапагоська черепаха *Geochelone nigra* Quoy & Gaimard [4, 36]. Деякі птахи, серед яких вид горобцеподібних бананоквіт *Coereba flaveola* Lin. та сухопутні краби також без наслідків можуть споживати плоди манцинели.

Комахи намагаються уникати *Hippomane mancinella*. Проте рослина є єдиним зареєстрованим господарем монофага плодової літаючої мушки *Anastrepha acris* Stone, яка в процесі еволюції виробила механізм структурної резистентності, що дозволяє існувати та спеціалізуватись на токсикантах своєї високотоксичної рослини-господаря [37].

Карантинні експерименти з жуком-блохою *Bikasha collaris* Baly, який є потенційним агентом біологічної боротьби з агресивним інвазивним бур'яном водно-болотних угідь, лісів та природних зон на південному сході США китайським лоем *Triadica sebifera* L. (Euphorbiaceae) прогнозують можливість та загрозу поширення цього жука на близькі види з родини *Euphorbiaceae*, серед яких *Hippomane mancinella* [38].

Щоб знизити кількість потерпілих, охочих скуштувати на смак токсичні «яблука смерті», рослини маркують червоною стрічкою, позначають червоною смугою, хрестом або табличками, які попереджають про небезпеку (рис. 5) [18]. Більшість туристичних путівників згадують про небезпеку цього дерева [26].



Рис. 5. Попереджувальні таблички на пляжі: А – фото Adrian Davies, Nature Picture Library [39]; В – [10]

Не зважаючи на отруйність, манцинела займала та продовжує посідати певне місце в побуті людини, як в минулі часи, так і сьогодні. Корінні народи використовували отруйний сік для змочування стріл під час полювання [4, 22]. З надзвичайно твердої, декоративної, з темними включеннями деревини виготовляють меблі. Щоб зрубати дерево і випадково не втратити зір, лісоруби обкладають його багаттями і сушать на корені гарячим димом. Тільки після цього приступають до рубки дерева. Стовбур розпилюють обережно, суворо дотримуючись правил безпеки, стежачи за тим, щоб тирса не потрапила в очі [4].

Рослина *Hippomane mancinella* навіть була занесена до американської книги рослин медоносів «*American Honey Plants*» (1920) Frank C. Pellett, де разом із двома іншими представниками родини *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch (*Poinsettia*), та *E. marginata* Pursh розглядається як перспективне джерело виробництва меду, оскільки дає рясний нектар та надлишки меду. Проте одночасно повідомляється та ведеться дискусія, що мед рослин родини *Euphorbiaceae* все ж таки є отруйним, містить наркотичну отруту, викликає отруєння та навіть смерть [40]. Серед запилювачів *Hippomane mancinella* названа бджола медоносна *Apis mellifera* L. [41].

Не дивлячись на отруйність, «дерево смерті» має локальне медичне застосування в контрольованих дозах для лікування певних захворювань. Документально підтверджено, що на Ямайці камедь з кори використовувалась для лікування венеричних захворювань та водянки, а висушені плоди – як сечогінний засіб [4]. Стверджується також, що екстракти манцинели використовувались в народних лікарських засобах для лікування слоновості [42]. Латекс має проносну дію в дозах від 5 до 8 крапель [21]. Дослідження гомеопатичних препаратів, отриманих із *Hippomane mancinella*, свідчать про вміст дитерпенових ефірів, які сильно подразнюють шкіру, є умовно канцерогенними та в підсумку сприяють розвитку пухлин [43].

Манцинела також вважається життєво важливою рослиною в прибережних екосистемах, оскільки вона має глибокі корені, стабілізує пісок та зменшує ерозію пляжів, активно сприяючи збереженню навколишнього середовища. Скупчення рослин також утворюють надійні природні вітрозахисні смуги [36].

В зв'язку із розвитком туризму, зростанням популярності екзотичних країн, особливо в холодний період року, відкриттям можливостей вільного безвізового мандрювання зростає небезпека отруєння та травмування туристів, в тому числі українських, рослиною *Hippomane mancinella*. Особливо вразливою категорією є діти. Тому, актуальним сьогодні є збір інформації про рослину, її зовнішній вигляд та властивості, про можливі шляхи ураження, із чітким протоколом послідовності дій, переліком медичних закладів для звернення та отримання допомоги. Обов'язковою є друкована інформативна продукція у вигляді буклетів, інструкцій, інформації на сайтах, інструктажу для дорослих та ігрових майстер-класів для дітей.

На сьогодні прикладом можуть бути розроблені інструкції для відпочиваючих та місцевих жителів із переліком отруйних рослин, включаючи *Hippomane mancinella*,

правильними діями щодо уникнення травмування та надання першої допомоги у заморському департаменті Франції у Вест-Індії – Гваделупі [44].

Смертоносна репутація манцинели стала частиною місцевих міфів та легенд, а дерево – одночасно символом краси та небезпеки, тонкої межі та балансу між добром і злом. В деяких культурах присутність дерева була обов'язковою в символічних церемоніях, а деревина, листя та кора виконували роль артефактів, інструментів та талісманів [45].

Манцинела надихала художників, письменників та поетів, згадується у сюжетах численних літературних та музичних творів різних епох. Наприклад, в опері *l'Africaine* Джакомо Мейєрбера, перша вистава якої відбулась в Паризькій опері 28 квітня 1865 р. головна героїня Селіка, покинута Васко да Гамою, вчиняє самогубство. Вона збирає квіти, що падають з гілок манцинели, робить із них намисто та вдихає отруйний аромат смертоносних квіток (рис. 6-А) [45].

Манцинела використовується також, як елемент декору фарфорового посуду відомих брендів (рис. 6-В).



А



В

Рис. 6. Використання рослин *Hippomane mancinella*: А – гравюра фінальної сцени смерті головної героїні опери *l'Africaine* [45]; В – колекційний посуд із рослинним принтом [46]

Деякі сміливі кухарі та кулінарні ентузіасти, незважаючи на токсичність манцинели, експериментували з її плодами, ретельно готуючи та детоксикуючи плоди, вони намагалися створити унікальні страви [4].

Отже, манцинелове дерево *Hippomane mancinella* є отруйною деревною рослиною родини *Euphorbiaceae*, що становить небезпеку для місцевих жителів та туристів у районах зростання, знаходиться під загрозою зникнення та занесена до переліку зникаючих видів у південній Флориді. Проте, є прикладом історичного співіснування людини та природи, представляє великий науковий та споживчий інтерес. Сировина та отруйні властивості рослин виду *Hippomane mancinella* потребують додаткового ретельного вивчення.

Висновки. Рослина *Hippomane mancinella* походженням із Центральної Америки входить до «Книги рекордів Гінесса», оскільки є найотруйнішою та найнебезпечнішою в світовій природній флорі, внаслідок чого є малодослідженим та малоописаним видом родини *Euphorbiaceae*. Наявність тягучого дуже отруйного молочного соку – характерної ознаки молочайних – у листках, корі, квітках, плодах *Hippomane mancinella* при контакті здійснює сильну подразнюючу дію, викликаючи опіки шкіри, дерматит, офтальміт. Вживання плодів призводить до важкого харчового отруєння, можливих летальних випадків та потребує швидкої медичної допомоги. Визначено, що подразнююча сила та отруйність манцинели пов'язана з наявністю високотоксичного алкалоїду фізостигміну, агліконової частини молекули сапоніну – сапогеніну, соку синильної кислоти, ефірів форболу та гіпоманіну А. Вміст

диртерпенових ефірів, які сильно подразнюють шкіру, є умовно канцерогенними та сприяють розвитку пухлин. Виявлено, що протягом еволюції тільки чорна шипохвоста ігуана *Ctenosaura similis* Gray, гігантська галапагоська черепаха *Geochelone nigra* Quoy & Gaimard та плодова літаюча мушка *Anastrepha acris* Stone пристосувались та стали симбіонтами отруйної рослини *Hippomane mancinella*. Незважаючи на отруйність рослинна сировина *Hippomane mancinella* має побутове та медичне застосування. Використання гомеопатичних препаратів потребує ретельного дозування, поглибленого дослідження біохімічного вмісту та лікувальних властивостей, оскільки містить умовно канцерогенні компоненти та сприяють розвитку пухлин. Вид перебуває під загрозою зникнення в окремих регіонах та занесений до переліку зникаючих у південній Флориді, представляє великий науковий та споживчий інтерес. Біологічні особливості та отруйні властивості рослин виду *Hippomane mancinella* в зв'язку із отруйністю потребують поглиблених науково-експериментальних досліджень, поширення виховної та інформаційно-просвітницької діяльності.

Література

1. Blumenthal R. Fauna and Flora Related Deaths / Ed.by J. Payne-James, R. W. Byard). In: Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine (Third Edition). Elsevier, 2025. P. 514–525. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21441-7.00214-4>.
2. Mussa C., Mtewa A. G. The world's most toxic plants service personnel should be wary about. *Phytochemistry, the Military and Health: Phytotoxins and Natural Defences*. / Ed.by: A.G. Mtewa and Ch. Egbuna. Elsevier, 2021. P. 27-36. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821556-2.00019-0>.
3. Book of Guinness world records. UPR: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/most-dangerous-tree> (access date 09.12.2024).
4. Andreu M. G., Friedman M. H. "Hippomane Mancinella, Manchineel: FOR302/FR370, 7/2012". UF University of Florida. *EDIS*, 2012. Vol. 10. Gainesville, FL. <https://doi.org/10.32473/edis-fr370-2012>.
5. Charles Darwin Foundation for the Galapagos Islands. Galapagos species database [Electronic resource]. URL: <https://datazone.darwinfoundation.org/en/checklist/?species=450> (access date 13.12.2024).
6. Gevart Louis Le Nouveau Monde tout en couleur de Théodore de Bry. Beaux Arts Magazine, Publié le 8 août 2019 [Electronic resource]. URL: <https://www.beauxarts.com/grand-format/le-nouveau-monde-tout-en-couleur-de-theodore-de-bry/> (access date 13.12.2024) (in French).
7. Aubry Pierre, Bernard-Alex Gaüzère Intoxications par les plantes toxiques dans les zones tropicales et inter tropicales Actualités 2024. *Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux*. 2024. P. 1-16. [Electronic resource]. URL: <http://medecinetropicale.free.fr/cours/intoxplante.pdf> (access date 04.12.2024) (in French).
8. Munoz M., Scott Whitecar, Scott A. Norton Beware the Manchineel: A Case of Irritant Contact Dermatitis. *Cutis*. 2024. 114 (4). P. 14-17. <https://doi.org/10.12788/cutis.1123>.
9. Lauter W.M., Fox L.E., Ariail W.T. Investigation of the toxic principles of Hippomane mancinella, L. T. Historical review. *Journal of the American Pharmaceutical Association (Scientific ed.)*. 1952. 41(4) P. 199-201. <https://doi.org/10.1002/jps.3030410412>.
10. Nevcedoma.com.ua, 2023 [Electronic resource]. URL: <https://nevcedoma.com.ua/uk/583978-derevo-smerti-najnebezpechnishe-na-zemli-8-foto.html#> (access date 13.12.2024).
11. Handbook of Poisonous and Injurious Plants / Lewis S. Nelson, Richard D. Shih, Michael J. Balick. Second Edition. The New York Botanical Garden. Springer, 2007. 340 p. [Electronic resource]. URL: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Plantes-Medicinales-Aromatiques/livres-manuels-articles/Handbook%20of%20Poisonous%20and%20Injurious%20Plants%202nd%20ed.pdf> (access date 04.12.2024).

12. Kew Royal Botanic Gardens / Plants of the World Online. *Hippomane mancinella* L. [Electronic resource]. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:349995-1> (access date 09.12.2024).
13. Flore phanérogamique des Antilles françaises (Martinique et Guadeloupe) par Le R. P. Duss Avec annotations sur l'emploi des plantes par le professeur Edouard Heckel. Tome I. Macon Protat freres, Imprimeurs, 1897. 256 p. [Electronic resource]. URL: https://www.tela-botanica.org/sites/botanique/fr/documents/biblio/articles_en_ligne/Flore_duss_1.pdf (access date 09.12.2024) (in French).
14. Joseph Philippe Hypothèses sur l'évolution de la végétation littorale des Petites Antilles depuis l'époque précolombienne: le cas de la Martinique. *Cybergeo: European Journal of Geography* [En ligne], *Environnement, Nature, Paysage*. 2006. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.1784>. [Electronic resource]. URL: <http://journals.openedition.org/cybergeo/1784> (access date 04.12.2024) (in French).
15. Rull V. The Neogene-Quaternary diversification trend in the shaping of modern Caribbean mangroves. *Quaternary Science Reviews*. 2023. Vol. 300, 107920. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107920>.
16. Red List, 2019 [Electronic resource]. URL: <https://www.iucnredlist.org/species/144316752/149054389> (access date 04.12.2024).
17. The Floristic Inventory of South Florida/ The Institute for Regional Conservation, Florida, USA. Conservation of rare plants, animals, and ecosystems. [Electronic resource]. URL: <https://regionalconservation.org/ircs/database/plants/PlantPage.asp?TXCODE=Hippmanc> (access date 27.11.2024).
18. Boucaud-Maitre D., Cachet X., Bouzidi Ch., Riffault-Valois L., Dupuy C., Garnier J., & Langrand J. Severity of manchineel fruit (*Hippomane mancinella*) poisoning: A retrospective case series of 97 patients from French Poison Control Centers. *Toxicon*. 2019. Vol. 161. P. 28-32. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.02.014>.
19. Webster G. L. Euphorbiaceae / In Kubitzki K. (ed.) The Families and Genera of Vascular Plants – Volume XI – Flowering Plants, Eudicots – Malpighiales. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014. P. 51–216. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39417-1_10.
20. Grulich Vít *Hippomane mancinella* L. – mancinela obecná [Electronic resource]. URL: <https://botany.cz/cs/hippomane-mancinella/> (access date 13.12.2024) (in Czech).
21. Berdonces Ixora, Berdonces Josep Lluís Duran Field guide of Galapagos plants. 2017. P. 67–68. [Електронний ресурс]. URL: <https://ixoraberdonces.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/09/galapagos-field-guide-baix1.pdf> (дата звернення 19.11.2024).
22. Nosowitz D. Do not eat, touch, or even inhale the air around the Manchineel Tree. Meet America's deadliest tree. Found in Florida, of course. *Atlas Obscura*. 2016 [Electronic resource]. URL: <https://www.atlasobscura.com/articles/whatever-you-do-do-not-eat-touch-or-even-inhale-the-air-around-the-manchineel-tree> (access date 27.11.2024).
23. Charles-Sainte-Claire M. Usage des plantes médicinales aux Antilles françaises : origines, description, étude et recommandations pour une utilisation efficace et sécurisée. *Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie Sciences du Vivant [q-bio]*. Université de Bordeaux, 2024. 117 p. [Electronic resource]. URL: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04606534v1> (access date 09.12.2024) (in French).
24. Vaudreuil C. À propos de deux registres nécessaires au bon usage des plantes médicinales de Martinique: la Pharmacopée végétale Martiniquaise et un vademécum de phytothérapie. These pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. *Sciences pharmaceutiques*, 2012. 111 p. [Electronic resource]. URL: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00707349v1> (access date 27.11.2024) (in French).
25. Strickland N.H. Eating a manchineel "beach apple". *BMJ*. 2000. 321(7258):428. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7258.428>.
26. Blue L.M., Sailing C., Denapoles C., Fondots J., Johnson E.S. Manchineel dermatitis in North American students in the Caribbean. *Journal of travel medicine*. 2011. 18(6). P. 422–424. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8305.2011.00568.x>.
27. Pitts J. F., Barker N. H., Gibbons D. G., Jay J. L. Manchineel keratoconjunctivitis. *British Journal of Ophthalmology*. 1993. Vol. 77. P. 284-288. <https://doi.org/10.1136/bjo.77.5.284>.

28. Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America / Duke G.A., Bogenschutz-Godvin Mary Jo, Ottesen Andrea R. CRC Press Taylor & Francis Group, 2009. 962 p.
29. Marcuc N. Carroll Jr., Fox L.E., Ariail W.T. Investigation of the toxic principles of *Hippomane mancinella* L. III. Toxic actions of extracts of *Hippomane mancinella* L. *Journal of the American Pharmaceutical Association American Pharmaceutical Association*. 1957. 46(2). P. 93-97. <https://doi.org/10.1002/jps.3030460206>.
30. Manchineel [Electronic resource]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Manchineel> (access date 09.12.2024).
31. Rao K.V. Toxic principles of *Hippomane mancinella*. *Planta medica*. 1974.25(2). P. 166-171. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1097927>.
32. Lauter W.M., Foote P.A. Investigation of the toxic principles of *Hippomane mancinella* L. T. II. Preliminary isolation of a toxic principle of the fruit. *Journal of the American Pharmaceutical Association (Scientific ed.)*. 1955. 44(6). P. 361-363. <https://doi.org/10.1002/jps.3030440616>.
33. Gambillara E., Leimgruber A., Spertini F. Réactions cutanées allergiques et toxiques aux plantes. *Revue Médicale Suisse*. 2010. 6. 824-829 [Electronic resource]. URL: https://www.revmed.ch/view/526750/4279449/RMS_idPAS_D_ISBN_pu2010-15s_sa06_art06.pdf (access date 09.12.2024) (in French).
34. Rao K.V. Toxic principles of *Hippomane mancinella* Part 2 Structure of Hippomanin A. *Lloydia (Cincinnati)*. 1977. 40 (2). P. 169-172.
35. Adolf W., Hecker E On the active principles of the spurge family, X. Skin irritants, cocarcinogens, and cryptic cocarcinogens from the latex of the manchineel tree. *Journal of Natural Products*. 1984. 47(3), P. 482-496. <https://doi.org/10.1021/np50033a015>.
36. Downing A., Atwell B.J., Dartnell P., Marais K., Downing K. *Hippomane mancinella*. The Manchineel Tree – the most dangerous tree on earth! Department of Biological Sciences. Macquarie University, Sidney [Електронний ресурс]. URL: <https://bio.mq.edu.au/wp-content/uploads/2020/10/Plant-of-the-week-Manchineel-Hippomane-mancinella.pdf> (access date 09.12.2024).
37. García-Saldaña E. A., Cerqueda-García D., Ibarra-Laclette E., Martín Aluja Insights into the differences related to the resistance mechanisms to the highly toxic fruit *Hippomane mancinella* (Malpighiales: Euphorbiaceae) between the larvae of the sister species *Anastrepha acris* and *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) through comparative transcriptomics. *Frontiers in Physiology*. 2024. Vol. 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1263475>.
38. Wheeler G. S., Duncan J. G., & Wright S. Predicting spillover risk to non-target plants pre-release: *Bikasha collaris* a potential biological control agent of Chinese tallowtree (*Triadica sebifera*). *Biological Control*. 2017. Vol. 108. P. 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.02.003>.
39. Nature Picture Library [Electronic resource]. URL: [https://www.naturepl.com/stock-photo/manchineel-tree-\(hippomane-mancinella\)-with-sign-warning-that-it-is-dangerous/search/detail-0_01514864.html](https://www.naturepl.com/stock-photo/manchineel-tree-(hippomane-mancinella)-with-sign-warning-that-it-is-dangerous/search/detail-0_01514864.html) (access date 27.11.2024).
40. Pellett Frank C. American Honey Plants. American Bee Journal Hamilton, Illinois, 1920. 297 p. [Electronic resource]. URL: <https://horizontalhive.com/download-free/american-honey-plants-pellett.pdf> (access date 09.12.2024).
41. Meurgey François Bee species and their associated flowers in the French West Indies (Guadeloupe, Les Saintes, La Désirade, Marie Galante, St Barthelemy and Martinique) (Hymenoptera: Anthophila: Apoidea). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 2016. 52(4). P. 1-24. <https://doi.org/10.1080/00379271.2016.1244490>.
42. Muscat M. Manchineel apple of death. *Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2019. 30 (3). P. 346-348 [Electronic resource]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6803775/pdf/ejfcc-30-346.pdf> (access date 27.11.2024).
43. Zahn P., Nonfon N., Hecker E. Investigation of Homeopathic Drugs Derived from *Hippomane mancinella* and *Stillingia sylvatica*: A Potential Iatrogenic Risk of Cancer? *Planta Med*. 1993. Vol. 59. P. 684.

44. Livret de ches pratiques pour la mise en oeuvre de la nature en ville en Guadeloupe [Electronic resource]. URL: https://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/FICHE_1-4.pdf (access date 09.12.2024) (in French).
45. Opera d'Evgene Scribe l'Africaine (Vasco de Gama) [Electronic resource]. URL: <https://fr.wikipedia.org/wiki/L%27Africaine> (access date 27.11.2024) (in French).
46. Chairish.com [Electronic resource]. URL: <https://www.chairish.com/product/21516649/late-20th-century-portmeirion-the-botanic-garden-hippomane-mancinella-manchineel-tree-plate-made-in> (access date 27.11.2024).

Referenses

- Blumenthal, R. (2025). Fauna and Flora Related Deaths / Ed.by J. Payne-James, R. W. Byard). In: Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine (Third Edition). *Elsevier*, 514–525. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-21441-7.00214-4> [in English].
- Mussa, C., Mtewa A. G. (2021). The world's most toxic plants service personnel should be wary about. *Phytochemistry, the Military and Health: Phytotoxins and Natural Defences.* / Ed.by: A.G. Mtewa and Ch. Egbuna. *Elsevier*, 27-36. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821556-2.00019-0> [in English].
- Book of Guinness world records. UPR: <https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/most-dangerous-tree> (access date 09.12.2024) [in English].
- Andreu, M. G., Friedman M. H. (2012) «Hippomane Mancinella, Manchineel: FOR302/FR370, 7/2012». UF University of Florida. *EDIS*, Vol. 10, Gainesville, FL. <https://doi.org/10.32473/edis-fr370-2012> [in English].
- Charles Darwin Foundation for the Galapagos Islands. Galapagos species database [Electronic resource]. URL: <https://datazone.darwinfoundation.org/en/checklist/?species=450> (access date 13.12.2024) [in English].
- Gevart, Louis (2019) Le Nouveau Monde tout en couleur de Théodore de Bry. *Beaux Arts Magazine* [Electronic resource]. URL: <https://www.beauxarts.com/grand-format/le-nouveau-monde-tout-en-couleur-de-theodore-de-bry/> (access date 13.12.2024) [in French].
- Aubry, P., Bernard-Alex Gaüzère (2024) Intoxications par les plantes toxiques dans les zones tropicales et inter tropicales Actualités 2024. *Centre René Labusquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux*, 1–16. [Electronic resource]. URL: <http://medecinetropicale.free.fr/cours/intoxplante.pdf> (access date 04.12.2024) [in French].
- Muñoz, M., Scott Whitecar, Scott A. Norton (2024) Beware the Manchineel: A Case of Irritant Contact Dermatitis. *Cutis*. 114 (4). 14–17. <https://doi.org/10.12788/cutis.1123> [in English].
- Lauter, W.M., Fox, L.E., Arial, W.T. (1952) Investigation of the toxic principles of *Hippomane mancinella*, L. I. Historical review. *Journal of the American Pharmaceutical Association (Scientific ed.)*, 41(4), 199–201. <https://doi.org/10.1002/jps.3030410412> [in English].
- Nevcedoma.com.ua, (2023) [Electronic resource]. URL: <https://nevsedoma.com.ua/uk/583978-derevo-smerti-najnebezpechnishe-na-zemli-8-foto.html#> (access date 13.12.2024) [in Ukrainian].
- Handbook of Poisonous and Injurious Plants (2007) / Lewis S. Nelson, Richard D. Shih, Michael J. Balick. Second Edition. The New York Botanical Garden. Springer, 340 p [Electronic resource]. URL: <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Plantes-Medicinales-Aromatiques/livres-manuels-articles/Handbook%20of%20Poisonous%20and%20Injurious%20Plants%202nd%20ed.pdf> (access date 04.12.2024) [in English].
- Kew Royal Botanic Gardens / Plants of the World Online. *Hippomane mancinella* L. [Electronic resource]. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/um:lsid:ipni.org:names:349995-1> (access date 09.12.2024) [in English].
- Flore phanérogamique des Antilles françaises (Martinique et Guadeloupe) par Le R. P. Duss Avec annotations sur l'emploi des plantes par le professeur Edouard Heckel (1897). Tome I. Macon Protat freres, Imprimeurs,. 256 p. [Electronic resource]. URL: https://www.tela-botanica.org/sites/botanique/fr/documents/biblio/articles_en_ligne/Flore_duss_1.pdf (access date 09.12.2024) [in French].
- Joseph P. (2006) Hypothèses sur l'évolution de la végétation littorale des Petites Antilles depuis l'époque précolombienne: le cas de la Martinique. *Cybergeo: European Journal*

- of *Geography* [En ligne], *Environnement, Nature, Paysage*. <https://doi.org/10.4000/cybergegeo.1784>. URL: <http://journals.openedition.org/cybergegeo/1784> (access date 04.12.2024) [in French].
15. Rull V. (2023) The Neogene-Quaternary diversification trend in the shaping of modern Caribbean mangroves. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 300, 107920. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107920> [in English].
16. Red List (2019). URL: <https://www.iucnredlist.org/species/144316752/149054389> (access date 04.12.2024) [in English].
17. The Floristic Inventory of South Florida / The Institute for Regional Conservation, Florida, USA. Conservation of rare plants, animals, and ecosystems. [Electronic resource]. URL: <https://regionalconservation.org/ircs/database/plants/PlantPage.asp?TXCODE=Hippmanc> (access date 27.11.2024) [in English].
18. Boucaud-Maitre D., Cachet X., Bouzidi Ch., Riffault-Valois L., Dupuy C., Garnier J., & Langrand J. (2019) Severity of manchineel fruit (*Hippomane mancinella*) poisoning: A retrospective case series of 97 patients from French Poison Control Centers. *Toxicol*, 161, 28–32. <https://doi.org/10.1016/j.toxicol.2019.02.014> [in English].
19. Webster G. L. (2014) Euphorbiaceae / In Kubitzki K. (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants, Volume XI, Flowering Plants, Eudicots-Malpighiales*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 51–216. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39417-1_10 [in English].
20. Grulich Vít *Hippomane mancinella* L.– mancinela obecná [Electronic resource]. URL: <https://botany.cz/cs/hippomane-mancinella/> (access date 13.12.2024) [in Czech].
21. Berdonces I. D., Berdonces J. L. (2017) Field guide of Galapagos plants. 67–68. [Електронний ресурс]. URL: <https://ixoraberdonces.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/09/galapagos-field-guide-baix1.pdf> (дата звернення 19.11.2024) [in English].
22. Nosowitz D. (2016) Do not eat, touch, or even inhale the air around the Manchineel Tree. Meet America's deadliest tree. Found in Florida, of course. *Atlas Obscura*. [Electronic resource]. URL: <https://www.atlasobscura.com/articles/whatever-you-do-do-not-eat-touch-or-even-inhale-the-air-around-the-manchineel-tree> (access date 27.11.2024) [in English].
23. Charles-Sainte-Claire M. (2024) Usage des plantes médicinales aux Antilles françaises : origines, description, étude et recommandations pour une utilisation efficace et sécurisée. *Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie Sciences du Vivant [q-bio]*. Université de Bordeaux, 117 p. [Electronic resource]. URL: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04606534v1> (access date 09.12.2024) [in French].
24. Vaudreuil C. (2012) À propos de deux registres nécessaires au bon usage des plantes médicinales de Martinique: la Pharmacopée végétale Martiniquaise et un vademécum de phytothérapie. These pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. *Sciences pharmaceutiques*, 111 p. [Electronic resource]. URL: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00707349v1> (access date 27.11.2024) [in French].
25. Strickland N.H. *Eating a manchineel "beach apple"*. *BMJ*, 2000, 321(7258):428. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7258.428> [in English].
26. Blue L.M., Sailing C., Denapoles C., Fondots J., Johnson E.S. (2011) Manchineel dermatitis in North American students in the Caribbean. *Journal of travel medicine*, 18(6), 422–424. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8305.2011.00568.x> [in English].
27. Pitts J. F., Barker N. H., Gibbons D. G., Jay J. L. (1993) Manchineel keratoconjunctivitis. *British Journal of Ophthalmology*, 77, 284–288. <https://doi.org/10.1136/bjo.77.5.284> [in English].
28. Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America (2009) / Duke, G.A., Bogenschutz-Godvin, Mary Jo, Ottesen, A. R. CRC Press Taylor & Francis Group, 962 p. [in English].
29. Marcuc N. Carroll Jr., Fox L.E., Ariail W.T. (1957) Investigation of the toxic principles of *Hippomane mancinella* L. T III. Toxic actions of extracts of *Hippomane mancinella* L. *Journal of the American Pharmaceutical Association American Pharmaceutical Association*, 46(2), 93–97. <https://doi.org/10.1002/jps.3030460206> [in English].
30. Manchineel [Electronic resource]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Manchineel> (access date 09.12.2024) [in English].

31. Rao K.V. (1974) Toxic principles of *Hippomane mancinella*. *Planta medica*, 25(2), 166–171. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1097927> [in English].
32. Lauter W.M., Foote P.A. (1955) Investigation of the toxic principles of *Hippomane mancinella* L. T. II. Preliminary isolation of a toxic principle of the fruit. *Journal of the American Pharmaceutical Association (Scientific ed.)*, 44(6), 361–363. <https://doi.org/10.1002/jps.3030440616> [in English].
33. Gambillara E., Leimgruber A., Spertini F. (2010) Réactions cutanées allergiques et toxiques aux plantes. *Revue Médicale Suisse*, 6, 824–829 [Electronic resource]. URL: https://www.revmed.ch/view/526750/4279449/RMS_idPAS_D_ISBN_pu2010-15s_sa06_art06.pdf (access date 09.12.2024) [in French].
34. Rao K.V. (1977) Toxic principles of *Hippomane mancinella* Part 2 Structure of Hippomanin A. *Lloydia (Cincinnati)*, 40 (2), 169–172 [in English].
35. Adolf W., Hecker E (1984) On the active principles of the spurge family, X. Skin irritants, cocarcinogens, and cryptic cocarcinogens from the latex of the manchineel tree. *Journal of Natural Products*, 47(3), 482–496. <https://doi.org/10.1021/np50033a015> [in English].
36. Downing A., Atwell B.J., Dartnell P., Marais K., Downing K. *Hippomane mancinella*. The Manchineel Tree – the most dangerous tree on earth! Department of Biological Sciences. Macquarie University, Sidney [Електронний ресурс]. URL: <https://bio.mq.edu.au/wp-content/uploads/2020/10/Plant-of-the-week-Manchineel-Hippomane-mancinella.pdf> (access date 09.12.2024) [in English].
37. García-Saldaña E. A., Cerqueda-García D., Ibarra-Laclette E., Martín Aluja (2024) Insights into the differences related to the resistance mechanisms to the highly toxic fruit *Hippomane mancinella* (Malpighiales: Euphorbiaceae) between the larvae of the sister species *Anastrepha acris* and *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) through comparative transcriptomics. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1263475> [in English].
38. Wheeler G. S., Duncan J. G., Wright S. (2017) Predicting spillover risk to non-target plants pre-release: *Bikasha collaris* a potential biological control agent of Chinese tallowtree (*Triadica sebifera*). *Biological Control*, 108, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.02.003> [in English].
39. Nature Picture Library [Electronic resource]. URL: [https://www.naturepl.com/stock-photo/manchineel-tree-\(hippomane-mancinella\)-with-sign-warning-that-it-is-dangerous/search/detail-0_01514864.html](https://www.naturepl.com/stock-photo/manchineel-tree-(hippomane-mancinella)-with-sign-warning-that-it-is-dangerous/search/detail-0_01514864.html) (access date 27.11.2024) [in English].
40. Pellett F. C. (1920) American Honey Plants. *American Bee Journal Hamilton, Illinois*, 297 p. [Electronic resource]. URL: <https://horizontalhive.com/download-free/american-honey-plants-pellett.pdf> (access date 09.12.2024) [in English].
41. Meurgey F. (2016) Bee species and their associated flowers in the French West Indies (Guadeloupe, Les Saintes, La Désirade, Marie Galante, St Barthelemy and Martinique) (Hymenoptera: Anthophila: Apoidea). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 52(4), 1–24. <https://doi.org/10.1080/00379271.2016.1244490> [in English].
42. Muscat M. (2019) Manchineel apple of death. *Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 30 (3), 346–348 [Electronic resource]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6803775/pdf/ejfcc-30-346.pdf> (access date 27.11.2024) [in English].
43. Zahn P., Nonfon N., Hecker E. (1993) Investigation of Homeopathic Drugs Derived from *Hippomane mancinella* and *Stillingia sylvatica*: A Potential Iatrogenic Risk of Cancer? *Planta Med*, 59, 684 [in English].
44. Livret de ches pratiques pour la mise en oeuvre de la nature en ville en Guadeloupe [Electronic resource]. URL: https://www.guadeloupe.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/FICHE_1-4.pdf (access date 09.12.2024) [in French].
45. Opera d'Evgene Scribe l'Africaine (Vasco de Gama) [Electronic resource]. URL: <https://fr.wikipedia.org/wiki/L%27Africaine> (access date 27.11.2024) [in French].
46. Chairish.com [Electronic resource]. URL: <https://www.chairish.com/product/21516649/late-20th-century-portmeirion-the-botanic-garden-hippomane-mancinella-manchineel-tree-plate-made-in> (access date 27.11.2024) [in English].

Levchyk N.

PhD biological sciences, scientist
M.M. Gryshko National Botanical Garden of the
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
levchyk.n@ukr.net
orcid.org/0000-0001-8668-8763

Horbenko N.

PhD agricultural sciences, associate professor
Department of botany, wood science and non-timber forest resources
The National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine
nata.horbenko@gmail.com
orcid.org/0000-0002-6053-6582

Zayachuk V.

PhD agricultural sciences, associate professor
Department of botany, wood science and non-timber forest resources
The National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine
zayachuk@nltu.edu.ua
orcid.org/0000-0002-034202482

Zaimenko N. V.

Doctor of biological sciences, professor,
corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine, director
M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
zaimenkonv@ukr.net
orcid.org/0000-0003-2379-1223

**MANCHINEEL TREE *Hippomane mancinella* L. (*Euphorbiaceae* Juss.),
THE WORLD'S MOST DANGEROUS TREE**

The paper generalizes data on the little-known and unique plant species of the Euphorbiaceae family Hippomane mancinella L. (manchineel tree). Due to its toxicity, the plant has been little studied, is absent in botanical gardens' collections, and lacks research on its toxic properties and measures to prevent poisoning. While it is listed in the Guinness Book of Records as the world's most poisonous plant, Hippomane mancinella has been known since the times of Theophrastus, was described by the poisoned members of Christopher Columbus' crew in 1493, and is popularly called the "death apple." Its plants are distributed in Central America, the Caribbean islands, the Bahamas, and as far south as Venezuela and Colombia, preferring coastal beaches and mangroves. The manchineel tree is usually a monoecious tall shrub or tree, with all its parts, namely leaves, bark, flowers, and fruits, containing a viscous, highly poisonous milky sap – a characteristic feature of all Euphorbiaceae. The sap has a strong irritating effect, causing dermatitis, skin burns, and ophthalmitis. When eaten, the fruit leads to severe food poisoning, which requires emergency medical care. The plant's irritating effect and toxicity are related to its highly toxic components: physostigmine alkaloid, sapogenin, hydrocyanic acid, forbol esters, and hypomanin A. Despite its poisonousness, the manchineel tree can be used for household and medical purposes and is valued for its decorative and durable wood. The plants are of great environmental importance in their habitats, as their deep roots stabilize sands, reduce beach erosion, and form windbreaks. The Hippomane mancinella species is of significant research and consumption interest. The biological characteristics and poisonous properties of the Hippomane mancinella species plants require in-depth scientific and experimental research, as well as expanding informational and educational activities.

Key words: Mancinella, poisonous properties, habitat, biological and morphological characteristics, use.

**Стаття до редакції надійшла 02.12.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 17.12.2024 року**

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК [633.41:631.559]:[581.48:577.121]
DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-23-31

Приплавко С.О.

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
ngubiolog@ukr.net
orcid.org/0000-0002-4326-6547

Гавій В.М.

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
gaviyv@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2604-0456

Кучменко О.Б.

доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
kuchmenko1978@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

Шейко В.І.

доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
interliycin@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7932-4478

**ПОКАЗНИКИ РОСТУ ТА ВРОЖАЙНОСТІ БУРЯКА СТОЛОВОГО
ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ МЕТАБОЛІЧНО
АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ**

*Для збільшення виходу готової овочевої продукції постійно ведуться роботи з пошуку різних типів препаратів, які б дозволили підвищити врожайність і захистити овочеві культури від шкідників та стресорів. Одним із таких технологічних прийомів є застосування метаболічно активних речовин. Дослідження із впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на процеси росту буряка столового проводились у польових умовах на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету ім. М. Гоголя. Для проведення експерименту використовували насіння буряку столового (*Beta vulgaris* L.) сорту Отаман. Насіння обробляли розчинами метаболічно активних речовин, таких як: $MgSO_4$, убіхінон-10, вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота (ПОБК). Також використовували комбінації цих речовин у таких поєднаннях: вітамін Е та убіхінон-10; вітамін Е, метіонін та параоксибензойна кислота; вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота та $MgSO_4$. Для визначення впливу речовин на процеси росту визначали масу сирої та сухої речовини, висоту надземної частини рослини, довжину підземної частини та окремі показники врожайності. Відбір експериментальних проб рослин здійснювали у фазі технічної та повної стиглості. Найефективнішою речовиною для збільшення маси сирої та сухої речовини у фазі технічної стиглості був вітамін Е, який перевищував*

контрольні результати на 30,49% за масою сирової речовини та на 55,05% за масою сухої речовини. За результатами впливу метаболічно активних речовин на лінійний ріст рослин буряку було встановлено, що найкраще на довжину підземної частини впливала ПОВК, яка на 16,5% перевищувала значення контрольного варіанту. Також позитивний вплив на цей показник мала комбінація речовин з вітаміну Е та убіхінону-10. Найефективнішим за показником маси коренеплоду був вітамін Е, який перевищував значення контролю на 12,6%. Подібний вплив на масу коренеплоду мала також ПОВК, яка сприяла зростанню цього показника на 12,4% порівняно до значень контролю. Найкращий вплив на врожайність буряка столового сорту Отаман мали вітамін Е, ПОВК та метіонін. Отже, використання метаболічно активних речовин, а саме вітаміну Е, ПОВК та метіоніну для обробки насіння перед висівом є доцільним заходом для підвищення врожайності буряка столового сорту Отаман.

Ключові слова: буряк столовий, вітамін Е, метіонін, убіхінон-10, параоксибензойна кислота, $MgSO_4$, маса сирової та сухої речовини, лінійний ріст, врожайність.

Вступ. Серед продуктів здорового та різноманітного харчування населення важливу роль відіграють овочі, які є необхідним складником щоденного раціону. Для збільшення виходу готової овочевої продукції та покращення її якості постійно ведуться роботи з пошуку та випробування різних типів препаратів, які б дозволили підвищити врожайність і захистити овочеві культури від шкідників та стресорів. Одним із таких перспективних технологічних прийомів, який може вирішити це завдання є застосування метаболічно активних сполук, які наявні у будь-якому організмі та які приймають безпосередню участь у обміні речовин живих істот. Препарати на їх основі є безпечними для використання і мають значну біологічну та метаболічну дію. Їх застосування може сприяти покращенню процесів росту рослин, підвищенню стійкості та налагодженню обміну речовин в умовах стресу [1].

Отже, дослідження у цьому напрямку має важливе значення, оскільки пошук нових ефективних засобів підвищення врожайності та якості врожаю сільськогосподарських культур є актуальним.

Метою роботи було встановити вплив метаболічно активних речовин на показники росту та врожайності буряка столового сорту Отаман.

Методи та організація досліджень. Комплексні дослідження із впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на процеси росту буряка столового проводились у польових умовах на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету ім. Миколи Гоголя. Для проведення експерименту було використане насіння буряку столового (*Beta vulgaris* L.) сорту Отаман.

Для експериментальних досліджень насіння буряку столового обробляли розчинами метаболічно активних речовин, таких як: $MgSO_4$, убіхінон-10, вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота (ПОВК). Також для обробки насіння використовували комбінації цих речовин у таких поєднаннях: вітамін Е та убіхінон-10; вітамін Е, метіонін та параоксибензойна кислота; вітамін Е, метіонін, параоксибензойна кислота та $MgSO_4$.

Як контрольний варіант використовували насіння оброблене чистою водопровідною водою. Для порівняння дії досліджуваних метаболічно активних сполук та їх комбінацій використовували препарат Вимпел-2.

Вимпел-2 – це природно-синтетичний регулятор росту контактної-системної дії для обробки насіння та рослин у період вегетації. Властивостями цього регулятора росту є посилення ростових процесів й фотосинтезу; регуляція процесів транспірації й інтенсивності мінерального засвоєння елементів, сприяє рістрегулюючій дії, що впливає на інтенсивність проростання насіння та ріст органів рослин [2]. Вимпел-2 містить багатоатомні спирти, карбонові та гумінові кислоти. Застосовується для обробки картоплі, насіння овочевих культур, цукрового та столового буряків,

соняшнику та зернових культур. Розчин препарату Вимпел-2 готували відповідно до інструкції, тобто розчиняли 10 мл препарату в 0,5 л води, в якому замочували насіння на 3 години.

Для визначення впливу досліджуваних речовин на процеси росту визначали масу сирової та сухої речовини, висоту надземної частини рослини, довжину підземної частини та окремі показники врожайності. Рослини з кожного варіанту очищали від ґрунту і зважували на вагах. Після цього зразки залишали на висихання, до постійної маси. Після остаточного зважування рослинних зразків визначали середні показники маси сухої речовини рослин кожної проби.

Вміст води визначали за формулою:

$$X = (a - b) : a \cdot 100,$$

де – X вміст води, %;

a – маса сирової речовини рослин, г ;

b – маса сухої речовини рослинного матеріалу, г;

100 – коефіцієнт переводу у %.

Розділивши масу сухої речовини на масу сирового зразка і помноживши на 100 отримували відсотковий вміст сухої речовини в рослинній пробі [3].

Відбір експериментальних проб рослин здійснювали у фазі технічної та повної стиглості.

Систематичну обробку даних проводили з використанням програми Microsoft Excel. При обрахунках використовували такі параметри: середнє значення, стандартну похибку, дисперсійну вибірку, рівень надійності.

Результати досліджень та їх обговорення. Накопичення сирової та сухої речовини є фундаментальним процесом, який триває від появи сходів до накопичення максимальної біомаси і відображає загальний стан рослини. Визначення маси сирової та сухої речовини в рослинах буряку дозволяє отримати інформацію про фізіологічний стан рослини та використання нею ресурсів. Нами були проведені дослідження з визначення маси сирової та сухої речовини у фазі технічної стиглості за впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій, які застосовували для передпосівної обробки насіння, (результати представлені в таблиці 1). Найефективнішою речовиною для збільшення маси сирової та сухої речовини у фазі технічної стиглості був вітамін Е, який мав найбільші значення серед інших метаболічно активних речовин та перевищував контрольні результати на 30,49% за масою сирової речовини та на 55,05% за масою сухої речовини. За показником процентного вмісту сухої речовини у рослинній пробі вітамін Е також мав найефективніший достовірний вплив і перевищував значення у контролі на 18,78%.

Таблиця 1

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на масу сирової та сухої речовини рослин буряку столового сорту Отаман у фазі технічної стиглості (середнє з 10 рослин)

Варіант	Маса сирової речовини		Маса сухої речовини		Процентний вміст сухої речовини в рослинній пробі		Вміст води в рослинній пробі	
	г	% до контролю	г	% до контролю	%	% до контролю	%	% до контролю
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль	1545± 89,2	100	287± 11,3	100	18,58± 1,10	100	81,42± 2,9	100

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вимпел	1150± 77,1	74,43	154± 7,4	53,66	13,39± 0,82	72,07	86,61± 1,9	106,3 7
MgSO ₄	1542± 82,3	99,81	250± 11,5	87,11	16,21± 0,71	87,24	83,79± 3,21	102,9 1
Вітамін Е	2016± 78,2*	130,49	445± 18,2*	155,0 5	22,07± 0,69*	118,7 8	77,93± 3,21	95,71
Убіхінон-10	1465± 93,1	94,82	238± 11,1	82,93	16,25± 0,89	87,46	83,75± 2,18	102,8 6
Метіонін	1868± 76,9*	120,91	284± 14,1	98,95	15,20± 0,74	81,81	84,79± 3,01	104,1 4
ПОБК	2013± 69,5*	130,29	362± 17,2*	126,1 3	17,98± 0,88*	96,77	82,02± 3,01	100,7 4
Віт.Е+ Убіхінон-10	1294± 55,5	83,75	120± 8,4*	41,81	9,27± 0,32*	49,89	90,73± 3,04*	111,4 3
Віт.Е+ПОБК + Метіонін	969± 38,9*	62,72	165± 5,3*	57,49	17,03± 0,43	91,66	82,97± 2,03	101,9 0
Віт.Е+ПОБК + Метіонін+ MgSO ₄	1178± 54,1	76,25	180± 7,4*	62,72	15,28± 0,37	82,24	84,72± 3,04	104,0 5

Примітка: * – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$

Таку дію вітаміну Е можна пояснити тим, що він діє як антиоксидант, зміцнює та захищає мембрани клітин, бере участь у тканинному диханні та транспорті електронів та впливає на накопичення речовин у коренеплоді.

Також, позитивний вплив на масу сирі та сухої речовини було відмічено у варіанті застосування для обробки насіння ПОБК. Вона сприяла збільшенню значень контрольного варіанту за масою сирі речовини на 30,29%, а за масою сухої речовини на 26,13%. Відомо, що параоксibenзойна кислота як антиоксидант у біологічних системах регулює активність антиоксидантних ферментів, що надає додаткового захисту рослинним клітинам від шкідливого впливу вільних радикалів [4].

Крім того, варто відмітити позитивну дію на масу сирі речовини метіоніну, який сприяв збільшенню значень контрольного варіанту на 20,91%. Амінокислоти, зокрема метіонін є незамінними компонентами рослинних клітин. Вони є вихідними сполуками для синтезу широкого спектру біологічно активних речовин, включаючи ферменти, вітаміни та поліфеноли. Метіонін захищає клітину від окисного стресу, що важливо для збереження цілісності молекул, які беруть участь у біосинтезі речовин [5].

Особливостями росту та розвитку рослин є те, що на ці процеси чинять вплив умови навколишнього середовища, від яких залежить кінцева врожайність рослини, вміст у тканинах пластичних речовин, життєздатність організму та його стійкість до несприятливих умов існування. Ріст рослин передбачає передусім збільшення довжини кореня, висоти надземної частини рослини, діаметра чи маси органу. Для визначення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на процеси росту рослин буряку столового нами було визначено лінійні показники росту буряка столового сорту Отаман. Ці дослідження також проводили у фазі технічної стиглості рослини. Для цього визначали середню довжину підземної та висоту надземної частини рослин. Результати цих досліджень відображено у таблиці 2.

Таблиця 2

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на лінійний ріст буряку столового сорту Отаман у фазі технічної стиглості рослини

Варіант	Середня довжина підземної частини		Середня висота надземної частини	
	см	% до контролю	см	% до контролю
Контроль	19,25±0,2	100	30,44±0,1	100
Вимпел	17,75±0,2	92,2	27,34±0,3	89,8
MgSO ₄	20,59±0,3	106,9	30,75±0,1*	101,1
Вітамін Е	19,60±0,1*	101,8	30,31±0,1	99,9
Убіхінон-10	18,96±0,4	98,5	29,23±0,2	76,3
Метіонін	20,15±0,3	104,7	28,25±0,3	94,8
ПОБК	22,42±0,1*	116,5	28,73±0,4	94,4
Віт. Е + убіхінон-10	20,49±0,2	106,4	25,27±0,1	83,0
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	16,25±0,1	84,4	25,82±0,2	84,8
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	19,12±0,1	99,3	29,9±0,1	98,2

Примітка: * – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$

За результатами досліджень впливу метаболічно активних речовин на лінійний ріст рослин буряку було встановлено, що найкраще на довжину підземної частини впливала ПОБК, яка на 16,5% перевищувала значення контрольного варіанту. Також, позитивний вплив на цей показник мала комбінація речовин з вітаміну Е та убіхінону-10. Ця комбінація діє як потужний антиоксидант і сприяє формуванню та росту коренеплодів. Варто також відмітити позитивну дію MgSO₄ на довжину підземної частини рослин буряку. За його впливу довжина коренеплоду збільшувалась на 6,9% порівняно до значень контрольного варіанту. Рослини із довшою лінійною кореневою системою мають більше можливостей добувати воду з розчиненими речовинами із нижніх шарів ґрунту. Магній сульфат відіграє важливу роль у захисних механізмах рослинних організмів, впливаючи на біохімічні процеси, зокрема бере участь у синтезі вторинних метаболітів. Крім того, як кофактор для ряду ферментів, Mg²⁺ контролює детоксикацію активних форм кисню та синтез захисних сполук, створюючи безпосередній захист від біотичних стресових факторів [6]. Сульфур у складі магній сульфату приймає участь у активації ферментів, які беруть участь у метаболічних процесах і підвищують стійкість рослин до хвороб, а також як складова амінокислот, є будівельним матеріалом для білків і ферментів, які виконують різноманітні функції в рослині. Крім того, Сульфур бере участь в антиоксидантній системі клітини, захищаючи її від пошкоджень [7].

Позитивний вплив на довжину підземної частини рослин мав і метіонін. У цьому варіанті середня довжина підземної частини збільшувалась на 4,7% порівняно до значень у контролі. Відомо, що метіонін є однією з незамінних амінокислот і її активні форми є донорами метильних груп та сірки. Метіонін приймає участь у синтезі гормонів росту та інших речовин в рослині та впливає на їх активність [6].

За результатами досліджень було встановлено, що на висоту рослин буряку досліджувані препарати впливу не мали. Тільки у варіанті застосування для обробки насіння препарату MgSO₄ було відмічено незначний достовірний вплив на висоту рослини порівняно до значень у контролі.

Урожайність – це кількість рослинницької продукції, одержуваної з одиниці площі [9]. На цей показник впливає ряд чинників: посівна якість насіння, фактори навколишнього середовища, додаткові технологічні заходи, які застосовуються під час вирощування культури. Для вивчення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій при їх застосуванні для обробки насіння перед висівом було визначено середню масу коренеплодів та врожайність буряку столового сорту Отаман. Результати цих досліджень відображено у таблицях 3 та 4.

Таблиця 3

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на показники середньої маси коренеплодів буряка столового сорту Отаман

Варіант	Середня маса коренеплоду (з 10 рослин)	
	кг	% до контролю
Контроль	0,380±0,02	100
Вимпел	0,365±0,02	96,0
MgSO ₄	0,376±0,01	98,9
Вітамін Е	0,428±0,01*	112,6
Убіхінон-10	0,367±0,02	96,6
Метіонін	0,421±0,01*	110,8
ПОБК	0,427±0,02*	112,4
Кудесан + Віт. Е	0,381±0,02	100,3
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	0,367±0,01	96,6
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	0,418±0,02	110,0

Примітка: * – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$

Отже, виходячи з результатів дослідження найефективнішою за показником середньої маси коренеплоду з 10 рослин був вітамін Е, який перевищував значення контролю на 12,6%, а значення варіанту застосування препарату Вимпел на 16,6%. Таку ефективність цієї речовини можна пояснити тим, що вітамін Е є найкращим природним антиоксидантом і захищає рослину від згубної дії вільних кисневих радикалів, які утворюються під час біохімічних реакцій, бере участь у тканинному диханні, захищає та підтримує цілісність мембран клітин [7]. Подібний вплив на масу коренеплоду мала також ПОБК, яка сприяла зростанню значення цього показника на 12,4% порівняно до значень контролю. Позитивний вплив на цей же показник мали метіонін та комбінація речовин з вітаміну Е, ПОБК, метіоніну та MgSO₄. Вони сприяли збільшенню маси коренеплоду на 10 та 10,8% відповідно порівняно до значень у контролі.

Таблиця 4

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на врожайність буряка столового сорту Отаман

Варіант	Врожайність	
	кг/м ²	% до контролю
Контроль	1,8±0,1	100
Вимпел	1,6±0,2	88,8
MgSO ₄	1,7±0,3	94,4
Вітамін Е	2,1±0,1*	116,6
Убіхінон-10	1,7±0,2	94,4
Метіонін	2,0±0,05*	111,1
ПОБК	2,1±0,1*	116,6
Кудесан + Віт. Е	1,8±0,2	100
Віт.Е+ПОБК+Метіонін	1,6±0,2	88,8
Віт.Е+ПОБК+Метіонін+MgSO ₄	1,9±0,1	105,5

Примітка: * – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$

За результатами досліджень було встановлено, що найкращий вплив на врожайність буряка столового сорту Отаман мали вітамін Е та ПОБК. У цих варіантах відмічалось достовірне перевищення контрольних значень на 16,6%. Також варто відмітити ефективний достовірний вплив на показник врожайності метіоніну, який

перевищував контрольні значення на 11,1%. Збільшення цього ж показника на 5,5% було відмічено у варіанті застосування для обробки насіння комбінації речовин з вітаміну Е, ПОБК, метіоніну та MgSO₄.

Висновки. Таким чином, використання метаболічно активних речовин, а саме вітаміну Е, ПОБК та метіоніну для обробки насіння перед висівом є доцільним заходом для підвищення врожайності буряка столового сорту Отаман. Застосування цих метаболічно активних речовин для обробки насіння буряка столового сприяє накопиченню маси сирої та сухої речовини, збільшенню лінійних показників росту підземної частини рослин, збільшенню маси коренеплодів, а також підвищенню врожайності.

Література

1. Куриленко А.О. Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 137 с.
2. Ласло О. О., Мельничук А. В. Ефективність застосування регулятора Вимпел-2 та комплексного мікродобрива у посівах сої. *Scientific Progress & Innovations* (4). 2021. С. 24–29.
3. Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз. Київ: Дія, 2005. 288 с.
4. Barkosky R.R., Einhellig F.A. Allelopathic interference of plant water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 2003. Vol. 44. P. 53–58.
5. Lenhart K., Althoff F., Greule M., Keppler, F. Methionine, a precursor of methane in living plants. *Biogeosciences*. 2015. Vol. 12(6). P. 1907–1914.
6. Faizan M., Bhat J. A., El-Serehy H. A., Moustakas M., & Ahmad P. Magnesium oxide nanoparticles (MgO-NPs) alleviate arsenic toxicity in soybean by modulating photosynthetic function, nutrient uptake and antioxidant potential. *Metals*. 2022. Vol. 12(12). P. 2030.
7. Guo W., Nazim H., Liang Z., Yang, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*. 2016. Vol. 4(2). P. 83–91.
8. Сімонова М. Каротиноїди: будова, властивості та біологічна дія. *Біологічні студії*. 2010. Т. 4. № 2. С. 159–170.
9. Опря А.Т. Статистичні методи аналізу урожаю й урожайності: особливості комплексного використання при концептуальному визначенні урожайності як економічної категорій. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Серія: Економічні науки. Випуск 2. Том 1. 2011 р. С.181–193.

References

1. Kurilenko, A. O. (2022). Fiziologhiko-biokhimichni pokaznyky rostu i rozvytku ozymoho zyta na riznykh etapakh ontogenezu za dii metabolichno aktyvnykh spoluk [Physiological and biochemical indicators of growth and development of winter rye at different stages of ontogenesis under the influence of metabolically active compounds] (PhD dissertation). Nizhyn, Ukraine [in Ukrainian].
2. Laslo, O. O., & Melnychuk, A. V. (2021). Efektyvnist zastosuvannia rehuliatora Vympel-2 ta kompleksnoho mikro dobryva u posivakh soi [Effectiveness of the Vympel-2 regulator and complex microfertilizer in soybean crops]. *Scientific Progress & Innovations*, (4), 24–29 [in Ukrainian].
3. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., & Opryshko, V.P. (2005) Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Diia, Kyiv, 288 p. [in Ukrainian].
4. Barkosky, R.R., Einhellig, F.A. (2003). Allelopathic interference of plant water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. Vol. 44. P. 53–58 [in English].
5. Lenhart, K., Althoff, F., Greule, M., Keppler, F. (2015) Methionine, a precursor of methane in living plants. *Biogeosciences*. Vol. 12(6). P. 1907–1914 [in English].
6. Faizan, M., Bhat J. A., El-Serehy, H. A., Moustakas, M., & Ahmad, P. (2022). Magnesium oxide nanoparticles (MgO-NPs) alleviate arsenic toxicity in soybean by modulating

photosynthetic function, nutrient uptake and antioxidant potential. *Metals*. Vol. 12(12). P. 2030 [in English].

7. Guo, W., Nazim, H., Liang, Z., Yang, D. (2016). Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*. Vol. 4(2). P. 83–91 [in English].

8. Cimonova, M. (2010). Karotynoidy: budova, vlastyvoli ta biolohichna diia. *Biolohichni studii* [Carotenoids: structure, properties, and biological action]. T.4. № 2. S. 159–170 [in Ukrainian].

9. Opria, A. T. (2011). Statystychni metody analizu urozhaiu y urozhainosti: osoblyvosti kompleksnoho vykorystannia pry kontseptualnomu vyznachenni urozhainosti yak ekonomichnoi katehorii [Statistical methods of analyzing yield and productivity: Features of comprehensive use in the conceptual definition of yield as an economic category]. *Naukovi pratsi Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii. Seriya: Ekonomichni nauky* [Scientific Works of the Poltava State Agrarian Academy. Series: Economic Sciences], 2(1), 181–193 [in Ukrainian].

Pryplavko S.

candidate of agricultural sciences, Assistant Professor
Department of Biologi Nizhyn Mykola Gogol State University
ngubiolog@ukr.net
orsid.org/0000-0002-4326-6547

Havii V.

candidate of biological sciences, Assistant Professor
Department of Biologi Nizhyn Mykola Gogol State University
gaviyv@gmail.com
orsid.org/0000-0002-2604-0456

Kuchmenko O.

doctor of biological sciences, professor, Head of the Department of Biology,
Nizhyn Mykola Gogol State University
kuchmeh@yahoo.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

Sheiko V.

doctor of biological sciences, professor, Professor of the Department of Biology
Mykola Gogol Nizhyn State University
interlycin@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7932-4478

GROWTH AND YIELD INDICATORS OF TABLE BEET AFTER PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH METABOLIC ACTIVE SUBSTANCES

*To increase the yield of finished vegetable products, work is constantly being done to find different types of preparations that would increase yield and protect vegetable crops from pests and stressors. One of these technological methods is the use of metabolically active substances. Studies on the influence of metabolically active substances and their combinations on the growth processes of table beet were conducted in field conditions on the territory of the educational and research agrobiostation of the Nizhyn Mykola Gogol State University. For the experiment, table beet (*Beta vulgaris* L.) seeds of the Ataman variety were used. The seeds were treated with solutions of metabolically active substances, such as: MgSO₄, ubiquinone-10, vitamin E, methionine, paraoxybenzoic acid (POBA). Combinations of these substances were also used in the following combinations: vitamin E and ubiquinone-10; vitamin E, methionine and paraoxybenzoic acid; vitamin E, methionine, paraoxybenzoic acid and MgSO₄. To determine the effect of substances on growth processes, the mass of fresh and dry matter, the height of the*

aboveground part of the plant, the length of the underground part and individual yield indicators were determined. The selection of experimental plant samples was carried out in the phase of technical and full ripeness. The most effective substance for increasing the mass of fresh and dry matter in the phase of technical ripeness was vitamin E, which exceeded the control results by 30.49% in terms of the mass of fresh matter and by 55.05% in terms of the mass of dry matter. According to the results of the influence of metabolically active substances on the linear growth of beet plants, it was found that the length of the underground part was best affected by POBA, which exceeded the value of the control variant by 16.5%. The combination of substances from vitamin E and ubiquinone-10 also had a positive effect on this indicator. The most effective in terms of the mass of the root crop was vitamin E, which exceeded the control value by 12.6%. A similar effect on the weight of the root crop was also exerted by POBA, which contributed to the increase of this indicator by 12.4% compared to the control values. The best effect on the yield of table beet variety Ataman was exerted by vitamin E, POBA and methionine. Therefore, the use of metabolically active substances, namely vitamin E, POBA and methionine for seed treatment before sowing is an appropriate measure to increase the yield of table beet variety Ataman.

Key words: table beet, vitamin E, methionine, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, MgSO₄, fresh and dry matter weight, linear growth, yield.

**Стаття до редакції надійшла 03.12.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 17.12.2024 року**

БІОХІМІЯ

УДК 577.121:543.544.5]:615.27
DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-32-41

Осипчук Р. П.

аспірант кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
ruslan0399os@gmail.com
orcid.org/0009-0007-2193-0839

Кучменко О. Б.

доктор біологічних наук, професор,
завідувач кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
kuchmenko1978@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

**ВМІСТ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ У ЕКСТРАКТАХ ІЗ КВІТОК РОБІНІЇ,
ЛИСТЯ ВИНОГРАДУ, НАСІННЯ БАЗИЛІКА ТА ЗЕРЕН ПШЕНИЦІ**

Вторинні метаболіти рослинних організмів виконують різні функції у забезпеченні взаємодії між рослинами та іншими організмами. Різні конститутивні та патоген-індуковані фітохімікати забезпечують природний імунітет рослин. Дослідження їх вмісту у квітках робінії, листі винограду, насінні базиліка та зернах пшениці набирає популярності, оскільки ці рослини є доступними, що забезпечує їх широке застосування у різних сферах. Насіння базиліка володіє високим рівнем активності каталази та аскорбатпероксидази, вмістом загальних та білкових SH-груп, відновленого глутатіону та ТБК-позитивних продуктів. Високий вміст небілкових SH-груп було виявлено в квітках робінії. Натомість листя винограду містить високий рівень вітаміну С та антоціанових пігментів.

В нашому дослідженні ми визначали рівень вмісту вільних метаболітів методом обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії.

В результаті наших досліджень було встановлено, що екстракт із насіння базиліка має найвищий рівень вмісту тригліцеридів та монотерпеноїдів, що надають йому імовірного протизапального, бактерицидного, антигельмінтного та спазмолітичного ефекту при вживанні людиною. Екстракт із квіток робінії має найвищі рівні глікозидів антоціану, 4-, 7-дигідроксифлавонолу, агіпеніну, лютеніну та оксикоричних кислот, що демонструє його потужний антиоксидантний потенціал та високий рівень адаптації до біотичного та абіотичного стресу. Натомість, в екстракті з листя винограду були виявлені найвищі рівні кемпферолу та глікозидів кверцитину, простих фенолів і катаболітів хлорофілу А і В. Такі результати демонструють потенційну протизапальну та імуномодулюючу дію листя винограду. Найбіднішим за вмістом вторинних метаболітів виявився екстракт із зерен пшениці.

Дані результати можуть стати в нагоді у подальшому вивченні антиоксидантної, протизапальної, антимікробної та імуномодулюючої дії рослинної сировини, з перспективою її використання в медицині, харчових технологіях тощо.

Ключові слова: вільні метаболіти, рідинна хроматографія, квіти робінії, насіння базиліка, листя винограду, зерна пшениці.

Вступ. Вторинні метаболіти рослинних організмів виконують різні функції у забезпеченні взаємодії між рослинами та іншими організмами. Різні конститутивні та патоген-індуковані сполуки забезпечують природний імунітет рослин [1]. Патогенні мікробні інфекції активують різні захисні реакції проти численних біотичних та абіотичних стресів, включаючи пігментацію, розвиток пилкової трубки, стрес від УФ-світла, патогенні інфекції та фітофагію [2]. Флаванон 3-гідроксилаза (F3H) є одним із основних модуляторів у біосинтезі флавоноїдів у шляху фенілаланін-амоніак-ліази. Нещодавно було з'ясовано, що F3H є модулятором стійкості до коричневого рисового хоппера [3].

Кемпферол (Kf), кверцетин (Qu) та антоціани є важливими флавоноїдами, які можуть глікозилуватися у глікозидні похідні шляхом додавання глюкози до атомів вуглецю 3 і 7 [4]. Глікозиди Kf і Qu також є флавоноїдами. Вони діють як антиоксиданти. Їх гідроксильна група взаємодіє з вільними радикалами, віддаючи електрон або водень [5]. Kf і Qu є кращими антиоксидантами, ніж інші флавоноїди [6]. Накопичення вільних радикалів є суттєвою причиною стресу, який може підвищувати утворення активних форм кисню (ROS); накопичення флавоноїдів сприяє зниженню рівня ROS [6].

Подібно до інших флавоноїдів, антоціани захищають рослини від впливу стресу. Інтерес до розуміння механізму, за допомогою якого антоціани знижують рівень стресу рослин зростає. Антоціани допомагають справлятися зі стресом через нейтралізацію ROS та вплив на сигналювання на гормональному рівні [6, 7].

Дослідження вмісту вторинних метаболітів у квітках робінії, листі винограду, насінні базиліка та зернах пшениці набирає популярності. Це пов'язано з доступністю цих рослин, їх застосуванням у різних галузях та наявністю антиоксидантного потенціалу [8]. Насіння базиліка володіє високим рівнем активності каталази та аскорбатпероксидази, вмістом загальних та білкових SH-груп, відновленого глутатіону та ТБК-позитивних продуктів [8]. Високий вміст небілкових SH-груп було виявлено в квітках робінії. Натомість листя винограду містить високий рівень вітаміну С та антоціанових пігментів [8].

Водночас, наявність у рослин глікозидів (глікозидів апігеніну, кверцетину, лютеліну, кемпферолу, флаванонів, антоціану, 4-, 7-дигідроксифлавану) [9, 10, 11, 12], ізофлавононів, оксикоричних кислот, стилбеноїдів, монотерпеноїдів, стеринів, тригліцеридів та каротиноїдів свідчить про високу стійкість рослинного організму до біотичних та абіотичних факторів стресу та про імуномодулюючу, протизапальну, антимікробну та антиоксидантну дію для людей, що використовують рослинну сировину в своїх цілях [13, 14, 15, 16].

Мета. Визначити вміст вторинних метаболітів у екстрактах із квіток робінії, листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці.

Матеріали та організація дослідження. Для дослідження використовували листя винограду (*Vitis vinifera* L.), квіток робінії (*Robiinia pseudoacacia* L.), насіння базиліка (*Ocimum basilicum* L.) та зерен пшениці (*Triticum aestivum* L.). Рослини були зібрані навесні 2024 року в місті Коростень, Житомирської області. Висушування проводилось у добре провітрюваному приміщенні за температури 23-28°C без прямого потрапляння сонячних променів.

Перед початком дослідження була проведена підготовка зразків рослинної сировини. Для цього вносили в скляну віалу 50 мг наважки рослинної сировини (100 мг в випадку пшениці) та додавали 4 мл метанолу. Екстракцію проводили під дією ультразвуку та при температурі 50°C протягом 2 годин (4 етапи по 30 хвилин).

Отриманий розчин екстракту фільтрували крізь фільтр з мембраною з гідрофільного нейлону та порами 0,22 мкм. Фільтрати зберігали при температурі -20 °С.

Аналіз вторинних метаболітів проводили методом обернено-фазової високо-ефективної рідинної хроматографії на базі ЦККП «Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ)» Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Розділення зразків проводили на хроматографічній системі Agilent 1100 з 4-канальним насосом, вакуумним дегазатором, автосамплером, термостатом колонок та діодно-матричним детектором. Використовували двох-елюентну схему (елюент А=0,05 М водний розчин ортофосфорної кислоти H_3PO_4 ; В=ацетонітрил/всі елюенти й добавки Sigma-Aldrich, градація чистоти HPLC) на колонці Poroshell 120 EC-C18, 2,7 мкм, 2,1×150 мм. Об'єм зразка 2 мкл. Детектування відбувалося на довжинах хвиль 206 нм, 254 нм, 300 нм, 350 нм та 450 нм. Для всіх речовин реєстрували спектри поглинання в ультрафіолетовому та видимому діапазонах з метою встановлення природи вторинних метаболітів і віднесення хроматографічних піків до певних груп речовин.

Результати досліджень та їх обговорення. Для візуалізації отриманих результатів використовували скорочені позначення досліджуваних класів речовин (табл. 1).

Таблиця 1

Список використаних позначень досліджуваних класів речовин

Позначення	Клас речовин	Речовина, що була використана для розрахунку вмісту
AC	Глікозид антоціану	
dhF	Глікозиди 4',7-дігідроксифлавонолу	
EA	Похідні елагової кислоти	Елагова кислота
F	Флавоноїди, для яких не вдалося провести більш точну ідентифікацію	Рутин
F-AG	Глікозиди апігенину	Вітексин
F-KG	Глікозиди кемпферолу	Кемпферол-3-арабінозид
F-LG	Глікозиди лютеліну	Орієнтин
F-QG	Глікозиди кверцетину	Рутин
FA	Глікозиди флаванонів	Неогесперидин
HOV	Прості феноли, бензойні кислоти, оксибензойні кислоти	Галлова кислота
-GA	-похідні галової кислоти	
-PrA	-похідні протокатехової кислоти	
IF	Ізофлавоноїди	Ізофлавонон
OC	Оксикоричні кислоти	Хлорогенова кислота
OC-pCoum	-похідні п-кумарової кислоти	
OC-Caf	-похідні кавової кислоти	
Stil	Стілбеноїди	
TS	Монотерпеноїди та стерини	
TG	Тригліцериди	
X-A і X-B	Катаболіти хлорофілів А і В відповідно	Феофорбід А
Y	Каротиноїди	Лютеїн

Антоціани – це природні флавоноїдні хромофори, які здебільшого відповідають за різноманіття кольорів квітів та плодів. Антоціани також можуть накопичуватися в листках для захисту фотосинтетичних апаратів і світлочутливих сполук від

ультрафіолетового випромінювання. Накопичення антоціанів може бути викликане екологічними стресорами, такими як УФ-пошкодження, екстремальні температури та посуха. Антоціани беруть участь у стійкості рослин до абіотичних та біотичних стресів, нейтралізуючи дію вільних радикалів та перекисів. Антиоксидантна активність антоціанів також надає значну користь для здоров'я людини [17, 18, 19].

Елагова кислота (C₁₄H₆O₈, EA) є фенольною сполукою, що може бути отримана з листя, плодів та насіння рослин. EA утворюється в результаті гідролізу елагітанінів, які є вторинними метаболітами у рослинах. EA відома своїми протизапальними та антиоксидантними властивостями. Елагова кислота інгібує токсичність, що індукована перекисом водню. Хоча перекис водню не реагує специфічно з більшістю речовин у біологічних системах, вона є попередником, що відіграє роль у формуванні більш реакційноздатних оксидантів, таких як гідроксильні радикали. Тому вважається, що елагова кислота може знизити клітинну дегенерацію, викликану впливом вільних радикалів [20].

Флавонові глікозиди, флавоноїди та ізофлавоноїди також необхідні рослинним організмам для набуття толерантності до біотичного стресу [21].

В результаті дослідження було встановлено, що з чотирьох екстрактів тільки екстракт із квіток робінії містить глікозиди антоціаніну, похідні елагової кислоти, глікозиди флаванонів та ізофлавоноїди. Це може бути пов'язано з особливостями біохімічного складу квіток. Також, екстракт з квіток робінії містить вищий рівень глікозидів 4-, 7-дигідроксифлавону на 99,4%, 89,2% і 100%, порівняно з екстрактами з листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно (рис. 1).

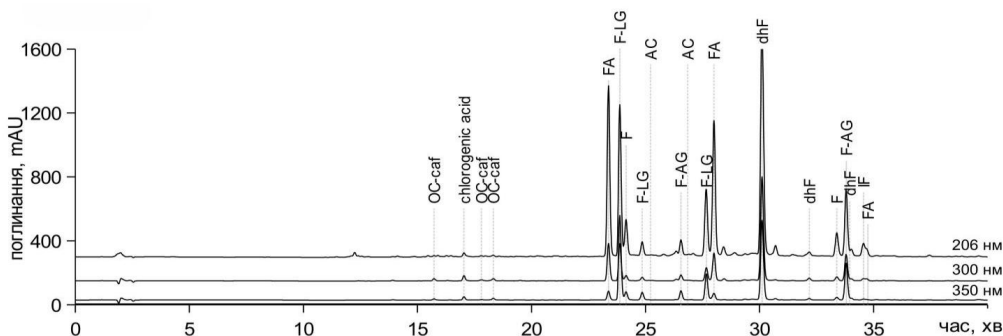


Рис. 1. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті з квіток робінії

Також, рівень вмісту флавоноїдів в екстракті з квіток робінії вищий на 65%, 100% і 97,5%, порівняно з екстрактами з листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно. Рівень глікозидів лютеліну та апігеніну також вищий в екстракті з квіток робінії. Зокрема, рівень глікозидів апігеніну в екстракті з квіток робінії вищий на 82,9%, 100% і 98,2%, а рівень глікозидів лютеніну вищий на 99%, 100% і 100%, порівняно з екстрактами з листків винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст вторинних метаболітів у екстрактах із квіток робінії, листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці, мг/г

Клас речовин	Квітки робінії	Листки винограду	Насіння базиліку	Зерна пшениці
1	2	3	4	5
AC	0,9	-	-	-
dhF	35,1	0,2	3,8	-

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5
EA	24,0	-	-	-
F	4,0	1,4	-	0,1
F-AG	16,7	2,9	-	0,3
F-KG	-	2,8	-	0,4
F-LG	37,8	0,4	-	-
F-QG	-	3,5	-	0,4
FA	24,6	-	-	-
HOB	-	5,5	0,8	0,8
IF	4,7	-	-	-
OC	2,6	0,2	-	-
Stil	-	>0,1	-	-
TS	11,4	14,7	51,6	4,9
TG	-	-	133,5	-
X-A	0,8	1,5	-	0,1
X-B	0,7	1,1	-	0,1
Y	0,5	0,5	-	0,1

Рівень оксикоричних кислот в екстракті з квітів робінії вищій на 92,3%, 100% і 100%, порівняно з екстрактами з листя винограду, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно.

Ці результати демонструють потенційний потужний антиоксидантний потенціал рослинної сировини, яку досліджували, та високий рівень адаптації до біотичного та абіотичного стресу цих рослин.

Кемпферол є флавоноїдом-антиоксидантом, що міститься у фруктах і овочах. Багато досліджень описують корисні ефекти кемпферолу для людини: зниження ризику розвитку хронічних захворювань, в тому числі онкології [22].

Також, рослини, що містили високий вміст глікозидів кемпферолу та кверцетину демонстрували антимікробну та інгібуючу дію на ріст міцелію [23].

Досліджуючи екстракт з виноградних листків, в ньому було ідентифіковано найвищий вміст глікозидів кемпферолу, кверцетину, простих фенолів і катаболітів хлорофілу А та В. Зокрема, рівень глікозидів кемпферолу вищій на 100%, 100% і 85,7%, рівень глікозидів кверцетину вищій на 100%, 100%, і 88,6%, рівень простих фенолів вищій на 100%, 85,5% і 85,5%, рівень катаболітів хлорофілу А вищій на 46,7%, 100% і 93,4% і рівень катаболітів хлорофілу В вищій на 36,4%, 100% та 91%, порівняно з екстрактами з квіток робінії, насіння базиліка та зерен пшениці відповідно (рис. 2).

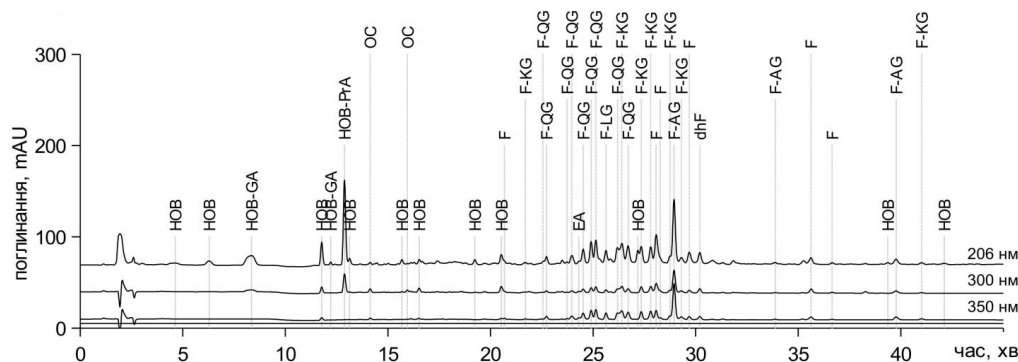


Рис. 2. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті з листя винограду

Рівень каротиноїдів в екстрактах із квіток робінії та листків винограду однаковий і на 100% і 80% вищий, в порівнянні з екстрактами з насіння базиліка та зерен пшениці відповідно. Стілбеноїди були знайдені тільки в екстракті листя винограду. Такі результати можуть бути обумовлені біохімічними особливостями сировини, з якої готувався екстракт, і демонструють потенційний протизапальний, імуномодулюючий ті інгібуючий ефект рослинної сировини проти росту міцелію [22, 23].

Наявність у рослинах високого рівня монотерпеноїдів, стеринів та тригліцеридів вказує на вміст ефірних олій. Ефірна олія і сировина, що містить ефірні олії, мають широкий спектр біологічної активності. Вони справляють бактерицидну, протизапальну, спазмолітичну, відхаркувальну, вітрогінну, антигельмінтну дію. Їх застосовують у разі захворювань верхніх дихальних шляхів, травного каналу, нервових та інших захворювань [24].

Досліджуючи екстракт з насіння базиліка, виявили, що він має найвищий рівень монотерпеноїдів, стеринів і тригліцеридів. Зокрема, рівень монотерпеноїдів і стеринів в екстракті з насіння базиліка вищий на 78%, 71,6% і 90,6%, порівняно з екстрактами із квіток робінії, листків винограду та зерен пшениці відповідно (рис. 3).

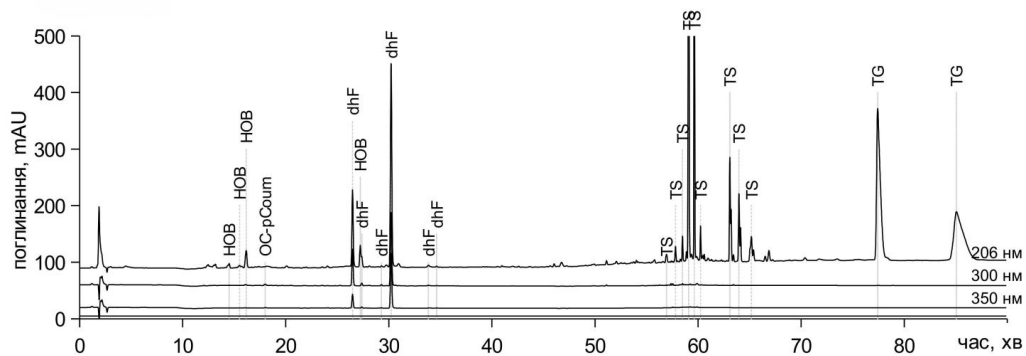


Рис. 3. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті з насіння базиліка

Тригліцериди були знайдені тільки в екстракті насіння базиліка (табл. 1.). Це може бути пов'язано з наявністю високого вмісту ліпідів у насінні базиліку.

Такі результати демонструють потенційний бактерицидний, протизапальний та антигельмінтний потенціал екстракту з насіння базиліка.

В екстракті із зерен пшениці було ідентифіковано найнижчі рівні всіх досліджуваних речовин, порівняно з іншими екстрактами (рис. 4).

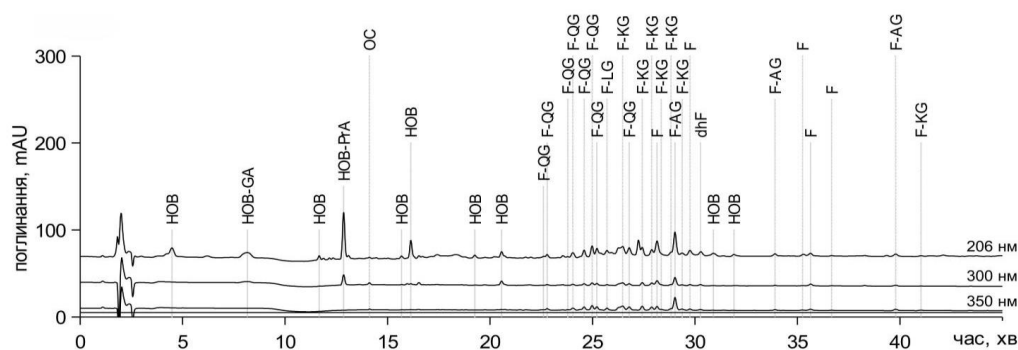


Рис. 4. Хроматограма вторинних метаболітів у екстракті із зерен пшениці

Висновки. В результаті досліджень було встановлено, що екстракт із насіння базилика має найвищий рівень вмісту тригліцеридів та монотерпеноїдів, що може обумовлювати його потенційний протизапальний, бактерицидний, антигельмінтний та спазмолітичний ефект.

Екстракт із квіток робінії має найвищі рівні глікозидів антоціану, 4-, 7-дигідроксифлаванону, агіпеніну, лютеніну та оксикоричних кислот, що демонструє його потужний антиоксидантний потенціал та високий рівень адаптації до біотичного та абіотичного стресу.

Натомість, в екстракті з листків винограду були виявлені найвищі рівні кемпферолу та глікозидів кверцитину, простих фенолів і катаболітів хлорофілу А і В. Такі результати демонструють імовірну протизапальну та імуномодулюючу дію листя винограду.

Найбіднішим за вмістом вторинних метаболітів виявився екстракт із зерен пшениці.

Дані результати можуть стати в нагоді у подальшому вивченні антиоксидантної, протизапальної, антимікробної та імуномодулюючої дії рослинної сировини.

Подяка. Автори висловлюють вдячність ЦККП «Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ)» Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України за допомогу у виконанні хроматографічного дослідження біологічних зразків.

Література

1. Piasecka A. Secondary metabolites in plant innate immunity: Conserved function of divergent chemicals. *New Phytol.* 2015. Vol. 206. P. 948–964.
2. Onkokesung N. Modulation of flavonoid metabolites in *Arabidopsis thaliana* through overexpression of the MYB75 transcription factor: Role of kaempferol-3,7-dirhamnoside in resistance to the specialist insect herbivore *Pieris brassicae*. *J. Exp. Bot.* 2014. Vol. 65. P. 2203–2217.
3. Dai Z. The OsmiR396–Os GRF 8–OsF3H-flavonoid pathway mediates resistance to the brown planthopper in rice (*Oryza sativa*). *Plant Biotechnol. J.* 2019. Vol. 17. P. 1657–1669.
4. Khan M. Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 2011. Vol. 84. P. 178–182.
5. Han R. Reaction Dynamics of Flavonoids and Carotenoids as Antioxidants. *Molecules* 2012. Vol. 17. P. 2140–2160.
6. Amić D. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croat. Chem.* 2003. Vol. 76. P. 55–61.
7. Nakabayashi R., Yonekura-Sakakibara K. Enhancement of oxidative and drought tolerance in *Arabidopsis* by overaccumulation of antioxidant flavonoids. *Plant J.* 2014. Vol. 77. P. 367–379.
8. Осипчук Р., Кучменко О. Оцінка антиоксидантного потенціалу водних екстрактів із листя винограду, квіток робінії, насіння базилику та зерен пшениці. *Наукові записки. Біологічні науки.* 2024. №3. С. 25–33.

9. Santanu S. An anti-leishmanial compound 40 ,7-dihydroxyflavone elicits ROS-mediated apoptosis-like death in *Leishmania* parasite. *The FEBS J.* 2022. №290. P. 3646-3663.
10. Cengiz S. Enzyme and Biological Activities of the Water Extracts from the Plants *Aesculus hippocastanum*, *Olea europaea* and *Hypericum perforatum* That Are Used as Folk Remedies in Turkey. *Molecules.* 2020. Vol. 25. P. 1202-1217.
11. Miriama S. Antioxidant vs. Prooxidant Properties of the Flavonoid, Kaempferol, in the Presence of Cu(II) Ions: A ROS-Scavenging Activity, Fenton Reaction and DNA Damage Study. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021. Vol. 22. P. 1619-1636.
12. Je-Chiuan Ye. Analysis of caffeic acid extraction from *Ocimum gratissimum* L. by high performance liquid chromatography and its effects on a cervical cancer cell line. *Taiwan J Obstet Gynecol.* 2010. Vol. 49. P. 266-232.
13. Beatriz N. Chemical profiles and bioactivities of polyphenolic extracts of *Lavandula stoechas* L., *Artemisia dracunculus* L. and *Ocimum basilicum* L.. *Food Chemistry.* 2024. Vol. 451. P. 1-9.
14. Ali J. Dataset for the content of bioactive components and phytonutrients of (*Ocimum basilicum* and *Brassica rapa*) microgreens. *Data in Brief.* 2022. Vol. 40. P. 1-7.
15. Misbaudeen A., Ibrahim O. Virtual screening, ADMET profiling, PASS prediction, and bioactivity studies of potential inhibitory roles of alkaloids, phytosterols, and flavonoids against COVID-19 main protease (M^{pro}). *Natural Product Research.* 2021. Vol. 36. №12. P. 1-7.
16. Fabio B. Efficacy and Mechanisms of Action of Essential Oils' Vapours against Blue Mould on Apples Caused by *Penicillium expansum*. *International Journal of Molecular Sciences.* 2023. Vol. 24. P. 1-15.
17. Morais C. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. *J. Nutr. Biochem.* 2016. Vol. 33. P. 1–7.
18. Liobikas J. Anthocyanins in cardioprotection: a path through mitochondria. *Pharmacol. Res.* 2016. Vol. 113. P. 808–815.
19. Qin X. Beneficial phytochemicals with anti-tumor potential revealed through metabolic profiling of new red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.* 2018. Vol. 19. P. 1165.
20. Durgun C. Effect of ellagic acid on damage caused by hepatic ischemia reperfusion in rats. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences.* 2022. Vol. 26. P. 8209-8215.
21. Rahmatullah Jan. Flavonone 3-hydroxylase Relieves Bacterial Leaf Blight Stress in Rice via Overaccumulation of Antioxidant Flavonoids and Induction of Defense Genes and Hormones. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021. Vol. 22. P. 1-19.
22. Jéssica S. The Pharmacological Action of Kaempferol in Central Nervous System Diseases: A Review. *Frontiers in Pharmacology.* 2021. Vol. 11. P. 1-15.
23. Qurat Ain. Antimicrobial Activity of *Pinus wallachiana* Leaf Extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and Analysis of Its Fractions by HPLC. *Pathogens.* 2022. Vol. 11. P. 1-13.
24. Методи фармакогностичного аналізу. Первинні метаболіти. Терпеноїди. Тритерпеноїди. Кардіостероїди. Навчально-методичний посібник з фармакогнозії з основами фітокосметики. *Запорізький державний медичний університет.* 2014. 131 с.

References

1. Piasecka A. (2015) Secondary metabolites in plant innate immunity: Conserved function of divergent chemicals. *New Phytol.* 206. 948–964 [in English].
2. Onkokesung N. (2014) Modulation of flavonoid metabolites in *Arabidopsis thaliana* through overexpression of the MYB75 transcription factor: Role of kaempferol-3,7-dirhamnoside in resistance to the specialist insect herbivore *Pieris brassicae*. *J. Exp. Bot.* 65. 2203–2217 [in English].
3. Dai Z. (2019) The OsmiR396–Os GRF 8–OsF3H-flavonoid pathway mediates resistance to the brown planthopper in rice (*Oryza sativa*). *Plant Biotechnol. J.* 17. 1657–1669 [in English].
4. Khan M. (2011) Effect of water stress and aphid herbivory on flavonoids in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 84. 178–182 [in English].
5. Han R. (2012) Reaction Dynamics of Flavonoids and Carotenoids as Antioxidants. *Molecules.* 17. 2140–2160 [in English].

6. Amić D. (2003) Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croat. Chem.* 76. 55–61 [in English].
7. Nakabayashi R., Yonekura-Sakakibara K. (2014) Enhancement of oxidative and drought tolerance in *Arabidopsis* by overaccumulation of antioxidant flavonoids. *Plant J.* 77. 67–379 [in English].
8. Osypchuk R., Kuchmenko O. (2024) Otsinka antyoksydantnoho potentsialu vodnykh ekstraktiv iz lystia vynohradu, kvitok robinii, nasinnia bazyliku ta zeren pshenytsi. *Naukovi zapysky. Biolohichni nauky.* no. 3. 25-33 [in Ukrainian].
9. Santanu S. (2022) An anti-leishmanial compound 40, 7-dihydroxyflavone elicits ROS-mediated apoptosis-like death in *Leishmania* parasite. *The FEBS J.* no. 290. 646-3663 [in English].
10. Cengiz S. (2020) Enzyme and Biological Activities of the Water Extracts from the Plants *Aesculus hippocastanum*, *Olea europaea* and *Hypericum perforatum* That Are Used as Folk Remedies in Turkey. *Molecules.* 25. 1202-1217 [in English].
11. Miriama S. (2021) Antioxidant vs. Prooxidant Properties of the Flavonoid, Kaempferol, in the Presence of Cu(II) Ions: A ROS-Scavenging Activity, Fenton Reaction and DNA Damage Study. *International Journal of Molecular Sciences.* 22. 1619-1636 [in English].
12. Je-Chiuan Ye. (2010) Analysis of caffeic acid extraction from *Ocimum gratissimum* L. by high performance liquid chromatography and its effects on a cervical cancer cell line. *Taiwan J Obstet Gynecol.* 49. 266-232 [in English].
13. Beatriz N. (2024) Chemical profiles and bioactivities of polyphenolic extracts of *Lavandula stoechas* L., *Artemisia dracunculus* L. and *Ocimum basilicum* L.. *Food Chemistry.* 451. 1-9 [in English].
14. Ali J. (2022) Dataset for the content of bioactive components and phytonutrients of (*Ocimum basilicum* and *Brassica rapa*) microgreens. *Data in Brief.* 40. 1-7 [in English].
15. Misbaudeen A., Ibrahim O. (2021) Virtual screening, ADMET profiling, PASS prediction, and bioactivity studies of potential inhibitory roles of alkaloids, phytosterols, and flavonoids against COVID-19 main protease (M^{pro}). *Natural Product Research.* 36(12). 1-7 [in English].
16. Fabio B. (2023) Efficacy and Mechanisms of Action of Essential Oils' Vapours against Blue Mould on Apples Caused by *Penicillium expansum*. *International Journal of Molecular Sciences.* 24. 1-15 [in English].
17. Morais C. (2016) Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. *J. Nutr. Biochem.* 33. 1–7 [in English].
18. Liobikas J. (2016) Anthocyanins in cardioprotection: a path through mitochondria. *Pharmacol. Res.* 113. 808–815 [in English].
19. Qin X. (2018) Beneficial phytochemicals with anti-tumor potential revealed through metabolic profiling of new red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Mol. Sci.* 19. 1165 [in English].
20. Durgun C. (2022) Effect of ellagic acid on damage caused by hepatic ischemia reperfusion in rats. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences.* 26. 8209-8215 [in English].
21. Rahmatullah Jan. (2021) Flavonone 3-hydroxylase Relieves Bacterial Leaf Blight Stress in Rice via Overaccumulation of Antioxidant Flavonoids and Induction of Defense Genes and Hormones. *International Journal of Molecular Sciences.* 22. 1-19 [in English].
22. Jéssica S. (2021) The Pharmacological Action of Kaempferol in Central Nervous System Diseases: A Review. *Frontiers in Pharmacology.* 11. 1-15 [in English].
23. Qurat Ain. (2022) Antimicrobial Activity of *Pinus wallachiana* Leaf Extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and Analysis of Its Fractions by HPLC. *Pathogens.* 11. 1-13 [in English].

24. Metody farmakohnostychnoho analizu. Pervynni metabolity. Terpenoidy. Tryterpenoidy. Kardiosteroidy. (2014) Navchalno-metodychnyi posibnyk z farmakohnozii z osnovamy fitokosmetyky. *Zaporizkyi derzhavnyi medychnyi universytet*. 131 [in Ukrainian].

Osypchuk R.

PhD student, Department of Biology
Nizhyn Mykola Gogol State University
ruslan0399os@gmail.com
orcid.org/0009-0007-2193-0839

Kuchmenko O.

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Biology Department of
Nizhyn Mykola Gogol State University
kuchmenko1978@gmail.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

CONTENT OF SECONDARY METABOLITES IN EXTRACTS FROM ROBINIA FLOWERS, GRAPE LEAVES, BASIL SEEDS AND WHEAT GRAINS

Secondary metabolites of plant organisms perform different functions in providing interaction between plants and other organisms. Various constitutive and pathogenized phytochemicals provide natural immunity to plants. The study of their content in robinia flowers, grape leaves, basil seeds and wheat grains is gaining popularity, as these plants are available, which ensures their wide application in various fields. Basil seeds have a high level of catalase and ascorbate peroxidase activity, content of total and protein SH groups, reduced glutathione and TBC-positive products. A high content of non-protein SH groups was found in robinia flowers. Instead, grape leaves contain high levels of vitamin C and anthocyanin pigments.

In our study, we determined the level of free metabolites by reverse-phase high-performance liquid chromatography.

As a result of our research, it was found that basil seed extract has the highest level of triglycerides and monoterpenoids, which give it a probable anti-inflammatory, bactericidal, antihelmintic and antispasmodic effect when used by humans.

The extract from Robinia flowers has the highest levels of anthocyanin, 4-, 7-dihydroxyflavone, agipenin, lutenin and oxycyclic acid glycosides, demonstrating its powerful antioxidant potential and high level of adaptation to biotic and abiotic stress.

Instead, the highest levels of kempferol and glycosides of quercetin, simple phenols and catabolites of chlorophyll A and B. were found in the extract from grape leaves. Such results demonstrate the potential anti-inflammatory and immunomodulatory effect of grape leaves.

The poorest in terms of secondary metabolites was an extract from wheat grains.

These results can be useful in further studying the antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial and immunomodulatory effects of plant raw materials, with the prospect of its use in medicine, food technologies, etc.

Keywords: free metabolites, liquid chromatography, robinia flowers, basil seeds, grape leaves, wheat grains.

**Стаття до редакції надійшла 04.12.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 20.12.2024 року**

**НОРМАЛЬНА І ПАТОЛОГІЧНА АНАТОМІЯ ТА
ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН**

УДК [572.71-055.1:904](477.51)«16/18»
DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-42-50

Dolzhenko Y. V.

PhD student of Nizhyn Mykola Gogol State University,
junior researcher of Institute of Archaeology,
National Academy of Sciences of Ukraine
yuriy_dolzhenko@ukr.net
orcid.org/0000-0001-9807-2835

**INTERGROUP RANGE OF VARIABILITY OF CRANIOMETRIC
FEATURES OF UKRAINIANS IN THE CHERNIHIV-SIVERSHCHYNA
REGION (17TH – 19TH CENTURIES, MALES)**

Large-scale research in human genetics on presumably neutral loci has shown that the vast majority of human diversity is observed among individuals within local populations. Previous distributions of craniometric diversity are similar to these genetic distributions, suggesting a limited role of interregional distinct selective pressures in shaping modern human craniometric diversity. Therefore, it is important to track how cranial variation is distributed. These results are significant for assessing the biological relationships of prehistoric samples that are temporally separated from modern human reference populations. The analysis of intergroup variability of anthropological features provides insight into the degree of morphological differentiation of the population. The ratio of the absolute difference between maximum and minimum feature values to the standard quadratic deviation can serve as a measure in evaluating this variability. However, conducting such analysis by centuries on our available material is impossible due to insufficient craniological series from the studied region. The research objective is to determine the intergroup variability range of craniometric features in the male craniological series from the 17th – 19th centuries from Chernihiv-Sivershchyna. Therefore, when identifying morphological variants among Ukrainians of Chernihiv-Sivershchyna in the 17th – 19th cent., special attention should be paid to facial profiling angles (features reflecting facial skeleton flattening) and height and transverse diameters of the cranial vault. Mongoloid admixture did not manifest itself either in the facial skeleton flattening index, the ratio of facial and cerebral parts in males, or in the calculation of the conventional Mongoloid element overall. A very weak eastern admixture was noted in females, as the general facial skeleton flattening index is slightly higher with a norm up to 20.

Key words: physical anthropology, ethnogenesis, Homo sapiens, morphology, human skull, biology of individual development, eidonomy, biological factor, mammal.

Problem statement. Large-scale research in human genetics on presumably neutral loci has shown that the vast majority of human diversity is observed among individuals within local populations. Previous distributions of craniometric diversity are similar to these genetic distributions, suggesting a limited role of interregionally distinct selective pressures in shaping modern human craniometric diversity. Therefore, it is important to track how cranial

variation is distributed. Furthermore, these results are significant for assessing the biological relationships of prehistoric samples that are temporally separated from modern human reference populations [24]. The analysis of intergroup variability of anthropological features provides insight into the degree of morphological differentiation of the population. The ratio of the absolute difference between maximum and minimum feature values to the standard quadratic deviation can serve as a measure in evaluating this variability. According to R. Denisova, such analysis of craniological material can provide the most effective results within one century, as the time factor can be completely excluded when evaluating feature variability [1]. However, conducting such analysis by centuries on our available material is impossible due to insufficient craniological series from the studied region. Currently, based on the availability of craniological material from the Chernihiv-Sivershchyna territory, it is reasonable to evaluate intergroup variability within one chronological period – the 17th – 19th centuries.

The morphological characteristics of the Chernihiv-Sivershchyna population are an important link in studying both biological processes and cultural tradition development. The vast territory of Ukrainian people's distribution necessitated the study of its regional features, which allows detailed investigation of local manifestations and characteristics typical for the entire population of Ukraine. The morphology of the Chernihiv-Sivershchyna population from the early modern and modern period is extremely important. The analysis of morphological differentiation of Ukrainian males from Chernihiv-Sivershchyna in the 17th – 19th centuries is being conducted for the first time.

Research objective: to determine the intergroup variability range of craniometric features in the male craniological series from the 17th – 19th centuries from the Chernihiv-Sivershchyna region.

Material. The assessment of intergroup variability of anthropological features in the studied region's population should have been done against the background of corresponding feature variability across all Polissia. However, we lost this opportunity since lack of minimum and maximum data about skulls from Belarusian Polissia of the 18th – 19th centuries. For this purpose, published data was used from male craniological series from rural cemeteries of the 18th – 19th centuries of Belarusians [10], Middle Dnipro region 234 skulls [2; 8], according to V. Alekseev, individual data from Poltava and Kyiv provinces [7]; Subotiv town, Chyhyryn town, Vyshhorod town, St. Michael's Golden-Domed Cathedral in Kyiv [13], Staiky village [12]. Also 183 skulls – measurements by the author of this work: Yurkivska and Yaroslavka streets in Kyiv [4], St. Andrew's Church in Kyiv, Zhovnyno village [11], Bilohorodka village, Kyiv Arsenal [6]. Craniological material obtained from Volyn territory [9] and Slobozhanshchyna [5]. From Chernihiv-Sivershchyna, 107 male skulls from the 17th – 19th centuries from excavations by V. Kovalenko, O. Kovalenko, O. Motsia, O. Chernenko [17; 18], O. Veremeichyk, H. Zharov, A. Kazakov, Yu. Sytyi [14; 15], V. Mezentsev, Z. Kohut, V. Skorokhod, T. Zhyhola [20].

Methods. Table 1 shows the values of intergroup variability obtained by dividing the difference between maximum and minimum values of each craniometric feature by the standard quadratic deviation of the corresponding feature. Thus, intergroup variation of all features was evaluated by one scale – standard quadratic deviation.

For quantitative assessment of Mongoloid features manifestation, traditional indicators were used: general facial skeleton flattening index (FFS), preauricular faciocerebral index (PFI), and conventional share of Mongoloid element (CSME). Description and data analysis were conducted according to indicators where FFS values less than 20 and PFI less than 90.6 are characteristic for «pure» Europoids, FFS values more than 80 and PFI less than 96.8 – for «pure» Mongoloids [7].

The number of processed male skulls from Eastern Polissia (Chernihiv-Sivershchyna) is 106. Their morphology is discussed in a separate work [7]. Sex and age determinations of skeletal remains were made using several methods [19; 20; 21; 25]. Skulls were measured using standard (broad) craniological methodology. According to R. Martin

[23], feature numeration was indicated, and nasomalar angle and zygomaxillary angle of horizontal facial profiling were calculated using a nomogram [7]. The lambda craniometric point was determined using the method of L. H. D. Buxton and G. D. Morant [22].

Results and discussion

As we can see from Table 1, in the Chernihiv-Sivershchyna territory of the 17th – 19th centuries, the greatest variability is found in zygomaxillary angle, basion-bregma height and maximum cranial breadth, and simotic index (nasal structure feature). Overall, the variability of craniometric features of Ukrainians from the Chernihiv-Sivershchyna territory compared to other regions is slightly less pronounced. This mainly concerns facial structure features, particularly bizygomatic breadth and upper facial height. All features listed in the table can be used in identifying anthropological complexes from the territory of Ukraine as a whole in the 18th – 19th centuries.

Table 1. Values of intergroup variability of individual craniometric features in Ukrainians from Chernihiv-Sivershchyna, Belarusians of the 18th – 19th centuries from rural cemeteries, Ukrainians from the Middle Dnipro region and Slobozhanshchyna (males)

No according to Martin, Feature	Ukrainians of Chernihiv-Sivershchyna 17 th – 19 th centuries	Belarusians 18 th – 19 th centuries	Ukrainians of Middle Dnipro region	Ukrainians of Volyn	Ukrainians of Slobozhanshchyna
1. Maximum cranial length	4,63	4,33	5,15	7,32	5,29
8. Maximum cranial breadth	5,01	6,27	4,86	6,29	5,30
8:1. Cranial index	4,97	4,65	4,81	5,55	4,44
45. Bizygomatic breadth	4,27	4,33	5,47	4,80	4,78
17. Basion-bregma height	5,08	4,16	4,82	5,55	5,58
48. Upper facial height	4,39	5,01	5,48	4,39	4,60
DS. Dacrial chord	4,21	6,32	–	4,34	5,26
75(1). Nasal protrusion angle	4,03	5,21	4,91	4,16	4,56
77. Nasomalar angle	4,79	4,72	5,20	4,69	5,45
∠ Zm'. Zygomaxillary angle	5,43	4,50	4,56	5,18	4,83
DS:DC. Dacrial index	4,84	5,35	–	3,95	5,56
SS:SC. Simotic index	5,05	5,35	–	4,67	6,23

Data for conclusions about the nature of variability were obtained by examining variations in the studied group and comparative material. They are presented in Table 2 in comparison with the development of variability across different features in Slavic series from the 17th – 19th centuries.

Table 2. Amplitude of variations in craniometric features among male groups of Ukrainians from Chernihiv-Sivershchyna, Slobozhanshchyna, Volyn, and Belarusians

№ according to Martin, Feature	Ukrainians of Chernihiv-Sivershchyna 17 th – 19 th centuries	Difference between min and max	Belarusians 18 th – 19 th centuries	Difference between min and max	Difference between groups
1. Maximum cranial length	164,0–196,0	32,0	157,0–192,0	35,0	3,0
8. Maximum cranial breadth	133,4–160,0	26,6	125,0–157,0	32,0	5,4
8:1. Cranial index	70,7–91,6	20,9	71,4–90,1	18,7	2,2
17. Basion-bregma height	119,0–148,0	29,0	120,0–147,0	27,0	2,0
9. Minimum frontal breadth	88,0–109,0	21,0	87,0–109,0	22,0	1,0
45. Bizygomatic breadth	125,0–145,1	20,1	118,0–140,0	22,0	1,9
48. Upper facial height	60,0–76,7	16,7	59,0–80,0	21,0	4,3
48:45. Kollman's Upper Facial index	48,6–59,0	10,4	44,7–60,6	15,9	5,5
75(1). Nasal protrusion angle	20,0°–41,0°	21,0°	15,0°–42,0°	27,0°	6,0°
77. Nasomalar angle	128,0°–151,0°	23,0°	123,0°–150,0°	27,0°	4,0°
∠ Zm'. Zygomaxillary angle	119,0°–144,0°	25,0°	114,0°–145,0°	31,0°	6,0°
DS:DC. Dacrial index	29,6–73,2	43,6	32,7–80,0	47,3	3,7
SS:SC. Simotic index	26,1–83,7	57,6	21,7–87,5	65,8	8,2

Continuation of Table 2.

№ according to Martin, Feature	Ukrainians of Slobozhanshchyna	Difference between min and max	Difference between (Chernihiv-Sivershchyna and Slobozhanshchyna)	Ukrainians of Volyn	Difference between min and max	Difference between (Chernihiv-Sivershchyna and Ukrainians of Volyn)
1.	164,0–200,0	36,0	4,0	161,0–202,0	41,0	9,0
8.	133,0–159,0	26	0,6	123,0–162,0	39,0	12,4
8:1.	73,7–88,8	15,1	5,8	71,3–94,4	23,1	2,2
17.	124,0–148,0	24	5,0	119,0–154,0	35,0	6,0

9.	86,0–110,0	24,0	3,0	89,0–112,0	23,0	2,0
45.	121,0–143,0	22,0	1,9	125,0–149,0	24,0	3,9
48.	58,5–76,0	17,5	0,8	60,1–79,0	18,9	2,2
48:45.	46,1–57,1	11,0	0,6	42,0–57,9	15,9	5,5
75(1).	16,0°–42,0°	26,0°	5,0°	16,0°–41,0°	25,0°	4,0°
77.	131,8°–152,0°	20,2°	0,8°	126,0°–149,0°	23,0°	0,0°
∠ Zm'.	116,0°–139,7°	23,7°	1,3°	114,0°–142,0°	28,0°	3,0°
DS:DC.	29,1–85,9	56,8	13,2	35,2–73,2	38,0	5,6
SS:SC.	19,5–83,1	63,6	6,0	18,9–74,5	55,6	2,0

Comparison of variations in individual features reveals a clear tendency toward increased craniological polymorphism in the Belarusian sample. This increase in the amplitude of variations in the Belarusian group is particularly noticeable in features reflecting the expression of Europoid and Mongoloid characteristics. In the Belarusian series, dacrial and simotic dimensions, nasal bone protrusion angle, and horizontal facial profiling angles vary significantly (taxonomic values of the first order).

The presented data on the range of variability in Belarusian, Slobozhanshchyna, and Volyn groups when compared with Ukrainians of Chernihiv-Sivershchyna gives us some ability to discuss their level of differentiation and understanding of the depth of differences for each listed feature (Table 2). Unlike similar comparisons of Finns and Russians conducted by V. Alekseev [7], and Latvians and Estonians [1], it was necessary to list not only minimum and maximum values for each feature but also their differences between samples for complete understanding (Table 2). Indeed, we see a difference between Ukrainians from Chernihiv-Sivershchyna and Ukrainians from Slobozhanshchyna in the cranial index, which is 5.8 units. The same can be said about dacrial (13.2) and simotic (6.0) indices. There is also a noticeable difference between Belarusians and Ukrainians of our studied region in the facial profiling angle at the middle level (6.0°), and an identical difference in the nasal bone protrusion angle. The difference with Ukrainians from Volyn can be seen in the height diameter of the cranial vault, which is 6.0 mm (Table 2).

When calculating facial skeleton flattening indices, it was found that male and female [3] craniological samples from Chernihiv-Sivershchyna of the 17th – 19th centuries are Europoid, however, the male group is more Europoid than the female. The FFS value in males (18.3) is lower than in females (26.9). In terms of facial and cerebral parts ratio, male skulls proved to be more Europoid than female (PFI 89.3 and 88.8 respectively). When calculating the conventional Mongoloid element, it was found that the percentage in the male sample is slightly higher than in the female series, however, CSME is negative and very small: –8.2 in males and –1.1 in females (Table 3).

Table 3. Indices of Mongoloid feature manifestation in males and females from Chernihiv-Sivershchyna territory, 17th – 19th centuries

Features	males	females
General facial skeleton flattening index (FFS)	18,3	26,9
Preauricular faciocerebral index (PFI)	89,3	88,8
Conventional share of Mongoloid element (CSME)	–8,2	–1,1

Conclusions: therefore, when identifying morphological variants among Ukrainians of Chernihiv-Sivershchyna in the 17th – 19th centuries, special attention should be paid to

facial profiling angles (features reflecting facial skeleton flattening) and height and transverse diameters of the cranial vault. Mongoloid admixture did not manifest itself either in the facial skeleton flattening index, the ratio of facial and cerebral parts in males, or in the calculation of the conventional Mongoloid element overall. A very weak eastern admixture was noted in females, as the general facial skeleton flattening index is slightly higher with a norm up to 20.

Література

1. Денисова Р. Я. Этногенез латышей (по данным краниологии). Рига: Наука. 1977. 360 с.
2. Долженко Ю. В. Антропологічні матеріали могильника козацького часу Лютецька. *Проблеми дослідження пам'яток археології східної України* (пам'яті С. Н. Братченка). Луганськ. 2012. С. 487–507.
3. Долженко Ю. В. Антропологічна структура жіночого населення Чернігово-Сіверщини XVII–XIX ст. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Біологія»*. 2022. Вип. 53. С. 46–60. DOI: <https://doi.org/10.24144/1998-6475.2022.53.46-60>
4. Долженко Ю. В. Краниологія населення Київського Подолу 16–18 ст. (могильник по вул. Юрківська, 3). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: історія. 2016. Вип. 2. Ч. 3. С. 3–17.
5. Долженко Ю. В. Краниологія населення Слобідської України (Слобожанщини) XVII–XIX ст. *Українознавець: тези*. Львів. 2018. Вип. 18. С. 30–34.
6. Долженко Ю. В. Краниологія похованих у Вознесенському некрополі (Київський Арсенал). *Історична пам'ять: наук. збірн.* Полтава. 2017. Вип. 37. С. 88–110.
7. Долженко Ю. В. Краниологія чоловіків Східного Полісся XVII–XIX ст. (Чернігово-Сіверщина). *Нотатки сучасної біології*. Луцьк. 2023. Вип. 1 (5). С. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.29038/NCBio.23.1-10>
8. Долженко Ю. В. Неметрические признаки на человеческих черепах из могильника времен казачества – Стайки. *Вестник Антропологии*. 2012. № 19. С. 169–181.
9. Долженко Ю. В. Чоловіча вибірка поховань XVI–XIX ст. території Волині (за даними краниології). *Літопис Волині. Всеукраїнський науковий часопис*. 2020. № 22. С. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.32782/2305-9389/2020.22.01>
10. Долженко Ю., Жаров Г. Морфологія черепів похованих у с. Залуцьке (ур. Стайкин Верх) Сумської обл. (XVIII–XIX ст.). *Notes in Current Biology*. 2024. № 6 (2). С. 2–8. DOI:10.29038/NCBio.23.2-1
11. Долженко Ю. В., Прядко О. О. Историко-антропологичний нарис поховань XVI–XVIII ст. з с. Жовнино на Черкащині. *Етнічна історія народів Європи*. 2014. Вип. 44. С. 43–50.
12. Потехіна І. Д. До антропології козацької доби: могильник Стайки. *Нові дослідження пам'яток козацької доби в Україні*. Київ. 2016. Вип. 25. С. 166–171.
13. Рудич Т. О. Населення середнього Подніпров'я I–II тисячоліття: за матеріалами антропології. Київ: Спілка Археологів України. 2014. 298 с.
14. Ситий Ю. М., Мезенцев В. І. Дослідження в Батурині. *Археологічні дослідження в Україні 2015*. Київ. 2016. С. 229.
15. Ситий Ю., Мезенцев В. Дослідження у Батурині. *Археологічні дослідження в Україні 2016*. Київ. 2018. С. 324–325.
16. Скороход В. М., Моця О. П., Ситий Ю. М., Жигола В. С. Дослідження Виповзівського городища. *Археологічні дослідження в Україні 2014*. Київ. 2015. С. 288–290.
17. Черненко О. Є. Слідами Миколи Макаренка: дослідження Чернігівського Спасо-Преображенського собору (за матеріалами 1923 та 2012–2014 років). *Opus Mixtum*. Київ. 2017. № 5. С. 101–116.
18. Черненко О., Луценко Р. Некрополь XI – середини XX століття Спасо-Преображенського собору в Чернігові. *Opus Mixtum*. Київ. 2023. № 11. С. 183–196.
19. Bruzek J. Diagnose sexuelle à l'aide de l'analyse discriminante appliquée au tibia. *Antropologia Portuguesa*. 1995. № 13. P. 93–106.
20. Bruzek J. A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology*. 2002. Vol. 117. No. 2. P. 157–168.

21. Bruzek J., Santos F., Dutailly B., Murail P., Cunha E. Validation and Reliability of the Sex Estimation of the Human Os Coxae Using Freely Available DSP2 Software for Bioarchaeology and Forensic Anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*. 2017. Vol. 164. No. 2. P. 440–449.
22. Buxton L. H. D., Morant G. D. Essential Craniological Technique. *Journal Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*. 1933. Vol. 63. P. 19–47.
23. Martin R. Lehrbuch der Anthropologie. In systematischer Darstellung. Mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende: zweite vermehrte Auflage. Jena: Gustaf Fischer. 1928. Bd. 2. 1062 s.
24. Relethford J. H. Craniometric Variation among Modern Human Populations. *American Journal of Physical Anthropology*. 1994. № 95. P. 53–62.
25. White T. D., Folkens P. A. The Human Bone Manual. *Elsevier academic press*. 2005.

References

1. Denisova, R.Ya. (1977). Etnogenez latyshey (po dannym kraniologii) [Ethnogenesis of Latvians (According to Craniology Data)]. Riga: Nauka [in Latvia].
2. Dolzhenko, Yu.V. (2012). Antropolohichni materialy mohylnyka kozatskoho chasu Liutenka [Anthropological Materials from the Cossack Period Cemetery Lutenka]. In: *Problemy doslidzhennia pamiatok arkheolohii skhidnoi Ukrainy (pamiati S.N. Bratchenka)* (pp. 487–507). Luhansk [in Ukrainian].
3. Dolzhenko, Yu.V. (2022). Antropolohichna struktura zhinochoho naseleattia Chernihovo-Sivershchyny XVII–XIX st. [Anthropological Structure of the Female Population of Chernihiv-Sivershchyna in the 17th – 19th Centuries]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii biologii*, 53, 46–60. DOI: <https://doi.org/10.24144/1998-6475.2022.53.46-60> [in Ukrainian].
4. Dolzhenko, Yu.V. (2016). Kraniolohiia naseleattia Kyivskoho Podolu 16–18 st. (mohylnyk po vul. Yurkivska, 3) [Craniology of the Population of Kyiv Podil in the 16th – 18th Centuries (Cemetery on Yurkivska str., 3)]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: istoriia*, 2 (3), 3–17. [in Ukrainian].
5. Dolzhenko, Yu.V. (2018). Kraniolohiia naseleattia Slobidskoi Ukrainy (Slobozhanshchyny) XVII–XIX st. [Craniology of the Population of Slobidska Ukraine (Slobozhanshchyna) in the 17th – 19th Centuries]. *Ukrainoznavets: tezy*, 18, 30–34. Lviv. [in Ukrainian].
6. Dolzhenko, Yu.V. (2017). Kraniolohiia pokhovanykh u Voznesenskomu nekropoli (Kyivskiy Arsenal) [Craniology of the Buried in the Voznesensky Necropolis (Kyiv Arsenal)]. *Istorychna pamiat: nauk. zbirn.*, 37, 88–110. Poltava. [in Ukrainian].
7. Dolzhenko, Yu.V. (2023). Kraniolohiia cholovikiv Skhidnoho Polissia XVII–XIX st. (Chernihovo-Sivershchyna) [Craniology of Men from Eastern Polissia in the 17th – 19th Centuries (Chernihiv-Sivershchyna)]. *Notatky suchasnoi biologii*, 1(5), 66–75. Lutsk. DOI: <https://doi.org/10.29038/NCBio.23.1-10> [in Ukrainian].
8. Dolzhenko, Yu.V. (2012). Nemetricheskiye priznaki na chelovecheskikh cherepakh iz mogilnika vremen kazachestva – Staiky [Non-metric Features on Human Skulls from the Cossack Period Cemetery – Staiky]. *Vestnik Antropologii*, 19, 169–181. [in Russian].
9. Dolzhenko, Yu.V. (2020). Cholovicha vybirka pokhovan XVI–XIX st. terytorii Volyni (za danymy kraniolohii) [Male Sample of Burials from the 16th – 19th Centuries in the Territory of Volyn (According to Craniology)]. *Litopys Volyni. Vseukrainskyi naukovyi chasopys*, 22, 7–18. DOI: <https://doi.org/10.32782/2305-9389/2020.22.01> [in Ukrainian].
10. Chernenko, O., & Lutsenko, R. (2023). Nekropol XI – seredyny XX stolittia Spaso-Preobrazhenskoho soboru v Chernihovi [Necropolis of the 11th – mid-20th century of the Transfiguration Cathedral in Chernihiv]. *Opus Mixtum*, 11, 183–196. Kyiv. [in Ukrainian].
11. Dolzhenko, Yu.V., & Priadko, O.O. (2014). Istoryko-antropolohichni narys pokhovan XVI–XVIII st. z s. Zhovnyno na Cherkashchyni [Historical-Anthropological Essay on Burials of the 16th – 18th Centuries from Zhovnyno Village in Cherkasy Region]. *Etnichna istoriia narodiv Yevropy*, 44, 43–50. [in Ukrainian].
12. Potekhina, I.D. (2016). Do antropolohii kozatskoi doby: mohylnyk Staiky [To the Anthropology of the Cossack Period: Staiky Cemetery]. *Novi doslidzhennia pamiatok kozatskoi doby v Ukraini*, 25, 166–171. Kyiv. [in Ukrainian].

13. Rudych, T.O. (2014). *Naselennia serednoho Podniprovia I–II tysiacholittia: za materialamy antropologii* [Population of the Middle Dnieper Region in the 1st – 2nd Millennia: Based on Anthropological Materials]. Kyiv: Spilka Arkheolohiv Ukrainy. [in Ukrainian].
14. Sytyi, Yu.M., & Mezentsev, V.I. (2016). Doslidzhennia v Baturyni [Research in Baturyn]. In: *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini 2015* (pp. 229). Kyiv. [in Ukrainian].
15. Sytyi, Yu., & Mezentsev, V. (2018). Doslidzhennia u Baturyni [Research in Baturyn]. In: *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini 2016* (pp. 324–325). Kyiv. [in Ukrainian].
16. Skorokhod, V.M., Motsia, O.P., Sytyi, Yu.M., & Zhyhola, V.S. (2015). Doslidzhennia Vypovzivskoho horodyshcha [Research of Vypovziv Settlement]. In *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini 2014* (pp. 288–290). Kyiv. [in Ukrainian].
17. Chernenko, O.Ye. (2017). Slidamy Mykoly Makarenka: doslidzhennia Chernihivskoho Spaso-Preobrazhenskoho soboru (za materialamy 1923 ta 2012–2014 rokiv) [In the Footsteps of Mykola Makarenko: Research of Chernihiv Spaso-Preobrazhensky Cathedral (Based on Materials from 1923 and 2012–2014)]. *Opus Mixtum*, 5, 101–116. [in Ukrainian].
18. Chernenko, O., & Lutsenko, R. (2023). Nekropol XI – seredyny XX stolittia Spaso-Preobrazhenskoho soboru v Chernihovi [Necropolis of the 11th – mid-20th Century of the Spaso-Preobrazhensky Cathedral in Chernihiv]. *Opus Mixtum*, 11, 183–196. [in Ukrainian].
18. Bruzek, J. (1995). Diagnose sexuelle à l'aide de l'analyse discriminante appliquée au tibia. *Antropologia Portuguesa*, 13, 93–106. [in French].
19. Bruzek, J. (2002). A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 117(2), 157–168.
20. Bruzek, J., Santos, F., Dutailly, B., Murail, P., & Cunha, E. (2017). Validation and Reliability of the Sex Estimation of the Human Os Coxae Using Freely Available DSP2 Software for Bioarchaeology and Forensic Anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*, 164(2), 440–449.
21. Buxton, L.H.D., & Morant, G.D. (1933). Essential Craniological Technique. *Journal Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland*, 63, 19–47. [in English].
22. Martin, R. (1928). *Lehrbuch der Anthropologie. In systematischer Darstellung. Mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende: zweite vermehrte Auflage* (Bd. 2). Jena: Gustaf Fischer. [in German].
23. Relethford, J. H. (1994). Craniometric Variation among Modern Human Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 95, 53–62.
24. Ubelaker, D. (1984). *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation*. Washington.
25. White, T.D., & Folkens, P.A. (2005). *The Human Bone Manual*. Elsevier academic press.

Долженко Ю. В.

аспірант Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя,
 молодший науковий співробітник Інституту археології
 Національної академії наук України
 yuriy_dolzhenko@ukr.net
 orcid.org/0000-0001-9807-2835

**МІЖГРУПОВИЙ РОЗМАХ МІНЛИВОСТІ КРАНІОМЕТРИЧНИХ ОЗНАК
 УКРАЇНЦІВ ЧЕРНІГОВО-СІВЕРЩИНИ (XVII–XIX СТ., ЧОЛОВІКИ)**

Широкомасштабні дослідження генетики людини на основі передбачувано нейтральних територій показали, що більшість різноманіття людських ознак спостерігається серед індивідів у межах місцевих популяцій. Попередні розподіли краніометричного різноманіття подібні до цих генетичних розподілів, що свідчить про обмежену роль міжрегіональних відмінностей селективного тиску в формуванні сучасного краніометричного різноманіття людини. Отже, важливо

відстежувати, як розподіляється варіативність черепа. Ці результати є значущими для оцінки біологічних зв'язків доісторичних зразків, які часово відокремлені від сучасних популяцій-референтів. Аналіз міжгрупової мінливості антропологічних ознак дає змогу визначити ступінь морфологічної диференціації населення. Співвідношення абсолютної різниці між максимальними та мінімальними значеннями ознак до стандартного квадратичного відхилення може стати мірою оцінки цієї мінливості. Однак провести такий аналіз по століттях на наявному матеріалі неможливо через недостатню кількість краніологічних серій із досліджуваного регіону. Метою дослідження є визначення міжгрупового розмаху мінливості краніометричних ознак у чоловічих краніологічних серіях із Чернігово-Сіверщини XVII–XIX ст. При визначенні морфологічних варіантів серед українців Чернігово-Сіверщини у XVII–XIX ст. особливу увагу слід приділити кутам профілювання обличчя (ознаки, що відображають сплющення лицьового скелета) та висотним і поперечним діаметрам черепного склепіння. Монголоїдна домішка не виявила себе ані в індексі сплющення лицьового скелета, ані у співвідношенні лицьової та мозкової частин у чоловіків, ані в загальному розрахунку умовного монголоїдного елемента. Дуже слабка східна домішка була відзначена у жінок, де загальний індекс сплющення лицьового скелета дещо вищий за норму (до 20).

Ключові слова: фізична антропологія, етногенез, *Homo sapiens*, морфологія, людський череп, біологія індивідуального розвитку, ейдономія, біологічний фактор, ссавець.

Стаття до редакції надійшла 03.12.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 18.12.2024 року

УДК 612.122

DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-51-59

Казначєєв Д. А.

аспірант кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
epala77777777ent@gmail.com
orcid.org/0009-0009-4728-0111

Шейко В. І.

доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя
interlycin@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7932-4478

**ВПЛИВ РЕГУЛЯРНИХ ЗАНЯТЬ СПОРТОМ НА ПОКАЗНИКИ ЦЕНТРАЛЬНОЇ
ГЕМОДИНАМІКИ У ЮНАКІВ З ВРОДЖЕНИМИ ВАДАМИ ЗОРУ**

Будь-які морфофункціональні зміни ока, чи то вроджені чи то набуті, супроводжуються не лише порушеннями в діяльності зорової сенсорної системи, а й порушеннями в реалізації рухової функції людського організму. Порушення в руховій активності та координації рухів зумовлені зниженням гостроти зору, дисфункцією бінокулярного зору та зниженні рухливості очного яблука. Патологія зорової сенсорної системи також має супутні патологічні процеси, які викликають патофізіологічні зміни в утворенні рухових рефлексів та рухових автоматизмів, гіподинамію, погіршення показників центральної гемодинаміки, формування імунодефіцитних станів (клітинної ланки системного імунітету), порушення в робочій позі та поставі.

Метою нашої роботи є дослідження впливу регулярних занять спортом на показники, що характеризують функціонування серцево-судинної системи на фоні вродженої патології зорової сенсорної системи (повна або часткова сліпота) у юнаків віком $22,8 \pm 1,2$ років.

Дослідження проводилось на групі волонтерів, яка складалася з 21 особи – контрольна/перша група (практично здорові), 21 особи – друга група (волонтери, які мають вроджені патології зорової сенсорної системи: повна або часткова сліпота). Стан серцево-судинної системи характеризували частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний та діастолічний, пульсовий тиск, середній артеріальний тиск, систолічний об'єм крові, хвилинний об'єм крові, коефіцієнт економичності кровообігу, індекс Кердо, середня тривалість серцевого циклу, секундний об'єм крові, серцевий індекс, індекс Робінсона. Фізичними вправам в другій групі волонтерів виступали регулярні заняття плаванням по 1-2 години 5 разів на тиждень.

На фоні вродженої патології зорової сенсорної системи всі показники, що характеризують стан ССС були достовірно більші в порівнянні з контрольними величинами, але знаходились в межах референтних значень.

Регулярне заняття спортом викликало достовірне збільшення показники САр. та ДАр. тиску, середнього артеріального тиску, ХОК та секундний об'єм крові в порівнянні з референтними значеннями. Всі показники ССС, які досліджувалися, після фізичних навантажень мали достовірну відмінність в порівнянні з вихідними та контрольними значеннями. ЧСС, САр. та ДАр. тиску, ПТ, середнього артеріального тиску, ХОК та секундний об'єм крові були більші в другій групі після фізичних навантажень на 24%, 21%, 10%, 40,7%, 14,7%, 28,7%, 28,8% в порівнянні з контролем. СОК після фізичних навантажень був достовірно менший в порівнянні з вихідними значеннями, така реакція вказує на слабку адаптація серцевого м'язу

до фізичних навантажень. ІК після фізичних навантажень, зменшився (до $+7,33 \pm 0,5$; після $+5,5 \pm 0,45$), що вказує на зменшення симпатичного тону та покращення аеробних можливостей організму.

Таким чином фізичні навантаження на фоні вродженої патології зорової сенсорної системи формують позитивні зміни в регуляторних системах кровообігу.

Ключові слова: заняття спортом, дисфункція органу зору, сліпота повна або часткова, центральна гемодинаміка, індекси серцевої системи, частота серцевих скорочень, артеріальний тиск систолічний і діастолічний, пульсовий тиск, середньо артеріальний тиск, систолічний об'єм крові, хвилинний об'єм крові.

Вступ. Будь-які морфофункціональні зміни ока, чи то вроджені чи то набуті, супроводжуються не лише порушеннями в діяльності зорової сенсорної системи, а й порушеннями в реалізації рухової функції людського організму. Порушення в руховій активності та координації рухів зумовлені зниженням гостроти зору, дисфункцією бінокулярного зору та зниженні рухливості очного яблука [3, 4, 10].

Патологія зорової сенсорної системи також має супутні патологічні процеси, які викликають патофізіологічні зміни в утворенні рухових рефлексів та рухових автоматизмі, гіподинамію, погіршення показників центральної гемодинаміки, формування імунодефіцитних станів (клітинної ланки системного імунітету), порушення в робочій позі та поставі [6, 12, 13, 16].

Вроджені патології зорової сенсорної системи мають 30 % серед всіх патологій зору. Провідне місце серед вроджених патологій зору займають порушення розвитку зорової сенсорної системи, в 60-х роках минулого століття відсоток згаданих патологій становив 61 %, а зараз досягає 80 % [10, 14, 15].

Серед причин що викликають вроджені патології зорової сенсорної системи є вірусні інфекції, радіація, резус-конфлікт, токсоплазмоз, шкідливі звички (зловживання алкоголем та тютюном), метаболічні та різноманітні хронічні хвороби, зловживання або не контрольований прийом медикаментів [10, 15].

Дослідженню рухової активності дітей віком 7-10 років з вродженими вадами зору (повна або часткова сліпота) присвячений значний науковий доробок колективу кафедри фізичної терапії, фізичного виховання, спорту та біології Донбаського державного педагогічного університету (м. Дніпро з 2022 року) [2, 3, 4, 5, 6].

Аналіз доступних наукових джерел, в яких віддзеркалені дослідження, що характеризують стан фізіологічних функцій на фоні патологій зорової сенсорної системи (вроджених та набутих) різного генезису, показує на певні прогалини в дослідженні функціональних систем людського організму на фоні зазначених патологій.

Таким чином, метою нашого дослідження є вивчення впливу регулярних занять спортом на показників, що характеризують функціонування серцево-судинної системи на фоні вродженої патології зорової сенсорної системи (повна або часткова сліпота) у юнаків.

Методи та організація дослідження. Дослідження проводилось на групі волонтерів (42 особи), яка складалася з 21 особи – контрольна/перша група (практично здорові), 21 особи – друга група (волонтери, які мають вроджені патології зорової сенсорної системи: повна або часткова сліпота). Всі волонтери були чоловічої статі, середній вік яких становив $22,8 \pm 1,2$ років, які не мали захворювань серцево-судинної системи. Всі волонтери дали письмову згоду на участь в дослідженні.

Базою для проведення дослідження була спеціальна загальноосвітня школа-інтернат для сліпих та слабозорих людей, м. Слов'янськ, Донецької області (евакуйована з 2022 року в місто Кам'янське, Дніпропетровської області).

Про стан серцево-судинної системи (ССС) робили висновки за такими показниками: частота серцевих скорочень (ЧСС), артеріальний тиск систолічний та діастолічний (САр тиск, ДАр тиск), пульсовий тиск (ПТ), систолічний об'єм крові (СОК),

хвилинний об'єм крові (ХОК), коефіцієнт економічності кровообігу, індекс Кердо (ІК), середня тривалість серцевого циклу, секундний об'єм крові, середній артеріальний тиск, серцевий індекс (СІ), індекс Робінсона (ІР) [11].

Фізичними вправам в другій групі волонтерів виступали регулярні заняття плаванням по 1-2 години 5 разів на тиждень. В середньому волонтери другої групи пропливали до 4 км. за одне заняття. Підчас фізичних вправ волонтери знаходились під постійним наглядом лікаря фахівця, співробітника школа-інтернат для сліпих та слабозорих людей. Вивчення показників ССС проводилися до початку занять та після закінчення занять.

Статистичну обробку матеріалу здійснювали з допомогою програми Microsoft Excel. Визначали середнє значення та його похибку. Різницю між різними групами визначали за t-критерієм Стьюдента.

Координація досліджень здійснювалась кафедрою біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя та кафедрою фізичної терапії, фізичного виховання, спорту та біології Донбаського державного педагогічного університету (м. Дніпро).

Робота виконувалась у відповідності до біоетичних норм з дотриманням відповідних принципів Гельсінської декларації прав людини, Конвенції ради Європи про права людини і біомедицини та відповідних законів України [1, 7].

Результати досліджень та їх обговорення. Отримані результати представлені в таблиці 1. Досліджувані показники в контрольній групі знаходились в межах референтних значень.

Таблиця 1
Показники діяльності серцево-судинної системи

Показники	Референтні значення	Контрольна група	Вроджена патологія зору	
			до фізичних навантажень	після фізичних навантажень
ЧСС, уд/хв.	50-90	71,2±1,35	74,4±1,49*	88,22±1,31**
Середня тривалість циклу, мл.с.	1,2-0,66	0,84±0,01	0,81±0,016*	0,68±0,07**
САр. тиск, мм.рт.ст.	110-120	117,5±0,35	134,43±0,28*	142,0±2,41**
ДАр. тиск, мм.рт.ст.	70-80	76,51±0,48	79,86±0,26*	84,22±1,21**
Ппульсовий тиск, мм.рт.ст.	40-60	41,01±0,37	52,88±0,29*	57,7±2,3**
Середній артеріальний тиск, мм.рт.ст.	80,0-100	90,16±0,44	97,49±0,25*	103,45±2,35**
СОК, мл.	44-60	59,1±1,74	64,64±2,62*	61,12±1,73#
ХОК, мл/хв.	3000-4000	4207,92±45,78	4811,4±25,8*	5415,54±22,71**
Секундний об'єм крові, мл./с	50-67	70,1±0,03	80,19±0,05**	90,26±0,25**
Серцевий індекс, у.о.	-	4,4±0,4	5,01±0,13*	5,5±0,1**
Коефіцієнт економічності кровообігу, у.о.	-	2919,9±3,61	3934,27±3,9*	5090,3±4,35**
Індекс Робінсона, у. о.	-	84±0,45	100±0,15*	125,3±1,25**
Індексом Кердо, у.од.	-	-7,46±0,47	+7,33±0,5	+5,5±0,45**

Зріст, см	-	184,1±2,1	183,6±3,7	-
Вага, кг	-	72,4±3,3	74,7±4,5	-
Ваго-зростовий індекс (індекс Кетле), у.о.	370 – 400	393,26 ±2,7	406,9±2,02*	-

*- достовірні зміни по відношенню до контрольної групи, $p < 0,05$;

#- достовірні зміни по відношенню до вихідних значень з вродженою патологією зору, $p < 0,05$

У другій групі до фізичних навантажень в межах референтних значень знаходились такі показники ЧСС, середня тривалість серцевого циклу, ДАр. тиск, пульсовий тиск, середній артеріальний тиск. За межами референтних значень в другій групі були показники САр. тиск, СОК, ХОК, секундний об'єм крові. На фоні вродженої патології зорової сенсорної системи (повна або часткова сліпота) САр. тиск, СОК, ХОК та секундний об'єм крові були достовірно більші на 12 %, 7,7 %, 20 %, 19,7 % відповідно.

На фоні вродженої патології зорової сенсорної системи всі показники, що характеризують стан ССС були достовірно більші в порівнянні з контрольними величинами, крім показника середньої тривалості серцевого циклу даний показник був достовірно менший в порівнянні з контролем. Так ЧСС, САр. та ДАр. тиск, пульсовий тиск, середній артеріальний тиск, СОК та ХОК були більші на 4,5 %, 14,4 %, 4,4 %, 29 %, 8 %, 9,4 %, 14,3 % відповідно в порівнянні з контролем. Середня тривалість серцевого циклу в другій групі була меншою в порівнянні з контролем на 3,6 % (на $0,03 \pm 0,001$ мл.с.).

Проводячи порівняльний аналіз значень індексів, що характеризують діяльність серцево-судинної системи, контрольної групи та другої групи слід відзначити достовірну різницю між показниками обох груп. Так серцевий індекс (СІ), коефіцієнт економічності кровообігу, Індекс Робінсона, Індекс Кердо, Ваго-зростовий індекс (індекс Кетле) були більші на 14 %, 34,7 %, 16 %, 98 %, 3,5 % відповідно в порівнянні з контролем.

Серцевий індекс характеризує роботу серця в фазі систоли. Збільшення показників СІ на фоні вродженої патології зорової сенсорної системи, закономірно супроводжується збільшенням величини систолічного артеріального тиску. Зміни величин СІ опосередковано вказують на функціональне навантаження в роботі серцевого м'язу.

Збільшення значень коефіцієнту економічності кровообігу в другій групі вказує на збільшення енергозатрат для забезпечення циркуляцію крові.

Підвищення значень коефіцієнта економічності кровообігу та серцевого індексу в другій групі вказує на функціональне напруження в роботі ССС.

Достовірне зростання індексу Кердо в другій групі вказує на зниження резервних можливостей в регуляції кровообігу, що зумовлює зниження аеробних можливостей організму та посиленню симпатичного тону.

Зростання індексу Робінсона (ІР) є ознакою збільшення напруження в діяльності серця. Такі зміни ІР додатково підтверджують, функціональне навантаження ССС у волонтерів другої групи (вроджені вади зору).

Індекс Кетле (ІК) в другій групі вказую на тенденцію збільшення маси тіла, що сприяє формування надлишкової маси. Зміни в показнику ІК перевертаються з літературними даними, які зазначають зменшення рухової активності призводить до поступового збільшення маси тіла [6, 10].

Отримані результати вказують на формування адаптаційної реакції в діяльності ССС у людей з повною або частковою сліпотою, яка супроводжується виснаження адаптаційних резервів організму та формуванням генералізованого патофізіологічного процесу в ССС, що перевертається з отриманими нами раніше результатами [8, 9].

З огляду на науковий доробок колективу кафедри фізичної терапії, фізичного виховання, спорту та біології Донбаського державного педагогічного університету (м. Дніпро з 2022 року) в яких міститься інформація про позитивний вплив фізичних вправ

на психомоторику та рухову активність дітей, віком 7–10 років, з вродженими патологіями зору (повна та часткова сліпота) [4, 6].

Ми досліджували вплив фізичних навантажень на діяльність ССС у юнаків, які страждають на вроджені вади зору (повна або часткова сліпота). Отримані результати представлені в таблиці 1.

Після фізичних навантажень в другій групі показники ЧСС, середня тривалість серцевого циклу, пульсовий тиск, СОК знаходилися в межах референтних значень. Показники САр. та ДАр. тиску, середнього артеріального тиску, ХОК та секундний об'єм крові в другій групі після фізичних навантажень були достовірно більші за референтні значення.

У другій групі після фізичних навантажень всі досліджувані показники були достовірно більші в порівнянні з вихідними та контрольними значення, крім СОК, який був достовірно менший в порівнянні з вихідними величинами та не відрізнявся від контрольних значень і не виходив за межі референтних величин.

Збільшення ЧСС, САр. та ДАр. тиску, пульсового тиску, середнього артеріального тиску, ХОК та секундний об'єм крові в другій групі після фізичного навантаження було більше на 18,6 %, 5,6 %, 5,6 %, 9 %, 6 %, 12,6 %, 12,5 % в порівнянні з вихідними показниками. В порівнянні з контрольними значеннями ЧСС, САр. та ДАр. тиску, пульсового тиску, середнього артеріального тиску, ХОК та секундний об'єм крові в другій групі після фізичних навантажень були більші на 24 %, 21 %, 10 %, 40,7 %, 14,7 %, 28,7 %, 28,8 % відповідно. Збільшення вище згаданих показників після фізичного навантаження є загально фізіологічною реакцією до фізичних навантажень, але слід звернути увагу на зміни в показниках СОК, які не є характерними для фізіологічно-нормальної реакції організму на фізичні навантаження.

СОК у другій групі після фізичних навантажень був достовірно менший в порівнянні з вихідними значеннями на 5,4 %, але був більший контрольних значень на 3,4 %.

Зменшення величини СОК після фізичних навантажень вказує на слабку адаптація серцевого м'язу до фізичних навантажень, що підтверджується збільшенням ХОК за рахунок збільшення частоти скорочень серцевого м'язу.

Аналізуючи показники індексів, що характеризують діяльність ССС після фізичного навантаження в другій групі, ми встановили достовірно збільшення всіх показників в порівнянні з вихідними та контрольними величинами. Винятком був ІК, який після фізичного навантаження в другій групі мав достовірно зменшення в порівнянні з вихідними значеннями, але при цьому був достовірно більший в порівнянні з контролем.

Так, серцевий індекс (СІ), коефіцієнт економічності кровообігу, Індекс Робінсона в другій групі після фізичних навантажень були більші в порівнянні з вихідними значеннями на 9,8 %, 29,4 %, 25,3 % відповідно. В порівнянні з контрольними величинами серцевий індекс (СІ), коефіцієнт економічності кровообігу, Індекс Робінсона після фізичного навантаження були більші на 25 %, 74,3 %, 49,2 % відповідно. Збільшення досліджуваних індексів в другій групі після фізичних навантажень вказує на глибокі адаптаційні процеси з залученням адаптаційних резервів організму: збільшення СІ вказує на збільшення функціонального навантаження на діяльність серця в систолі; збільшення коефіцієнта економічності кровообігу характеризує додаткові енергетичні затрати на забезпечення руху крові по судинам; зростання показника ІР ознакою збільшення напруження в діяльності серця. Таким чином, всі вище перераховані зміни в індексах вказують на більш генералізовану адаптаційну реакцію ССС на фоні вродженої патології органу зору (повна або часткова сліпота), що може зумовити адаптаційне виснаження функціонально-фізіологічних систем.

Слід звернути увагу на зміну величини ІК в другій групі після фізичних навантажень, а саме його зменшення, що вказує на менш виражене зниження резервних можливостей в регуляції кровообігу, в порівнянні з вихідними даними, що служить

підґрунтям до покращення аеробних можливостей організму та зменшення симпатичного тону.

Таким чином фізичні навантаження на фоні вродженої патології зорової сенсорної системи (повна або часткова сліпота) формують позитивні зміни в регуляторних системах кровообігу, хоча поряд з цим спостерігається збільшення енергозатрат на забезпечення руху крові по судинам та більше функціональне навантаження на серце в період систоли.

Висновок. У юнаків з вродженою патологією зорової сенсорної системи (повна або часткова сліпота) фізичні вправи зменшують симпатичний тонус, покращують аеробні можливості організму, які забезпечують збільшення енергетичних затрат на рух крові по судинам та більш виражене напруження в діяльності серця. Отримані нами дані вказують на зменшення негативного впливу генералізованого адаптаційного синдрому на діяльність організму юнаків що страждають на повну чи часткову сліпоту.

Регулярні заняття спортом мають можливість покращення аеробних характеристик в організмі та нівелювати деякі негативні функціонально-фізіологічні зміни (зменшення симпатичної активації), які сформувалися на фоні вродженої патології зорової сенсорної системи у юнаків.

Література

1. Гельсінська декларація Всесвітньої медичної асоціації «Етичні принципи медичних досліджень за участю людини у якості об'єкта дослідження». [Інтернет]. Документ 990_005, редакція від 01.10.2008. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005. (дата звернення 05.06.2024).
2. Дичко В. В., Василевський В. С. Рівень адаптаційного напруження і клітинна реактивність організму дітей віком 7-10 років із патологією зору. *Вісник проблем біології і медицини*. Полтава, 2017. Вип. 1 (135). С. 391–398.
3. Дичко В. В., Глоба Г. В., Дичко Д. В. Патологічна корекція рухових дій та реактивності організму дітей віком 10-16 років з патологією зору: монографія. Слов'янськ. Вид. Б.І. Маторіна. 2017. 180 с.
4. Дичко В. В., Дичко Д. В., Бобирев В. Є., Василевський В. С., Буров В. В. Вплив розробленого комплексу реабілітаційних заходів на стан загальної імунологічної реактивності організму дітей віком 7-10 років із патологією зору. *Вісник проблем біології і медицини : укр. наук.-практ. журн.* Полтава, 2020. Вип. 4 (158). С. 385–388.
5. Дичко В. В., Дичко Д. В., Захаревська В. А. Характеристика фізичного розвитку організму дітей з патологією зору віком 7-10 років. *Актуальні проблеми фізичного виховання та здоров'я людини: матеріали IV-ої Міжнародної заочної науково-практичної конференції (3-7 грудня 2018 року, м. Слов'янськ)*. Слов'янськ: ДДПУ, 2018. 240 с. С. 7–10.
6. Дичко Д. В., Дичко О. А., Бобирев В. Є., Мельник І. М. Фізичний розвиток дітей з патологією зору. *World science: problems, prospects and innovations.: proceedings of the 10th International scientific and practical conference*. Toronto, Canada. 2021 С. 276–283.
7. Загальна декларація про біоетику та права людини. Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури: відділ етики науки і технологій: сектор соціальних і гуманітарних наук [Інтернет]. 2005 жов. 19; 12 с. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180r.pdf>. (дата звернення 05.06.2024)
8. Казначеев Д. А. Діяльність серцево-судинної системи на фоні вродженої патології зору у юнаків. *Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie*. Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2024. S.425-436. doi.org/10.52058/47-2024.
9. Казначеев Д. А., Шейко В. І. Особливості центральної гемодинаміки у дівчат з вродженими вадами зору. *Наукові записки. Біологічні науки (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя)*. № 3 (2024). С. 59-65.
10. Офтальмологічна допомога в Україні за 2014-2017 роки (аналітично-статистичний довідник). / Р. О. Моїсеєнко та ін. Київ. 2018. 314 с.

11. Функціональна діагностика. Жарінова О., Іваніва Ю., Куця В. ; за ред. Жарінова О., Іваніва Ю., Куця В. Київ, «Четверта хвиля», 2021. 784 с.
12. Шейко В. І. Вплив набутої короткозорості на системний імунітет та показники нейродинамічних функцій. *Матеріали 7 з'їзду Всеукраїнської громадської організації «Українське товариство клітинної біології» з міжнародним представництвом (7th Congress for All-Ukrainian public organization Ukrainian Society of Cell Biology with international representation)*. Львів, 11-13 вересня 2024 року. Львів. 2024 С. 69.
13. Шейко В. І., Івасенко А. Ю. Показники центральної гемодинаміки на тлі набутої короткозорості. *Актуальні проблеми сучасної медицини*. 2024. Т.24 Вип.2(86). С.27-30.
14. Holden B. A., Fricke T. R., Wilson D. A., Jong M., Naidoo K. S., Sankaridurg P., Wong T. Y., Naduvilath T. J., Resnikoff S. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016. 123(5).P. 1036-1042.
15. Noncommunicable diseases: Risk factors. WHO. [Онлайн] https://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight/en/. (дата звернення 05.06. 2024).
16. Sheiko V., Kolesnyk Y., Dereka T. Comparison of indicators of cellular and humoral immunity in acquired myopia mild and high degree. *Zdravotnícke listy*. 2020. V.8. №4. P. 36-42.

References

1. Gelsinska dtklaracij Vsesvitnoi medicnoi asociacii (2008). «Etichni principi medicnih doslidgen za uchastj lydini u ykosti obekta doslidgen» ["Ethical principles of medical research involving a person as a research object"] document 990_005. dostup https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/990_005 (05.06.2024) [in Ukrainian].
2. Dichko V. V., Vasilevskiy V. S. (2017) Rol adaptacijnogo naprugennj I klitinna reaktivnost organizmu ditey vikom 7-10 rokov sz patologiej zoru [The level of adaptive stress and cellular reactivity of the body of children aged 7-10 years with vision pathology] *Visnik problem biologii i medicine – Bulletin of Problems of Biology and Medicine*. 1 (135) 391–398 [in Ukrainian].
3. Dichko V. V., Globa, G. V., Dichko, D. V. (2021) Panofiziologichna korekcj ruhovih dij ta reaktivnosti organizmu ditey vikom 10-16 rokov z patologij zoru [Pathophysiological correction of motor actions and body reactivity of children aged 10-16 years with vision pathology] *Slavyansk. Vid. D. I. Matorina – Slavyansk. Type of B.I. Matorina*. 180 [in Ukrainian].
4. Dichko V. V., Dichko D. V., Bobirev V. E., Vasilevskiy V. S., Burov V. V. (2020) Vpliv rozroblenogo komplksu reabilitacijnih zahodiv na stan zagalnoi imunologichnoi rtaktivnosti organizmu ditey vikom 7-10 rokov sz patalogiej zoru [The impact of the developed complex of rehabilitation measures on the state of general immunological reactivity of the body of children aged 7-10 years with vision pathology] *Visnik problem biologii i medicine – Bulletin of Problems of Biology and Medicine* 4 (158) 385–388. [in Ukrainian].
5. Dichko V. V., Dichko D. V., Zaharevska V. A. (2018) Harakteristika fizichnogo rozvitku organizmu ditey z patologiej zoru vikom 7-10 rokov [Characteristics of the physical development of children with vision pathology aged 7-10 years] *Aktualni problem fizichnogo vihovanij ta zdorovij lydini IV Mignarodna zaochna naukovo-praktichna konferencij* [Current problems of physical education and human health IV International Correspondence Scientific and Practical Conference]. Slovjnsk [in Ukrainian].
6. Dichko, V. V., Dichko, O. A., Bobirev, V. E., Melnik, I. M. (2021) Fizichniy rozvitok ditey z patologiej zoru [Physical development of children with visual pathology]. *World science: problems, prospects and innovations.: proceedings of the 10th International scientific and practical conference*. Toronto, Canada. P. 276–283 [in Ukrainian].
7. Zagalna deklaracij pro bioetiku ta prava lydini (2005). [General Declaration on Bioethics and Human Rights]. Organizacij Obednanih Nacii z pitan osviti, nauki I kulturi: viddil etiki nauki I tehnologii: stktor socialnih I gumanitarnih nauk. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001461/146180r.pdf> (05.06.2024) [in Ukrainian].
8. Kaznacheev D. A. (2024) Dijlnist sercevo-sudinnoi sistemi na foni vrodgenih patologij zoru u ynakiv [Cardiovascular system activity against the background of congenital vision pathology in young men] *Moderní aspekty vědy: XLVII. Díl mezinárodní kolektivní monografie*. Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o.. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. S.425-436. doi.org/10.52058/47-2024. [in Ukrainian].

9. Kaznacheev D. A., Sheiko V. I. (2024) Osoblivosti centralnoi gemodinamiki u divchat z vrodgenimi vadami zoru [Features of central hemodynamics in girls with congenital visual impairments] *Naukovi zapiski. Biologichni nauki (Nigenskogo dergavnogo universiteta imeni Mikoli Gogolj) – Scientific notes. Biological Sciences (Nizhyn State University named after Mykola Gogol).* 59-65. [in Ukrainian].
10. Moiseenko, R. O. (2018) Oftalmologichna dopomoga v Ukraini za 2014-2017 roki (analitichno-statistichniy dovidnik) [Ophthalmological care in Ukraine for 2014-2017 (analytical and statistical guide)] Kyiv [in Ukrainian].
11. Garinova, O., Ivaniv, Y., Kucj, V. (2021) Funkcionalna diagnostika [Functional diagnostics] Kyiv. Chetverta hvilj – Kyiv «Fourth wave» [in Ukrainian].
12. Sheiko, V. I. (2024) Vpliv nabunoi korotkozorosti na sistemnij imunitet ta neyrodinamichni funkcii [The influence of acquired myopia on systemic immunity and indicators of neurodynamic functions]. *Materiali 7 zizdu Vseukrainskoi gromadskoi organizacii 'Ukrainske tovaristvo klitinnoi biologii' z mignarodnim predstavnicvom [7th Congress for All-Ukrainian public organization Ukrainian Society of Cell Biology with international representation]*. Lviv. [in Ukrainian].
13. Sheiko, V. I., Ivashenko, A. Yu. (2024) Pokazniki centralnoi gemodinamiki na tli nabutoi korotkozorosti [Indicators of central hemodynamics against the background of acquired myopia] *Aktualni probltmi suchasnoi medicine – Actual problems of modern medicine.* 24(2(86)) 7-30 [in Ukrainian].
14. Holden, B. A., Fricke, T. R., Wilson, D. A., Jong, M., Naidoo, K. S., Sankaridurg, P., Wong, T. Y., Naduvilath, T. J., Resnikoff, S. (2016) Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 23 (5), 1036-42 [in English].
15. Noncommunicable diseases: Risk factors. WHO. [Online] https://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/overweight/en/. (05.06. 2024) [in English].
16. Sheiko, V., Kolesnyk, Y., Dereka, T. (2020) Comparison of indicators of cellular and humoral immunity in acquired myopia mild and high degree. *Zdravotnicke listy*, 8 (4), 36-42 [in English].

Kaznacheev D.

graduate student of the Department of Biology
Mykola Gogol Nizhyn State University
epala77777777ent@gmail.com
ORCID: 0009-0009-4728-0111

Sheiko V.

doctor of biological sciences, professor,
Professor of the Department of Biology
Mykola Gogol Nizhyn State University
interliycin@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7932-4478

THE INFLUENCE OF REGULAR SPORTS ACTIVITIES ON CENTRAL HEMODYNAMIC INDICATORS IN YOUNG MEN WITH CONGENITAL VISUAL DISORDERS

Any morphofunctional changes of the eye, whether congenital or acquired, are accompanied not only by disturbances in the activity of the visual sensory system, but also by disturbances in the implementation of the motor function of the human body. Disturbances in motor activity and coordination of movements are caused by a decrease in visual acuity, dysfunction of binocular vision and a decrease in the mobility of the eyeball. Pathology of the visual sensory system also has concomitant pathological processes that cause pathophysiological changes in the formation of motor reflexes and

motor automatism, hypodynamia, deterioration of central hemodynamics, the formation of immunodeficiency states (cellular link of systemic immunity), disturbances in working posture and posture.

The aim of our work is to study the impact of regular sports on indicators characterizing the functioning of the cardiovascular system against the background of congenital pathology of the visual sensory system (complete or partial blindness) in young men aged 22.8 ± 1.2 years.

The study was conducted on a group of volunteers, consisting of 21 people – control/first group (practically healthy), 21 people – second group (volunteers with congenital pathologies of the visual sensory system: complete or partial blindness). The state of the cardiovascular system was characterized by heart rate, systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, mean arterial pressure, systolic blood volume, minute blood volume, circulatory efficiency coefficient, Kerdo index, average duration of the cardiac cycle, second blood volume, cardiac index, Robinson index. Physical exercises in the second group of volunteers were regular swimming lessons for 1-2 hours 5 times a week. Against the background of congenital pathology of the visual sensory system, all indicators characterizing the state of the CCS were significantly higher compared to control values, but were within the reference values.

Regular exercise caused a significant increase in the indicators of SBP and DBP, mean arterial pressure, CBC and cardiac output compared to the reference values. All the studied indicators of cardiovascular system after physical exercise had a significant difference compared to the baseline and control values. Heart rate, SBP and DBP, PT, mean arterial pressure, CBC and cardiac output were higher in the second group after physical exercise by 24%, 21%, 10%, 40.7%, 14.7%, 28.7%, 28.8% compared to the control. CBC after physical exercise was significantly lower compared to the baseline values, such a reaction indicates a weak adaptation of the heart muscle to physical exercise. IR after physical exertion decreased (to $+7.33 \pm 0.5$; after $+5.5 \pm 0.45$), which indicates a decrease in sympathetic tone and an improvement in the aerobic capabilities of the body.

Thus, physical activity against the background of congenital pathology of the visual sensory system creates positive changes in the regulatory systems of blood circulation.

Key words: sports, visual organ dysfunction, complete or partial blindness, central hemodynamics, cardiac system indices, heart rate, systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, mean arterial pressure, systolic blood volume, minute blood volume.

**Стаття до редакції надійшла 12.12.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 24.09.2024 року**

УДК 616-073.756.8:611.714:001.8
DOI 10.31654/2786-8478-2024-BN-4-60-76

Кучменко О. Б.

доктор біологічних наук, професор,
завідувач кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
kuchmeh@yahoo.com
orcid.org/0000-0002-3021-8583

Шейко В. І.

доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
interlycin@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7932-4478

Мхітарян Л. С.

доктор медичних наук, професор,
професор кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
laurasmkhitarian@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2347-0107

Гавій В. М.

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
gaviyv@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2804-0456

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНОЇ ТОМОГРАФІЇ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЧЕРЕПА ЛЮДИНИ

У статті проаналізовано та узагальнено сучасні дослідження щодо застосування магнітно-резонансної томографії для краніометричного (цефалометричного) аналізу, щоб визначити ключові аспекти в оцінюванні її ефективності. У першій половині 2000-х рр. дослідники зосередилися на вивченні базових можливостей МРТ для краніометрії, встановивши її здатність надійно визначати класичні краніометричні точки та шви. Важливим етапом стало представлення нової послідовності МРТ «Чорна кістка» як неіонізуючої альтернативи КТ для тривимірної цефалометрії. У пізніх 2010-х – ранніх 2020-х рр. було досягнуто значного прогресу в оцінці МРТ для краніометрії. Порівняння МРТ з боковими цефалометричними рентгенограмами (БЦР) не виявило значущих відмінностей між вимірюваннями, підтвердивши можливість точної цефалометрії за допомогою МРТ без використання іонізуючого випромінювання. Дослідження А. Юершотта й колег продемонструвало високу геометричну точність і відтворюваність цефалометричних вимірювань на основі МРТ при 3 Тесла, підкресливши потенціал МРТ для точного 3D цефалометричного аналізу. МРТ показала низку переваг порівняно з традиційними методами, зокрема можливість отримувати додаткову інформацію про м'які тканини. Метод дає змогу вивчати вікові зміни об'єму та форми мозку, зміни товщини диплоє й розмірів черепа. Розширюється клінічне застосування МРТ в краніометрії, включаючи вивчення впливу статі, раси й краніометричних показників на велофарингеальну анатомію та планування ортодонтичного лікування. Перспективними напрямками розвитку є

метод UTE MRT та методи 3D цефалометричних вимірювань, засновані виключно на MRT. Ефективність і точність вимірювань зростає завдяки автоматизації аналізу MRT-зображень. Загалом MRT визнано надійною альтернативою рентгєнівським методам, особливо для повторних обстежень молодих пацієнтів. Проте необхідно оптимізувати протоколи та знижувати вартість MRT для широкого клінічного впровадження в краніометрії. Очікується, що роль MRT в краніометрії зростатиме завдяки розвитку технологій і методів аналізу, відкриваючи нові можливості для діагностики та планування лікування в різних галузях медицини.

Ключові слова: краніометрія, череп, морфологія та анатомія, адаптаційна морфологія, магнітно-резонансна томографія, цефалометрія.

Постановка проблеми. Основи ядерного магнітного резонансу заклали Ф. Блох та Е. Пурселл 1946 р., за що отримали Нобелівську премію з фізики 1952 р. Дослідження живих тканин розроблялись у 1950–1960-х рр., зокрема в роботах Е. Одеблада. Ключовим моментом стало впровадження в працях П. Лаутербура просторового кодування за допомогою градієнтів магнітного поля 1971 р., що відкрило шлях до отримання зображень. У 1980-х рр. було розроблено швидкі методи сканування та розпочалося клінічне застосування магнітно-резонансної томографії (MRT) [20]. Огляд розробок, спрямованих на застосування MRT для анатомо-морфологічних та функціонально-морфологічних досліджень, зокрема краніометричних (цефалометричних) досліджень допоможе систематизувати наявні знання визначити перспективні напрямки для подальших наукових робіт у цій галузі, що, в свою чергу, сприятиме вдосконаленню методів діагностики та лікування, а також розширенню розуміння анатомо-функціональних особливостей людського організму.

Аналіз попередніх досліджень. С. Вайд, А. Чандоркар, А. Атре, Д. Шах, Н. Вайд у статті про останні досягнення MRT голови та шиї, основи черепа й черепних нервів лише побіжно згадали про наявність методу MRT «Чорна кістка», який може бути застосований для цефалометрії [24]. М. Ашірдізер, І. К. Сари Карабаг у огляді літератури про історичний розвиток морфологічних та анатомічних досліджень кісток черепа, а саме їх товщини та можливість застосовувати ці дані в судовій медицині, зокрема посилався на науковий доробок Х. Г. Хатіпоглу зі співавторами, присвячену зв'язку між товщиною диплоє черепа, краніометричними вимірюваннями й статтю, віком та індексом маси тіла людини (антропоморфологічними індексами) [2]. Сенні-малай, М. Селварадж, О. П. Харбанда, Д. Кандасамі, К. Мохайдін проаналізували сучасний стан та перспективи MRT-цефалометрії. Автори дійшли висновку, що MRT-цефалометрія є перспективним методом для вивчення анатомо-функціональних та морфо-адаптаційних характеристик людського організму, зокрема області тіла голови (череп), але потребує подальших досліджень для оптимізації MRT-протоколів та ширшого впровадження методу в ортодонтичну практику [22].

Мета роботи: проаналізувати та узагальнити сучасні дослідження щодо застосування магнітно-резонансної томографії для краніометричного (цефалометричного) аналізу, щоб визначити ключові аспекти в оцінюванні її ефективності.

Виклад основного матеріалу. Т. Еврар, Ф. Коттон, Ф. Дюран-Дюбьєсф, К. Паше, М. Кюшера, Ф. Рамірес-Роцці, А. Бонмартен, А.-М. Гійар-Коста, В.-А. Чан Мін, Б. Валле, Ж.-К. Фроман комплексно дослідили розвиток черепного склепіння та мозкової паренхіми з віком, використовуючи MRT. Вони проаналізували MRT-зображення 126 здорових пацієнтів (61 жінка і 65 чоловіків) від 20 до 80 років, використовуючи MRT-сканер Intera 1,5 T (Philips Medical System). При цьому вимірювали різні параметри черепного склепіння: довжину (глабела-опістокраніон), ширину (еуріон-еуріон), висоту (базіон-вертекс), а також ширину третього шлуночка в площині передньої та задньої спайок (CA-CP). Було встановлено середні показники цих

вимірів, а також те, що розміри черепного склепіння (довжина, ширина, висота) залишаються стабільними протягом усього дорослого життя, не змінюючись значно від 20 до 80 років. Чоловіки мали більші розміри черепного склепіння, але ця різниця не була значущою після нормалізації за зростом. Дослідники запропонували індекс черепного склепіння, розрахований як (довжина + ширина + висота) / 3. Цей індекс корелює з ростом людини ($r = 0,64$) і має дуже низьку міжіндивідуальну варіабельність (стандартне відхилення < 4 мм). Середнє значення індексу становило $155,8 \pm 4,9$ мм. Натомість ширина третього шлуночка, яка є показником атрофії мозку, збільшується експоненціально з віком (коефіцієнт кореляції 0,79). На основі цих результатів, дослідники запропонували використовувати стабільні розміри черепного склепіння як базу для нормалізації вимірювань мозкової паренхіми, що зменшується з віком [3]. Це дослідження з використанням краніометрії надало важливі дані для розуміння вікових змін мозку та запропонувало новий підхід до нормалізації нейровізуалізаційних вимірювань.

Т. Еврар, Ф. Коттон, Ф. Рамірес-Роцці, А.-М. Гійар-Коста, В.-А. Чан Мінь, Б. Валле, Ж.-К. Фроман дослідили можливість використання магнітно-резонансної томографії (МРТ) для визначення краніометричних точок, черепних швів та відповідних відстаней. Автори провели проспективне дослідження з використанням МРТ-последовательностей SET2 та 3DFFE з товщиною зрізу 1 мм на контрольній групі з 126 дорослих від 20 до 80 років. Вони зосередилися на визначенні таких краніометричних точок: еуріон, опістокраніон, базіон, вертекс і глабела, а також коронального, лямбдоподібного й сагітального швів. Автори також провели кореляційне дослідження краніометричних відстаней на 5 сухих черепах, порівнюючи вимірювання, отримані за допомогою компаса й/або штангенциркуля, з вимірюваннями МРТ. Дослідники встановили, що черепні шви були видимі у 125 з 126 випадків, з'являючись як гіпоінтенсивні смуги на всіх послідовностях, особливо чітко на товстих зрізах. Краніометричні точки було успішно визначено в усіх пацієнтів. Техніка вимірювання відстаней склепіння черепа виявилася надійною та відтворюваною ($r = 0,9$). Тож було зроблено висновок, що МРТ головного мозку дає змогу надійно визначати класичні краніометричні точки та шви, що створює передумови для подальшого вивчення розмірів склепіння черепа [7]. Це дослідження надало важливі дані для розуміння можливостей МРТ у визначенні краніометричних точок та швів, а також запропонувало новий підхід до точного вимірювання розмірів черепного склепіння та його змін із віком.

Ф. Коттон, Ф. Рамірес-Роцці, Б. Валле, С. Паше, М. Ерм'є, А.-М. Гійар-Коста, Ж.-К. Фроман провели дослідження, щоб оцінити можливості використання МРТ у визначенні черепних швів, краніометричних точок і вимірювань. Вони проаналізували 150 МРТ-досліджень головного мозку здорових людей віком 20–49 років із європеїдної популяції, а також додатково вивчили 498 сухих черепів за допомогою дигітайзера для порівняння результатів. Для перевірки точності МРТ-методу автори додатково виміряли чотири сухих черепа за допомогою МРТ, циркуля та цифрового штангенциркуля. Дослідники встановили, що черепні шви на МРТ завжди проявляються як темні лінії, незалежно від використаної послідовності. Оптимальна візуалізація досягається при товщині зрізу 5 мм. Усі 11 досліджуваних краніометричних точок можна ідентифікувати на МРТ, хоча деякі з них (поріон, підочноямкову) виявити складніше. Вимірювання, отримані за допомогою МРТ, виявилися подібними до класичних антропометричних даних. Також було визначено середні значення основних вимірів (висота від вертекса до базіона; ширина між еуріонами; довжина від глабели до опістокраніона) й те, що на серединному T1-зваженому сагітальному зображенні можна визначити всі медіанні краніометричні орієнтири та розрахувати ключові вимірювання. Загалом результати МРТ-вимірювань добре узгоджувалися з даними, отриманими іншими методами, що, на думку авторів, відкриває нові можливості для антропологічних і медичних досліджень, даючи змогу проводити

краніометричний аналіз неінвазивним методом на живих суб'єктах [4]. Підсумовуючи, Ф. Коттон зі співавторами довели, що стандартне МРТ-дослідження головного мозку дає можливість достовірно оцінювати краніометричні точки та вимірювання.

Х. Г. Хатіпоглу, Х. Н. Озджан, У. С. Хатіпоглу та Е. Юксель провели комплексне дослідження, щоб оцінити зв'язок між товщиною диплое черепа, краніометричними вимірюваннями й такими характеристиками особи як стать, вік та індекс маси тіла (ІМТ). Автори дослідили МРТ-знімки 107 осіб (59 жінок і 48 чоловіків) від 21 до 81 року (середній вік $45,05 \pm 15,28$ років) з середнім ІМТ $25,51 \pm 4,44$. Вони вимірювали товщину диплое в ділянках глабели, брегми, лямбди, опістокраніону й еуріону, а також визначали довжини глабела-опістокраніон, вертекс-базіон, еуріон-еуріон та базіон-опістіон. У результаті дослідження було встановлено статистично значущу лінійну кореляцію між віком і товщиною диплое в усіх досліджуваних ділянках черепа й кореляцію між ІМТ та довжиною базіон-опістіон; статевий диморфізм у всіх краніометричних даних, включаючи відстані між ключовими точками черепа та його об'єм. Також виявлено було і зв'язок між товщиною диплое в різних точках склепіння черепа та можливість використання стандартного МРТ-дослідження головного мозку для отримання антропологічних орієнтирів і краніометричних даних. Загалом автори дійшли висновку, що на основі товщини диплое й краніометричних даних можливо визначити вік, стать та індекс маси тіла особи [9]. Це дослідження є дуже значущим як для судової медицини, так і для антропології, особливо у випадках ідентифікації людських останків або при аналізі черепно-мозкових травм.

Р. К. Ваннуччі, Т. Ф. Баррон, Д. Лерро, С. К. Антон та С. Дж. Ваннуччі, використовуючи МРТ, комплексно дослідили вікові зміни об'єму та форми мозку в молодих людей. Вони вивчили 118 осіб віком від 1 тижня до 18,7 року, зібравши широкий спектр даних, включаючи вік, стать, вагу, зріст, індекс маси тіла та окружність голови (ОГС). Дослідники провели по 20 краніометричних вимірювань для кожного учасника, завдяки чому визначили конкретні співвідношення та простежили статеві й вікові зміни форми та розміру мозку. Ключовим відкриттям стало те, що окружність голови сучасних дітей у середньому на 3,4% більша, ніж 40 років тому. Науковці припустили, що це пов'язано з загальним зростанням статури населення. Також виявили, що найбільш значні зміни об'єму та форми мозку відбуваються у віці немовляти. Важливо, що було встановлено існування статевого диморфізму як в об'ємі, так і в формі мозку та різної динаміки розвитку різних частин мозку. Автори також виявили, що конкретні краніометричні вимірювання точно віддзеркалюють зміни форми та розміру мозку з віком. Автори висловили сподівання, що їхня робота стане основою для досліджень розвитку мозку не лише в сучасних, але й у давніх популяціях [25]. Дослідження надало цінну базу даних краніометричних вимірювань сучасних немовлят, дітей, що відкриває нові можливості для вивчення еволюції та онтогенезу людського мозку.

В. Сабанджіоглуларі, М. І. Кошар, І. Шалк, Ф. Х. Ерділ, І. Озтопрак та М. Чімен, використовуючи МРТ, всебічно дослідили товщину диплое та розміри черепа в середньоанатолійській популяції. Вони проаналізували МР-зображення 305 пацієнтів (188 жінок і 117 чоловіків) від 4 до 90 років, середній вік яких становив $40,98 \pm 20,44$ років. Дослідники вимірювали товщину диплое в шести точках: середньо-лобова, передня й задня брегма, лямбда, опістокраніон та еуріон. Для визначення об'єму черепа вони вимірювали вісім відстаней між ключовими краніометричними точками. Зрештою, було виявлено статистично значущу позитивну кореляцію між віком і товщиною диплое в усіх точках вимірювання. Товщина диплое зростала з віком, особливо після 61 року. В досліджуваних обох статей товщина диплое в тім'яних кістках була меншою, ніж у лобових і потиличних. Череп у чоловіків виявився більшим за всіма краніометричними показниками. Відстань між глабелою й опістокраніоном зростала з віком в осіб обох статей, але висота базіон-вертекс зменшувалась у жінок із 61 року. Статистично значущої різниці між віковими групами за

максимальною шириною черепа виявлено не було, натомість довжина великого потиличного отвору зменшувалася з віком як у чоловіків, так і у жінок. Автори підкреслили, що ці результати можуть бути корисними для визначення статі та віку в судовій медицині, а також для планування хірургічних втручань на черепі та вибору кісткового трансплантата [21], що є цілком обґрунтовано. Це дослідження суттєво поглибило розуміння вікових змін товщини диплоє й розмірів черепа в середньоанатолійській популяції, а також містить важливі практичні пропозиції для судової медицини й хірургічного планування, зокрема для вибору кісткових трансплантатів.

К. А. Ілі, А. Г. Макінтайр, С. Р. Ватт-Сміт та С. Дж. Голдінг дослідили новий метод МРТ під назвою «Чорна кістка» для візуалізації черепно-лицьового скелета і встановили його потенціал у зниженні впливу іонізивного випромінювання. Вони розробили низькокутову градієнтну ехо-послідовність МРТ, яка забезпечує високий контраст між кістковою тканиною й м'якими тканинами, але зменшує контраст між окремими м'якими тканинами. Точність вимірювань за допомогою цієї послідовності, підтверджена на фантомі, показала середню розбіжність лише 0,32 мм порівняно з прямими анатомічними вимірюваннями. Автори дійшли висновку, що МРТ «Чорна кістка» має потенціал замінити КТ-сканування при візуалізації лицьового скелета, особливо для діагностики доброякісних станів у молодих пацієнтів, тим самим зменшуючи вплив радіації [5]. Наступного року ті самі автори представили метод МРТ «Чорна кістка» для тривимірного цефалометричного аналізу. Їхньою метою було знайти неіонізивну альтернативу КТ для цефалометрії. Методологія дослідження включала: отримання зображень «Чорної кістки», T1 та T2 зважених спін-ехо зображень у восьми пацієнтів; порівняння вимірювань на МРТ-зображеннях з бічними цефалограмами; оцінку простоти ідентифікації орієнтирів за десятибальною шкалою. Як було встановлено, візуалізація «Чорної кістки» перевершила зважену T1 і T2 візуалізацію щодо ідентифікації цефалометричних орієнтирів. На зважених T2 зображеннях деякі середньосагітальні цефалометричні орієнтири не можна було чітко ідентифікувати. Вимірювання на «Чорній кістці» показали найменшу розбіжність порівняно з бічною цефалограмою (1–2 мм). Розбіжності між вимірюваннями на МРТ й бічній цефалограмі частково пояснюються неточностями самої бічної цефалограми. Автори дійшли висновку, що МРТ «Чорна кістка» – це покращений метод ідентифікації цефалометричних орієнтирів порівняно зі звичайними послідовностями МРТ й може стати потенційною неіонізивною альтернативою КТ для тривимірної цефалометрії [6]. Отже, було обґрунтовано переваги послідовності МРТ «Чорна кістка» порівняно з традиційними T1 і T2-зваженими зображеннями для цефалометрії.

І. Горбенко, К. Миколайчик, І. Яровий, Т. Кубік і К. Калужинський розробили новий автоматичний метод визначення краніометричних орієнтирів та вимірювання товщини м'яких тканин на основі МРТ-даних. Їхній метод базується на нежорсткій реєстрації цільового зображення до шаблону. Методологія дослідження включала: створення трьох шаблонів МРТ для різних діапазонів індексу маси тіла; визначення 20 пар орієнтирів на черепі й на поверхні обличчя для кожного шаблону; валідацію методу на 18 МРТ-зображеннях дорослих жінок європеїдної раси з ІМТ в діапазоні 20–25 кг/м². Автори довели, що їхній метод дає змогу автоматично визначати 20 пар краніометричних орієнтирів на поверхні черепа та обличчя. Отримані значення товщини м'яких тканин виявилися близькими до результатів, отриманих ультразвуковим методом, також вдалося прискорити локалізацію краніометричних орієнтирів і мінімізувати вплив оператора, усуваючи похибки, пов'язані з контактом з суб'єктом або недостатніми вміннями оператора. Загалом автори підкреслили новизну свого методу, який виконує зворотне перетворення на наборі краніометричних точок, а не на поверхні шаблону обличчя, що відрізняє його від попередніх підходів до реконструкції обличчя [8]. Отже, було обґрунтовано переваги запропонованого методу порівняно з традиційним ультразвуковим.

Дж. Л. Перрі, Д. П. Кюн і Кс. Фанг комплексно дослідили вплив статі, раси та краніометричних показників на велофарингеальну анатомію. Вони вивчили 88 дорослих із трьох расових груп. Методологія включала використання високороздільного тривимірного МРТ-сканування для отримання точних зображень. Дослідники детально вимірювали м'яз-підіймач м'якого піднебіння, м'яке піднебіння та краніофациальні структури. Важливим аспектом їхнього підходу стало використання окружності голови як коваріати для контролю впливу загального розміру черепа на аналізи. Результати показали, що висота піднебіння, лінійна основа черепа, висота й ширина обличчя значно варіюються залежно від статі (в чоловіків значення більші, ніж у жінок). Значення лінійної основи, кут основи черепа та ширина обличчя значно варіювалися залежно від раси. Показники м'яза-підіймача, за винятком кутових, значно варіювалися залежно від статі, на відміну від раси. Довжина й товщина м'якого піднебіння значно варіювалися залежно від раси та статі. Це дослідження стало першим, яке вивчало вплив раси та статі на морфологію м'яза-підіймача [19], що робить його особливо цінним для розуміння анатомічних варіацій у різних популяціях. Також воно суттєво доповнює попередні праці з краніометрії.

А. Гайль, Е. Л. Гонсалес, Т. Гільгенфельд, М. Прагер, Й. Градль, А. Зоммер, М. Бендцус, С. Гайланд, К. Люкс і С. Цінглер дослідили МРТ для повного латерального цефалометричного аналізу та встановили її ефективність порівняно з традиційними боковими цефалометричними рентгенограмам (БЦР, «золотий стандарт»). Автори провели проспективне дослідження за участю 20 дітей та підлітків, яким було показане ортодонтичне лікування. Вони використали спеціально розроблену МРТ-методику з поверхневою котушкою та оптимізованою 3D-послідовністю. Отримані дані МРТ були трансформовані в бічну цефалограму за допомогою спеціального алгоритму сегментації. У ході дослідження вчені порівняли результати МРТ з БЦР за допомогою спеціалізованого ортодонтичного програмного забезпечення. Статистичний аналіз проводився з використанням двостороннього критерію суми рангів Вілкоксона та коефіцієнтів внутрішньокласової кореляції. Науковці не виявили значущих відмінностей між вимірюваннями за допомогою БЦР та МРТ для всіх відстаней та кутів, визначених на основі референтних точок. Окрім того, обидва методи продемонстрували відмінну міжекспертну та внутрішньоекспертну надійність. Тож було зроблено висновок, що представлений метод МРТ дає змогу проводити точну цефалометрію без значущих відмінностей від БЦР. Це відкриває можливість проведення латерального цефалометричного аналізу на основі МРТ, забезпечуючи короткий час дослідження без іонізувального випромінювання [11]. В роботі містяться важливі докази того, що МРТ може бути ефективною альтернативою традиційним БЦР для повного латерального цефалометричного аналізу.

А. Гайль, Е. Л. Гонсалес, Т. Гільгенфельд, Ф. Кіккінґередер, М. Бендцус, С. Гайланд, А.-К. Озґа, А. Зоммер, К. Дж. Люкс та С. Цінглер провели проспективне дослідження, щоб оцінити, чи є МРТ еквівалентною БЦР у цефалометричному аналізі. Автори оптимізували методику МРТ для короткого часу сканування, високої роздільної здатності, високого контрасту та геометричної точності. Для дослідження вони використали 20 пацієнтів (середній вік \pm SD, 13,95 років \pm 5,34), яким перед ортодонтичним лікуванням провели МРТ та БЦР. Дослідники обробили МРТ-дані для отримання бокових цефалограм. Два незалежних спостерігача двічі провели цефалометричний аналіз для обох методів з інтервалом у 4 тижні. Автори ідентифікували 8 двосторонніх і 10 серединно-сагітальних орієнтирів та розрахували 24 широко використовувані вимірювання (14 кутів, 10 відстаней). Вони провели статистичний аналіз за допомогою внутрішньокласового коефіцієнта кореляції (ICC), аналізу Бленда-Альтмана та двох односторонніх тестів (TOST) у межах заздалегідь визначеного еквівалентного діапазону $\pm 2^\circ/\text{мм}$. Дослідники підтвердили геометричну точність методу МРТ за допомогою фантомних вимірювань. Вони встановили, що за винятком міжрізцевого кута ($p = 0,17$), всі вимірювання були статистично еквівалентними

($p < 0,05$), й дійшли висновку, про можливість планувати ортодонтичне лікування без радіаційного опромінення на основі МРТ. Автори також визначили, що високороздільні ізотропні набори даних МРТ можуть бути перетворені на бокові цефалограми, що дає змогу проводити надійні вимірювання, які застосовуються в ортодонтичній практиці, з високою узгодженістю з відповідними вимірюваннями на БЦР [10]. Тож було доведено, що МРТ може бути надійною альтернативою БЦР для цефалометричного аналізу в ортодонтичній практиці.

А. Юершотт, К. Фройдльсперґер, Д. Вебер, Й. М. Е. Йенде, М. А. Салім, С. Цінґлер, К. Й. Лукс, М. Бендцус, С. Гайланд, Т. Гільґенфельд провели ґрунтовне дослідження *in vivo*, щоб валідувати геометричну точність і відтворюваність цефалометричних вимірювань на основі орієнтирів з використанням високороздільної 3D МРТ при 3 Тесла. Спершу для валідації точності було проведено 96 кутових і 96 лінійних вимірювань на фантомі в 3 різних положеннях, що дало змогу оцінити точність вимірювань у контрольованих умовах. На етапі дослідження *in vivo* було проведено МРТ-сканування на 3 добровольцях у п'яти різних положеннях голови. Для кожного сканування визначено 27 орієнтирів (19 кутів і 26 відстаней), що дало змогу оцінити відтворюваність вимірювань у реальних умовах. У результаті всі МРТ-вимірювання фантома показали статистичну еквівалентність ($p < 0,001$) та відмінну узгодженість з еталонними значеннями. Цефалометричний аналіз *in vivo* був високо відтворюваним серед п'яти різних положень голови в усіх учасників дослідження, без статистичних відмінностей для всіх кутів і відстаней ($p > 0,05$). Діапазони між максимальними й мінімальними значеннями *in vivo* були послідовно меншими за 2° та 2 мм відповідно, що вказує на високу точність методу. Дослідники використовували 3D MSVAT-SPACE послідовність, оптимізовану для краніофасіальної МРТ. Важливо, що час сканування становив 7:01 хв., а загальний час обстеження – близько 10 хв., що робить метод практичним для клінічного застосування. Це дослідження демонструє, що МРТ дає змогу проводити точний і відтворюваний 3D цефалометричний аналіз без опромінення, що цінно для широкого клінічного застосування в ортодонції й щелепно-лицьовій хірургії, особливо для молодих пацієнтів, яким часто потрібні повторні обстеження. Орім того, завдяки відсутності іонізивного випромінювання відкривається перспектива вивчати здорових осіб для встановлення референтних значень, що може суттєво вплинути на розуміння нормальної анатомії та її варіацій [16]. Отже, це дослідження дуже важливе для оцінювання МРТ як надійного методу для 3D цефалометрії.

К. Масперо, А. Абате, Ф. Беллінчіоні, Д. Каваґнетто, В. Лантері, А. Коста й М. Фарронато, порівняли тривимірний цефалометричний аналіз, виконаний за допомогою 3 Т МРТ та конусно-променевого КТ. Це дослідження мало на меті оцінити, чи може МРТ забезпечити порівнянну якість інформації без радіаційного опромінення. Дослідження дало змогу виявити високий рівень узгодженості між вимірюваннями на КПКТ та відповідними вимірюваннями на 3 Т МРТ. Для всіх лінійних і кутових вимірювань статистично значущої різниці між двома методами відзначено не було. Натомість виявилось, що 3 Т МРТ забезпечує достатню точність та надійність для клінічних цілей, однак дещо менш продуктивна порівняно з КПКТ. Отже, МРТ показало потенціал стати альтернативою КПКТ для тривимірного цефалометричного аналізу. Результати підтверджують, що МРТ можна використовувати в ортодонції та щелепно-лицьовій хірургії для діагностики, планування лікування й моніторингу прогресу, адже так можна значно знизити кумулятивне радіаційне навантаження на пацієнтів, особливо при частих повторних обстеженнях. Однак, дослідники також підкреслили необхідність у подальших дослідженнях із більшими вибірками для підтвердження отриманих результатів у різних аспектах цефалометричного аналізу. Це, на думку авторів, має поглибити оцінки можливості використання МРТ замість КПКТ для 3D цефалометричного аналізу в клінічній практиці [18]. Робота є важливим кроком у розвитку неіонізивних методів діагностики

в ортодонції та щелепно-лицьовій хірургії. Вона демонструє потенціал МРТ як безпечної та ефективною альтернативи, відкриваючи нові можливості для покращення догляду за пацієнтами.

А. Юершотт, М. А. Салім, Т. Гільгенфельд, К. Фройдльсперґер, С. Цінґлер, К. Й. Лукс, М. Бендцус, С. Гайланд поглиблено оцінили надійність визначення 3D цефалометричних орієнтирів *in vivo* з використанням МРТ. Методологія дослідження була ретельно розроблена. В дослідженні за допомогою МРТ-апарата 3 Тесла взяли участь 16 пацієнтів ортодонтичного профілю, застосовувалася 3D послідовність з високою роздільною здатністю 0,5 мм. На кожному МРТ-скані було визначено 44 цефалометричних орієнтири. Аналіз проводили двічі два незалежні спостерігачі, що дало змогу оцінити як внутрішньо-, так і міжекспертну надійність. Внутрішньо- та міжекспертна узгодженість оцінювалася за допомогою середніх похибок вимірювань та внутрішньокласових коефіцієнтів кореляції (ВКК). Похибки вимірювань розраховувалися як евклідові відстані та відстані для координат x , y та z . В результаті 3D цефалометричні орієнтири на основі МРТ показали високу надійність, порівнянню з попередніми дослідженнями *in vivo* з використанням КПКТ/МСКТ. Внутрішньо- та міжекспертні ВКК вказали на відмінну узгодженість. Спостерігалися чіткі відмінності в надійності між різними орієнтирами, що добре відповідало специфічним формам орієнтирів. Тож МРТ дає змогу надійно визначати 3D цефалометричні орієнтири *in vivo*, з високою внутрішньо- та міжекспертною узгодженістю. Це відкриває шлях до використання МРТ для планування лікування та моніторингу в ортодонції та щелепно-лицьовій хірургії без радіаційного опромінення. Особливо важливо, що це дослідження підкреслює потенціал МРТ як безпечної альтернативи для пацієнтів, які потребують повторних цефалометричних аналізів, передусім для дітей та підлітків [14]. Ця робота надала суттєві докази того, що МРТ може надійно використовуватися для визначення 3D цефалометричних орієнтирів, що важливо при плануванні лікування й моніторингу в ортодонції та щелепно-лицьовій хірургії.

А. Юершотт, К. Фройдльсперґер, С. Цінґлер, М. А. Салім, Й. М. Е. Йенде, К. Й. Лукс, М. Бендцус, С. Гайланд, Т. Гільгенфельд порівняли 3D цефалометричний аналіз на основі МРТ та КПКТ. У їхньому дослідженні взяли участь 12 пацієнтів (8 чоловіків, 4 жінки; середній вік \pm стандартне відхилення 26,1 року \pm 6,6), яким провели 3D МРТ та КПКТ перед ортогнатичною операцією. Для кожного набору даних визначили 27 цефалометричних орієнтирів, на основі яких виміряли 17 кутів і 18 відстаней. 3D цефалометричний аналіз проводили двічі для кожної модальності два незалежні спостерігачі, що забезпечило надійність результатів. Статистичний аналіз включав обчислення евклідових відстаней, коефіцієнтів внутрішньокласової кореляції (ІСС), аналіз Бланда-Альтмана й тестування еквівалентності з використанням лінійної моделі змішаних ефектів. Важливо, що було встановлено попередньо визначену межу еквівалентності $\pm 1^\circ/1$ мм. Аналіз надійності для КПКТ проти МРТ показав високу узгодженість між методами. Евклідові відстані для орієнтирів були порівнянні між КПКТ та МРТ. ІСС для кутів та відстаней теж показали високу узгодженість між методами. Аналіз Бланда-Альтмана (як для кутів, так і для відстаней) продемонстрував високий рівень відповідності між КПКТ і МРТ. У лінійній моделі змішаних ефектів середні значення вимірювань КПКТ та МРТ були еквівалентні. На підставі цих результатів помітно, що МРТ може стати надійною неіонізивною альтернативою для планування й моніторингу лікування в ортодонції та щелепно-лицьовій хірургії, зберігаючи високу діагностичну точність порівняно з КПКТ [13]. Це дослідження засвідчило, що МРТ має діагностичну точність, необхідну для планування і моніторингу лікування в ортодонції та щелепно-лицьовій хірургії.

А. Т. П. Б. Сілва, Л. Т. П. Б. Сілва, А. Е. Н. Р. Віейра, С. І. Е. Мело, Ж. Ж. С. Насіменто, К. Ф. Мелу Жуніор, С. К. Васконселус і С. А. Араужу-Нету дослідили відтворюваність трьох ключових краніометричних параметрів на основі МРТ: кута каналу схилю (ССА), базального кута Велкера (WBA) та відстані від одонтоїдного виростка до

лінії Чемберлена (DOCL). Вони залучили до дослідження двох студентів-медиків і двох досвідчених радіологів, які вимірювали на МРТ-знімках черепи дорослих пацієнтів. Дослідники встановили середні значення для CCA, WBA і DOCL, які виявили надзвичайно високий рівень узгодженості вимірювань як для студентів після базової підготовки, так і для досвідчених радіологів. Інтракласовий коефіцієнт кореляції (ICC) для всіх параметрів свідчить про відмінну відтворюваність результатів. Автори також відзначили, що внутрішньоспостережувальна узгодженість була високою для всіх параметрів. Це дослідження показало, що вимірювання CCA, WBA та DOCL на МРТ мають високу відтворюваність незалежно від рівня досвіду спостерігачів. Автори дійшли висновку, що після базового навчання студенти можуть ефективно брати участь у краніометричному аналізі на основі МРТ без втрати якості чи точності вимірювань, що може зменшити залежність від висококваліфікованих спеціалістів у ситуаціях, коли необхідно швидко отримати точні діагностичні дані [23]. В цій роботі було продемонстровано, що МРТ є надійним інструментом краніометричного аналізу в клінічній практиці.

К. Абкай, Й. Гурфар, Й. Глокенгіссер, Й. Ульриці, Е. Гелль, М. К. Закс, П. Зааке, Г. Й. Менцель та М. Шламманн дослідили новий метод ультракороткого часу ехо (UTE) МРТ і встановили, що він є перспективною альтернативою рентгенівській цефалометрії без опромінення. Для дослідження автори використовували метод UTE МРТ та порівнювали результати з традиційними рентгенівськими знімками. Вони встановили, що UTE МРТ дає змогу отримати високоякісні зображення як твердих, так і м'яких тканин, придатні для цефалометричного аналізу. Автори також виявили, що точність та відтворюваність ідентифікації анатомічних орієнтирів на UTE МРТ-зображеннях порівнянна з традиційними рентгенівськими знімками. Дослідники встановили, що метод особливо перспективний для пацієнтів, які потребують частого обстеження або мають протипоказання до рентгенівського опромінення. Вони також виявили, що UTE МРТ забезпечує кращі контраст і візуалізацію структур порівняно зі звичайними МРТ-послідовностями завдяки коротшому часу ехо. Автори продемонстрували високу надійність вимірювань цефалометричних кутів та лінійних параметрів на основі UTE МРТ-зображень. Втім, дослідники зазначили, що широке клінічне застосування UTE МРТ в ортодонції потребує подальшого скорочення часу сканування й зниження вартості процедури [1]. Завдяки цій роботі було підтверджено, що метод UTE МРТ може стати ефективною неіонізуючою альтернативою традиційній рентгенівській цефалометрії.

Ж. Чжан, Х. Лі, С. Чжао, Х. Квон, А. Вассу, Ф. Верглі та С. П. Бартлетт дослідили можливість використання МРТ для отримання 3D-зображень черепа людини як альтернативи КТ. Автори розробили метод МРТ з ультракоротким часом ехо (UTE), який використовує подвійний радіочастотний імпульс та подвійне ехо для селективної візуалізації кісткової тканини. Вони встановили, що ця техніка дає змогу отримати високоякісні 3D-зображення черепа за клінічно прийнятний час сканування (6 хв.), забезпечуючи чітку візуалізацію краніофасціальних кісткових структур. Важливою складовою дослідження була оцінка точності нової техніки МРТ за допомогою краніометричних вимірювань. Дослідники порівняли показники, отримані за допомогою МРТ, КТ та прямих вимірювань на кадаверному черепі. Було виміряно 8 анатомічних відстаней, включаючи максимальну довжину й ширину черепа, висоту орбіт, висоту грушоподібного отвору, відстань між виличними дугами, висоту нижньої щелепи та ширину верхньої щелепи. Порівняння вимірювань, отриманих за допомогою МРТ та КТ, показало середню абсолютну різницю 2 мм та середню відсоткову різницю 4,5%. Коефіцієнти узгодженості Ліна між вимірюваннями МРТ та КТ становили 0,999 та 0,992 для двох окремих зразків, що вказує на високу узгодженість між методами. У дослідженні на п'яти здорових дорослих добровольцях середня відсоткова різниця між вимірюваннями МРТ й КТ коливалася від 2,3% до 5,0%, а коефіцієнти конкордації Ліна – від 0,998 до 1,000. Автори також виявили, що метод

дає змогу візуалізувати черепні шви, особливо лямбдоподібний, хоча й з менш чітко, ніж КТ. Дослідники дійшли висновку, що метод показує хорошу надійність порівняно з КТ, але необхідні подальші дослідження для підвищення точності 3D-реконструкцій та оцінки методу для сканування педіатричних пацієнтів. Автори підкреслили, що розробка цього методу МРТ може стати важливим кроком у створенні безпечної альтернативи КТ для візуалізації кісткових структур черепа, особливо для дітей і пацієнтів, які потребують частих повторних обстежень [26]. У цій статті було показано, що метод UTE МРТ здатен забезпечити високоякісні 3D-зображення черепа, що робить його перспективною альтернативою КТ.

К. Мерц, Т. Чепура, Б. Плевіг, Д. Хаддад, Д. Вебер, М. Шмід, У. Гіршфельдер та Л. Гельц дослідили новий метод цефалометричного аналізу на основі МРТ-зображень без необхідності складної постобробки даних та встановили його ефективність порівняно з традиційним методом на основі бокових цефалограм. Автори використали три препарати голови трупів для дослідження. МРТ-сканування проводилося на 3T сканері з використанням спеціальної послідовності для орієнтації зображення. Дослідники розробили метод автоматичного вирівнювання МРТ-зображення відносно франкфуртської горизонталі для уникнення спотворень при вимірюваннях. П'ять експертів проводили цефалометричний аналіз як на МРТ-зображеннях, так і на традиційних бокових цефалограмах. Автори встановили високу міжекспертну надійність для обох методів та виявили, що середня різниця між вимірюваннями на МРТ та цефалограмах становила менше за 1°. Дослідники статистично підтвердили еквівалентність методів для 12 з 13 досліджуваних кутів. Вони також встановили, що МРТ-цефалометрія дає змогу уникнути опромінення пацієнта, що особливо важливо для дітей та підлітків, та має потенціал для використання в ортодонції, особливо для початкової й фінальної діагностики, а також для пацієнтів зі знімними ортодонтичними апаратами. Автори виявили основні обмеження методу, включаючи високу вартість МРТ, тривалий час сканування і неможливість застосування для пацієнтів з металевими конструкціями в ротовій порожнині. Дослідники дійшли висновку, що метод МРТ-цефалометрії показав клінічну порівнянність з традиційним методом та має потенціал для зменшення довічного ризику стохастичного радіаційного пошкодження у пацієнтів, але необхідні подальші дослідження для оптимізації МРТ-послідовностей та скорочення часу сканування [17]. Це дослідження дало змогу встановити, що метод МРТ-цефалометрії є клінічно порівняним з традиційним методом на основі бокових цефалограм, при цьому забезпечуючи переваги в ортодонції, особливо в контексті обстежень дітей і підлітків.

К. Е. Циммерман, П. Кханделвал, Л. Се, Х. Лі, Х. К. Сон, П. А. Юшкевич, А. Вассу, С. П. Бартлетт та Ф. В. Верглі дослідили автоматичний конвеєр сегментації мульти-атласу для використання на зображеннях черепного склепіння та оцінили узгодженість краніометричних вимірювань між 3D-рендерингами черепа на основі МРТ та КТ. Автори використали дані МРТ з послідовністю імпульсів Dual-RF, Dual-echo, 3D UTE, отримані на 3 T апараті у 30 здорових учасників, а також низькодозові зображення КТ, спеціально зроблені з грудня 2018 по січень 2020 рр. Дослідники об'єднали чотириточкові дані МРТ, щоб отримати вибіркові кісткові зображення, та використали автоматизовану сегментаційну систему з багатьма атласами. Дослідники визначили середні коефіцієнти подібності Dice й узгодженості Ліна (LCC), встановили, що вимірювання на основі МРТ відрізнялися від вимірювань на основі КТ на 0,73–1,2 мм для ключових краніометричних показників. Автори дійшли висновку, що досягли хорошої узгодженості між 3D-рендерингами черепного склепіння на основі КТ та автоматизованої МРТ, усуваючи трудомістку ручну сегментацію, що можна застосувати в черепно-лицьовій хірургії, а також для візуалізації травм, що зачіпають як кістки, так і м'які тканини [27]. Це дослідження довело, що автоматизована

сегментація з використанням мульти-атласу на основі МРТ відкриває нові порівняно з КТ можливості в клінічній практиці, зокрема черепно-лицьовій хірургії.

С. Цзян, Дж. Пей, Дж. Лю, С. Ляо та Ф. Цзя розробили новий метод 3D цефалометричних вимірювань, що базується виключно на МРТ, без використання КТ. Автори застосували технологію синтезу КТ-подібних зображень з МРТ-сканів за допомогою методу Double U-Net CycleGAN. Для реєстрації та злиття зображень дослідники програмне забезпечення 3D Slicer, що дало змогу провести точні вимірювання на синтезованих КТ-подібних зображеннях. Дослідники створили протокол для встановлення серединної сагітальної площини на основі МРТ, використовуючи методи, розроблені в нейронауках. Вони також розробили систему координат і референтну рамку, що базується виключно на МРТ-даних. Автори створили протокол цефалометричного аналізу, який поєднує переваги візуалізації м'яких і твердих тканин. Вони встановили, що метод має потенційне застосування для вивчення росту та розвитку черепно-лицьової ділянки, аналізу мальформацій, планування лікування та оцінки його результатів. Дослідники виявили такі переваги методу: відсутність іонізуючого випромінювання, повна інформація про м'які тканини, стандартизація встановлення серединної сагітальної площини. Однак, також, зазначили обмеження: протокол розроблено на основі даних лише одного добровольця, тож потрібна подальша валідація на більшій вибірці. Автори дійшли висновку, що в разі успішної валідації, цей метод може значно змінити підхід до цефалометричного аналізу в ортодонції, щелепно-лицьовій хірургії та інших суміжних галузях, пропонуючи безпечнішу та інформативнішу альтернативу наявним [12]. Ця робота свідчить про те, що новий метод 3D цефалометричних вимірювань, розроблений на основі МРТ без використання КТ, має великий потенціал у клінічній практиці, проте для підтвердження його ефективності потрібна валідація на більшій вибірці пацієнтів.

Висновки. Магнітно-резонансна томографія пройшла тривалий шлях впровадження в галузі краніометрії, демонструючи значний прогрес протягом останніх десятиліть. Ця еволюція почалася в першій половині 2000-х рр., коли дослідники зосередилися увагу на вивченні базових можливостей МРТ для краніометрії з метою використання в різних напрямках біології та медицини. Вони встановили, що МРТ дає змогу надійно визначати класичні краніометричні точки та шви, а також достовірно оцінювати анатомо-морфологічні вимірювання за допомогою стандартного МРТ-дослідження головного мозку. З часом дослідники почали активніше порівнювати МРТ з традиційними методами. Важливим кроком стало представлення 2012 р. нової послідовності МРТ «Чорна кістка» як потенційної неіонізуючої альтернативи КТ для тривимірної цефалометрії. Це відкрило нові перспективи для використання МРТ у морфо-функціональних дослідженнях та діагностичних характеристик органів, систем людського організму без ризику радіаційного опромінення. Наступний етап розвитку припав на 2010-ті – ранні 2020-ті рр., коли було досягнуто значного прогресу в оцінці МРТ для краніометрії з подальшим застосуванням результатів у різних напрямках біологічної, медичної науки та суміжних галузей знань. Було порівняно МРТ та бокові цефалометричні рентгенограми (БЦР), при чому не виявилось значущих відмінностей між вимірюваннями. Це дослідження підтвердило можливість точної цефалометрії за допомогою МРТ без використання іонізуючого випромінювання. Підтвердились і еквівалентність МРТ та БЦР для більшості цефалометричних вимірювань, що відкрило шлях до планування ортодонтичного лікування на основі МРТ. Важливий внесок у розвиток МРТ-краніометрії зробили А. Юершотт та колеги, які провели ґрунтовне дослідження *in vivo*. Вони продемонстрували високу геометричну точність і відтворюваність цефалометричних вимірювань на основі МРТ при 3 Тесла, підкресливши потенціал МРТ для точного і відтворюваного 3D цефалометричного аналізу без опромінення.

Дослідники знаходили все нові й нові аргументи на користь методу, оцінюючи надійність і точність МРТ. Вони відзначили, що дані, отримані за допомогою МРТ,

добре узгоджується з тим, які вдалося здобути традиційними методами бічної цефалометричної рентгенограми і конуснопроменевої комп'ютерної томограми, для цефалометричного аналізу. Окрім того, порівняно з традиційними методами МРТ продемонструвала низку переваг, зокрема можливість отримувати додаткову інформацію про м'які тканини. Було визначено, що інноваційні можливості МРТ в анатомії, морфології та функціональній фізіології не зводяться суто до вимірювань, адже метод дає змогу вивчати вікові зміни об'єму та форми мозку, зміни в кістковій тканині скелета області голови, товщини диплоє й розмірів черепа. Завдяки розробці автоматичних методів визначення краніометричних орієнтирів відкрилися нові перспективи ефективного аналізу даних.

Розширюється й клінічне застосування МРТ в краніометрії: метод використовують для визначення ступеня впливу статі, раси (етногеографічної популяції людства) й краніометричних показників та велофарингеальної анатомії. Завдяки високій відтворюваності результатів МРТ-краніометрії створює підґрунття для більш широкого застосування в науковій та медикобіологічній практиці.

Перспективними напрямками розвитку МРТ-краніометрії є зокрема метод UTE МРТ (МРТ з ультракоротким часом ехо) як альтернатива рентгенівській цефалометрії, а також методи 3D цефалометричних вимірювань, засновані виключно на МРТ. Ефективність і точність вимірювань зростає завдяки автоматизації аналізу МРТ-зображень.

Загалом, потенціал МРТ в краніометрії з часом оцінюють усе позитивніше. Від вивчення базових можливостей методу дослідники перейшли до його активного порівняння з традиційними техніками і, зрештою, визнали МРТ як надійну альтернативу рентгенівським методам, передусім завдяки відсутності іонізуючого випромінювання, що робить МРТ безпечною для повторних обстежень, особливо в молодих пацієнтів.

Втім, попри значний прогрес, автори визнають, що слід і надалі оптимізувати протоколи та знижувати вартість МРТ для її широкого клінічного впровадження. Проте можна очікувати, що роль МРТ в дослідженні індивідуальних, популяційних анатомо-фізіологічних особливостей, функціональних особливостей, зумовлених специфічністю морфології зростатиме завдяки неухильному розвитку технологій і методів аналізу.

Перспективною є систематизація праць, накопичених даних про використання методу МРТ, як в прикладних, так і фундаментальних дослідженнях, що створить основу для вирішення питань морфологічного, фізіолого-функціонального та діагностичного характеру.

Література

1. Abkai C., Hourfar J., Glockengieser J., Ulrici J., Hell E., Sachs M. C., Saake P., Mentzel H. J., Schlamann M. Ultra-Short Time to Echo (UTE) MRI for Cephalometric Analysis: Potential of an X-Ray Free Fast Cephalometric Projection Technique // *Plos One*. 2021. Vol. 16 (12). P. e0261964. DOI: 10.1371/journal.pone.0261964
2. Aşirdizer M., Sarı Karabağ İ. Historical Development of Skull Thickness Measurements and Usability of These Measurements in Forensic Medicine: A Traditional Literature Review // *Turkiye Klinikleri Journal of Forensic Sciences – Legal and Medical*. 2021. № 18 (3). P. 242–50.
3. Cotton F., Euvrard T., Durand-Dubief F., Pachai C., Cucherat M., Ramirez Rozzi F., Bonmartin A., Guihard-Costa A. M., Tran Minh V. A., Vallee B., Froment J. C. Évolution comparative de la voûte crânienne et du parenchyme cérébral avec l'âge : étude préliminaire en IRM // *Journal of Neuroradiology*. 2004. Vol. 31. P. 131–137.
4. Cotton F., Ramirez Rozzi F., Vallee B., Pachai C., Hermier M., Guihard-Costa A.-M., Froment J.-C. Cranial Sutures and Craniometric Points Detected on MRI // *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2005. Vol. 27. P. 64–70. DOI: 10.1007/s00276-004-0283-6

5. Eley K. A., McIntyre A. G., Watt-Smith S. R., Golding S. J. «Black Bone» MRI: a Partial Flip Angle Technique for Radiation Reduction in Craniofacial Imaging // *British Journal of Radiology*. 2012. Vol. 85(1011). P. 272–278. DOI: 10.1259/bjr/95110289
6. Eley K. A., Watt-Smith S. R., Golding S. J. «Black Bone» MRI: a Potential Non-Ionizing Method for Three-Dimensional Cephalometric Analysis – a Preliminary Feasibility Study // *Dentomaxillofacial Radiology*. 2013. Vol. 42(8). P. 20130236. DOI: 10.1259/dmfr.20130236
7. Euvrard T., Cotton F., Ramirez-Rozzi F., Guillard-Costa A.-M., Tran Minh V.-A., Vallée B., Froment J.-C. Craniometrie: partie 1. Reperage des points de craniometrie, des sutures craniennes et des distances qui en decoulent, par IRM. Validation – etude de faisabilite // *Journal de Radiologie*. 2004. Vol. 85 (9). P. 1345–1346. DOI: 10.1016/S0221-0363(04)77120-6
8. Gorbenko I., Mikołajczyk K., Iarovyi I., Kubik T., Kałużyński K. A New Method of Automatic Craniometric Landmarks Definition and Soft Tissue Thickness Measurement Based on MRI Data // *Information Technologies in Biomedicine*. 2014. Vol. 3. P. 115–126.
9. Hatipoglu H. G., Ozcan H. N., Hatipoglu U. S., Yuksel E. Age, Sex and Body Mass Index in Relation to Calvarial Diploe Thickness and Craniometric Data on MRI // *Forensic Science International*. 2008. Vol. 182 (1–3). P. 46–51. DOI: 10.1016/j.forsciint.2008.09.014
10. Heil A., Gonzalez E. L., Hilgenfeld T., Kickingereeder P., Bendszus M., Heiland S., Ozga A.-K., Sommer A., Zingler S. Lateral Cephalometric Analysis for Radiographs: A Feasibility Study in Children and Adolescents // *PLoS One*. 2017. Vol. 12(3). P. e0174524. DOI: 10.1371/journal.pone.0174524
11. Heil A., Gonzalez E. L., Hilgenfel T., Prager M., Gradl J., Sommer A., Bendszus M., Heiland S., Lux C., Zingler S. MRT-basierte laterale Kephalmetrie vs. Fernrontgenseitenbildanalyse--Vergleich im Rahmen einer prospektiven Machbarkeitsstudie // *Clinical Neuroradiology*. 2016. Vol. 26 (S1). P. S50+.
12. Jiang X., Pei J., Liu J., Liao X., Jia F. An MRI-Only Three-Dimensional Cephalometry Protocol Based on the Integrated and Modular Architecture of the Human Head // *Current Notes of Medical Imaging*. 2023. Nov 6. DOI: 10.2174/0115734056258953231026094236
13. Juerchott A., Freudsperger C., Weber D., Jende J. M. E., Saleem M. A., Zingler S., Lux C. J., Bendszus M., Heiland S., Hilgenfeld T. In Vivo Comparison of MRI- and CBCT-Based 3D Cephalometric Analysis: Beginning of a Non-Ionizing Diagnostic Era in Craniomaxillofacial Imaging? // *European Radiology*. 2020. Vol. 30. P. 1488–1497. DOI: 10.1007/s00330-019-06540-x
14. Juerchott A., Freudsperger C., Zingler S., Saleem M. A., Jende J. M. E., Lux C. J., Bendszus M., Heiland S., Hilgenfeld T. In Vivo Reliability of 3D Cephalometric Landmark Determination on Magnetic Resonance Imaging: a Feasibility Study // *Clinical Oral Investigations*. 2020. Vol. 24. P. 1339–1349.
15. Juerchott A., Saleem M. A., Hilgenfeld T., Freudsperger C., Zingler S., Lux C. J., Bendszus M., Heiland S. 3D Cephalometric Analysis Based on MRI Data: Initial Results and Reliability of Landmark Identification // *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2020. Vol. 23(4). P. 256–262. DOI: 10.1111/ocr.12369
16. Juerchott A., Saleem M. A., Hilgenfeld T., Freudsperger C., Zingler S., Lux C. J., Bendszus M., Heiland S. 3D Cephalometric Analysis Using Magnetic Resonance Imaging: Validation of Accuracy and Reproducibility // *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8 (1). P. 13029. DOI: 10.1038/s41598-018-31384-8
17. März K., Chepura T., Plewig B., Haddad D., Weber D., Schmid M., Hirschfelder U., Gözl L. Cephalometry without Complex Dedicated Postprocessing in an Oriented Magnetic Resonance Imaging Dataset: a Pilot Study // *European Journal of Orthodontics*. 2021. Vol. 43 (6). P. 614–621.
18. Maspero C., Abate A., Bellincioni F., Cavagnetto D., Lanteri V., Costa A., Farronato M. Comparison of a Tridimensional Cephalometric Analysis Performed on 3T-MRI Compared with CBCT: a Pilot Study in Adults // *Progress in Orthodontics*. 2019. Vol. 20 (1). P. 40. DOI: 10.1186/s40510-019-0293-x
19. Perry J. L., Kuehn D. P., Fang X. Anthropometric Analysis of the Velopharynx and Related Craniometric Dimensions in Three Adult Populations Using MRI // *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 2016. Vol. 53 (1). DOI: 10.1597/14-015

20. Rinck P. A. A Short History of Magnetic Resonance Imaging // *Spectroscopy Europe*. 2008. Vol. 20 (1). P. 7–9.
21. Sabancıoğulları V., Koşar M. İ., Şalk İ., Erdil F. H., Öztoprak İ., Çimen M. Diploe Thickness and Cranial Dimensions in Males and Females in Mid-Anatolian Population: An MRI study // *Forensic Science International*. 2012. Vol. 219 (1–3). P. 289.e1-289.e7. DOI: 10.1016/j.forsciint.2011.11.033
22. Sennimalai K., Selvaraj M., Kharbanda O. P., Kandasamy D., Mohaideen K. MRI-Based Cephalometrics: a Scoping Review of Current Insights and Future Perspectives // *Dentomaxillofacial Radiology*. 2023. Issue 52. P. 20230024.
23. Silva A. T. P. B., Silva L. T. P. B., Vieira A. E. N. R., Melo C. I. E., Nascimento J. J. C., Mello Júnior C. F., Vasconcelos S. C., Araújo-Neto S. A. Craniometric Parameters for the Evaluation of Platybasia and Basilar Invagination on Magnetic Resonance Imaging: a Reproducibility Study // *Radiologia Brasileira*. 2020. Vol. 53 (5). DOI: 10.1590/0100-3984.2019.0068
24. Vaid S., Chandorkar A., Atre A., Shah D., Vaid N. Recent Advances in MRI of the Head and Neck, Skull Base and Cranial Nerves: New and Evolving Sequences, Analyses and Clinical Applications // *British Journal of Radiology*. 2019. Vol. 92 (1104). P. 20190513. DOI: 10.1259/bjr.20190513
25. Vannucci R. C., Barron T. F., Lerro D., Antón S. C., Vannucci S. J. Craniometric Measures During Development using MRI // *NeuroImage*. 2011. Vol. 56(4). P. 1855–1864. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.03.044
26. Zhang R., Lee H., Zhao X., Kwon H., Vassough A., Wehrli F., Bartlett S. P. Bone-Selective MRI as a Nonradiative Alternative to CT for Craniofacial Imaging // *Original Investigation*. 2020. Vol. 27 (11). P. 1515–1522.
27. Zimmerman C. E., Khandelwal P., Xie L., Lee H., Song H. K., Yushkevich P. A., Vossough A., Bartlett S. P., Wehrli F. W. Automatic Segmentation of Bone Selective MR Images for Visualization and Craniometry of the Cranial Vault // *Academic Radiology*. 2022. Vol. 29 (Supplement 3). P. S98–S106. DOI: 10.1016/j.acra.2021.03.010

References

1. Abkai, C., Hourfar, J., Glockengießer, J., Ulrici, J., Hell, E., Sachs, M. C., Saake, P., Mentzel, H. J. & Schlamann, M. (2021). Ultra-Short Time to Echo (UTE) MRI for Cephalometric Analysis: Potential of an X-Ray Free Fast Cephalometric Projection Technique. *Plos One*, 16 (12), e0261964. DOI: 10.1371/journal.pone.0261964 [in English].
2. Aşirdizer, M. & Sarı Karabağ, İ. (2021). Historical Development of Skull Thickness Measurements and Usability of These Measurements in Forensic Medicine: A Traditional Literature Review. *Türkiye Klinikleri: Journal of Forensic Sciences – Legal and Medical*, 18 (3), 242–50 [in English].
3. Cotton, F., Euvrard, T., Durand-Dubief, F., Pachai, C., Cucherat, M., Ramirez Rozzi, F., Bonmartin, A., Guihard-Costa, A. M., Tran Minh, V. A., Vallee, B. & Froment, J. C. (2004). Évolution comparative de la voûte crânienne et du parenchyme cérébral avec l'âge: étude préliminaire en IRM [Comparative Evolution of the Cranial Vault and Cerebral Parenchyma with Age: A Preliminary MRI Study]. *Journal of Neuroradiology*, 31, 131–137 [in French].
4. Cotton, F. & Ramirez Rozzi, F. & Vallee, B., Pachai, C., Hermier, M., Guihard-Costa, A.-M., Froment, J.-C. (2005). Cranial Sutures and Craniometric Points Detected on MRI. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 27, 64–70. DOI: 10.1007/s00276-004-0283-6 [in English].
5. Eley, K. A., McIntyre, A. G., Watt-Smith, S. R. & Golding, S. J. (2012). «Black Bone» MRI: a Partial Flip Angle Technique for Radiation Reduction in Craniofacial Imaging. *British Journal of Radiology*, 85 (1011), 272–278. DOI: 10.1259/bjr/95110289 [in English].
6. Eley, K. A., Watt-Smith, S. R. & Golding, S. J. (2013). «Black Bone» MRI: a Potential Non-Ionizing Method for Three-Dimensional Cephalometric Analysis – a Preliminary Feasibility Study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42 (8), 20130236. DOI: 10.1259/dmfr.20130236 [in English].
7. Euvrard, T. Cotton, F., Ramirez-Rozzi, F., Guillard-Costa, A.-M., Tran Minh, V.-A., Vallée, B. & Froment, J.-C. (2004). Craniometrie: partie 1. Reperage des points de craniometrie, des sutures craniennes et des distances qui en decoulent, par IRM. Validation – etude de

faisabilite [Cranioimetry: Part 1. Localization of Cranioimetric Points, Cranial Sutures and the Resulting Distances, by MRI. Validation – Feasibility Study]. *Journal de Radiologie*, 85 (9), 1345–1346. DOI: 10.1016/S0221-0363(04)77120-6 [in French].

8. Gorbenko, I. Mikołajczyk, K., Iarovy, I., Kubik, T. & Kalużyński, K. (2014). A New Method of Automatic Cranioimetric Landmarks Definition and Soft Tissue Thickness Measurement Based on MRI Data. *Information Technologies in Biomedicine*, 3, 115–126 [in English].

9. Hatipoglu, H. G., Ozcan, H. N., Hatipoglu, U. S. & Yuksel, E. (2008). Age, Sex and Body Mass Index in Relation to Calvarial Diploe Thickness and Cranioimetric Data on MRI. *Forensic Science International*, 182 (1–3), 46–51. DOI: 10.1016/j.forsciint.2008.09.014 [in English].

10. Heil, A. Gonzalez, E. L. Hilgenfeld, T., Kickingereeder, P., Bendszus, M., Heiland, S., Ozga, A.-K., Sommer, A. & Zingler, S. (2017). Lateral Cephalometric Analysis for Radiographs: A Feasibility Study in Children and Adolescents. *PLoS One*, 12 (3), e0174524. DOI: 10.1371/journal.pone.0174524 [in English].

11. Heil, A. Gonzalez, E. L. Hilgenfeld, T., Prager, M., Gradl, J., Sommer, A., Bendszus, M., Heiland, S., Lux, C. & Zingler, S. (2016). MRT-basierte laterale Kephalmetrie vs. Fernrontgenseitenbildanalyse–Vergleich im Rahmen einer prospektiven Machbarkeitsstudie [MRI-based Lateral Cephalometry vs. Lateral Cephalometric Radiograph Analysis – Comparison in the Context of a Prospective Feasibility Study]. *Clinical Neuroradiology*, 26 (S1), S50+ [in German].

12. Jiang, X. & Pei, J. & Liu, J., Liao, X., Jia, F. (2023). An MRI-Only Three-Dimensional Cephalometry Protocol Based on the Integrated and Modular Architecture of the Human Head. *Current Medical Imaging*. DOI: 10.2174/0115734056258953231026094236 [in English].

13. Juerchott, A. Freudsperger, C. Weber, D., Jende, J. M. E., Saleem, M. A., Zingler, S., Lux, C. J., Bendszus, M., Heiland, S. & Hilgenfeld, T. (2020). In Vivo Comparison of MRI- and CBCT-Based 3D Cephalometric Analysis: Beginning of a Non-Ionizing Diagnostic Era in Craniomaxillofacial Imaging? *European Radiology*, 30, 1488–1497. DOI: 10.1007/s00330-019-06540-x [in English].

14. Juerchott, A., Freudsperger, C., Zingler, S., Saleem, M. A., Jende, J. M. E., Lux, C. J., Bendszus, M., Heiland, S. & Hilgenfeld, T. (2020). In Vivo Reliability of 3D Cephalometric Landmark Determination on Magnetic Resonance Imaging: a Feasibility Study. *Clinical Oral Investigations*, 24, 1339–1349 [in English].

15. Juerchott, A., Saleem, M. A., Hilgenfeld, T., Freudsperger, C., Zingler, S., Lux, C. J., Bendszus, M. & Heiland, S. (2020). 3D Cephalometric Analysis Based on MRI Data: Initial Results and Reliability of Landmark Identification. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 23 (4), 256–262. DOI: 10.1111/ocr.12369 [in English].

16. Juerchott, A., Saleem, M. A., Hilgenfeld, T., Freudsperger, C., Zingler, S., Lux, C. J., Bendszus, M. & Heiland, S. (2018). 3D Cephalometric Analysis Using Magnetic Resonance Imaging: Validation of Accuracy and Reproducibility. *Scientific Reports*, 8 (1), 13029. DOI: 10.1038/s41598-018-31384-8 [in English].

17. März, K., Chepura, T., Plewig, B., Haddad, D., Weber, D., Schmid, M., Hirschfelder, U. & Gözl, L. (2021). Cephalometry without Complex Dedicated Postprocessing in an Oriented Magnetic Resonance Imaging Dataset: a Pilot Study. *European Journal of Orthodontics*, 43 (6), 614–621 [in English].

18. Maspero, C., Abate, A., Bellincioni, F., Cavagnetto, D., Lanteri, V., Costa, A. & Farronato, M. (2019). Comparison of a Tridimensional Cephalometric Analysis Performed on 3T-MRI Compared with CBCT: a Pilot Study in Adults. *Progress in Orthodontics*, 20 (1), 40. DOI: 10.1186/s40510-019-0293-x [in English].

19. Perry, J. L., Kuehn, D. P. & Fang, X. (2016). Anthropometric Analysis of the Velopharynx and Related Cranioimetric Dimensions in Three Adult Populations Using MRI. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 53 (1). DOI: 10.1597/14-015 [in English].

20. Rinck, P. A. (2008). A Short History of Magnetic Resonance Imaging. *Spectroscopy Europe*, 20 (1), 7–9 [in English].

21. Sabancıoğulları, V., Koşar, M. İ., Şalk, İ., Erdil, F. H., Öztoprak, İ. & Çimen, M. (2012). Diploe Thickness and Cranial Dimensions in Males and Females in Mid-Anatolian Population:

An MRI study. *Forensic Science International*, 219 (1–3), 289.e1-289.e7. DOI: 10.1016/j.forsciint.2011.11.033 [in English].

22. Sennimalai, K., Selvaraj, M., Kharbanda, O. P., Kandasamy D. & Mohaideen, K. (2023). MRI-Based Cephalometrics: a Scoping Review of Current Insights and Future Perspectives. *Dentomaxillofaciliar Radiology*, 52, 20230024 [in English].

23. Silva, A. T. P. B., Silva, L. T. P. B., Vieira, A. E. N. R., Melo, C. I. E., Nascimento, J. J. C., Mello Júnior, C. F., Vasconcelos, S. C. & Araújo-Neto, S. A. (2020). Craniometric Parameters for the Evaluation of Platybasia and Basilar Invagination on Magnetic Resonance Imaging: a Reproducibility Study. *Radiologia Brasileira*, 53 (5). DOI: 10.1590/0100-3984.2019.0068 [in English].

24. Vaid, S., Chandorkar, A., Atre, A., Shah, D. & Vaid, N. (2019). Recent Advances in MRI of the Head and Neck, Skull Base and Cranial Nerves: New and Evolving Sequences, Analyses and Clinical Applications. *British Journal of Radiology*, 92 (1104), 20190513. DOI: 10.1259/bjr.20190513 [in English].

25. Vannucci, R. C., Barron, T. F., Lerro, D., Antón, S. C. & Vannucci, S. J. (2011). Craniometric Measures During Development using MRI. *NeuroImage*, 56 (4), 1855–1864. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2011.03.044 [in English].

26. Zhang, R., Lee, H., Zhao, X., Kwon, H., Vassough, A., Wehrl, F. & Bartlett, S. P. (2020). Bone-Selective MRI as a Nonradiative Alternative to CT for Craniofacial Imaging. *Original Investigation*, 27 (11), 1515–1522 [in English].

27. Zimmerman, C. E., Khandelwal, P., Xie, L., Lee, H., Song, H. K., Yushkevich, P. A., Vossough, A., Bartlett, S. P. & Wehrl, F. W. (2022). Automatic Segmentation of Bone Selective MR Images for Visualization and Craniometry of the Cranial Vault. *Academic Radiology*, 29 (Supplement 3), S98–S106. DOI: 10.1016/j.acra.2021.03.010 [in English].

Kuchmenko O.

doctor of biological sciences, professor,
Head of the Department of Biology,
Mykola Gogol Nizhyn State University
kuchmeh@yahoo.com
orcid.org/0000-0002-3021-858

Sheiko V.

doctor of biological sciences. professor,
Professor of the Department of Biology
Mykola Gogol Nizhyn State University
interlycin@ukr.net
orcid.org/0000-0001-7932-4478

Mkhitarian L.

doctor of medical sciences, professor,
Professor of the Department of Biology
Mykola Gogol Nizhyn State University
laurasmkhitarian@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2347-0107

Havii V.

candidate of biological sciences, associate professor,
Associate Professor of the Department of Biology
Mykola Gogol Nizhyn State University
gaviyv@gmail.com
orcid.org/0000-0002-2804-0456

REVIEW OF RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING FOR HUMAN SKULL MEASUREMENT

The article analyzes and summarizes current research on the use of magnetic resonance imaging for craniometric (cephalometric) analysis to identify key aspects in evaluating its effectiveness. In the first half of the 2000s, researchers focused on studying the basic capabilities of MRI for craniometry, establishing its ability to reliably identify classical craniometric points and sutures. An important milestone was the introduction of the new MRI sequence «Black Bone» as a non-ionizing alternative to CT for three-dimensional cephalometry. In the late 2010's – early 2020's, significant progress was made in evaluating MRI for craniometry. Comparison of MRI with lateral cephalometric radiographs (LCR) revealed no significant differences between measurements, confirming the possibility of accurate cephalometry using MRI without ionizing radiation. Research by A. Urshottle and colleagues demonstrated high geometric accuracy and reproducibility of cephalometric measurements based on 3 Tesla MRI, highlighting the potential of MRI for accurate 3D cephalometric analysis. MRI showed a number of advantages compared to traditional methods, including the ability to obtain additional information about soft tissues. The method allows studying age-related changes in brain volume and shape, changes in diploe thickness and skull size. The clinical application of MRI in craniometry is expanding, including studying the effects of gender, race, and craniometric indicators on velopharyngeal anatomy and planning orthodontic treatment. Promising directions of development include the UTE MRI method and 3D cephalometric measurement methods based exclusively on MRI. The effectiveness and accuracy of measurements are increasing due to the automation of MRI image analysis. Overall, MRI is recognized as a reliable alternative to X-ray methods, especially for repeated examinations of young patients. However, it is necessary to optimize protocols and reduce the cost of MRI for widespread clinical implementation in craniometry. It is expected that the role of MRI in craniometry will grow due to the development of technologies and analysis methods, opening new possibilities for diagnosis and treatment planning in various fields of medicine.

Key words: craniometry, skull, morphology, physical anthropology, magnetic resonance imaging, cephalometry.

**Стаття до редакції надійшла 03.12.2024 року
Рецензія на статтю надійшла 18.12.2024 року**



«НАУКОВІ ЗАПИСКИ. БІОЛОГІЧНІ НАУКИ»
(НІЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИКОЛИ ГОГОЛЯ) /
RESEARCH NOTES. BIOLOGY RESEARCH
(NIZHYN MYKOLA GOGOL STATE UNIVERSITY)

Науковий журнал «Наукові записки. Біологічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя) – це наукове видання з біологічних наук, засноване у 2023 році Ніжинським державним університетом імені Миколи Гоголя.

Свідоцтво про реєстрацію: КВ № 25398-15338 Р від 20 січня 2023 р.

Періодичність: 4 рази на рік.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 582 від 24.04.2024 (додаток 2) науковий журнал «Наукові записки. Біологічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя) внесений до переліку **наукових фахових видань України (категорії «Б»)** у галузі біологічних наук (091 «Біологія та біохімія»).

Зареєстрований Національною радою України з питань телебачення та радіомовлення (рішення № 1180, протокол № 13 від 11.04.2024 р., ідентифікатор медіа R30-03790).

У науковому журналі висвітлюються актуальні питання біологічної науки.

Редакція здійснює присвоєння кожному опублікованому матеріалу міжнародного цифрового ідентифікатора DOI.

До друку приймаються статті докторів наук, кандидатів наук, молодих науковців (аспірантів, здобувачів), а також інших осіб, які мають вищу освіту та займаються науковою діяльністю. Редакція залишає за собою право на редагування і відхилення статей. За достовірність фактів, статистичних даних та іншої інформації відповідальність несе автор. Передрук матеріалів збірника дозволяється тільки з дозволу автора і редакції.

РУБРИКИ ЖУРНАЛУ

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 091 БІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ

- | | |
|--|----------------------|
| 1. Ботаніка | 2. Зоологія |
| 3. Біохімія | 4. Фізіологія рослин |
| 5. Нормальна та патологічна анатомія та фізіологія людини і тварин | |

Мова публікації: українська, англійська.

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ РУКОПISУ

1. Формат А4; орієнтація – книжкова, матеріали збережені та підготовлені у форматі Microsoft Word (*.doc або *.docx). Поля з усіх сторін – 20 мм; шрифт – 14, основний шрифт – Times New Roman, *Arial* і *Courier New* для *текстових фрагментів*; інтервал між рядками – 1,5; вирівнювання тексту – по ширині; автоматична розстановка переносів – включена; абзацний відступ – 1,25 см; нумерація сторінок – не ведеться.

2. Малюнки та таблиці необхідно подавати в статті безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. Розмір шрифта табличного тексту зазвичай на 2 пункти менше основного шрифту. Кількість таблиць, формул та ілюстрацій має бути мінімальною та доречною. Рисунки і таблиці на альбомних сторінках не приймаються.

3. *Нерозривний пробіл (Ctrl+Shift+пробіл) ставиться обов'язково: між ініціалами та прізвищем (С. Русова); після географічних скорочень (м. Київ); між знаками номера (№) та параграфа і числами, які до них відносяться; у посиланнях на літературу [14, с. 60]; всередині таких скорочень: і т. д., і т. п. тощо; між внутрішньо-текстовими пунктами й інформацією, яка йде після них, між числами й одиницями виміру (20 кг), а також дат (XX ст., 2002 р.).*

4. Посилання на літературу подаються у тексті тільки у квадратних дужках до прикладу: [1, с. 2], бібліографічний список у кінці тексту. Посторінкові виноска та посилання не допускаються.

5. Г. Славтіч приділяє увагу проблемі формування психологічної культури навичок ділового спілкування, обґрунтовує зміст та умови її формування [1, с. 2]. Вчена визначає такі особливості розвитку психологічної культури ділового спілкування як «якісна характеристика потреби у спілкуванні, рівень її розвитку, мотиви спілкування, операційний компонент спілкування, рівень знань про професії бізнесу, техніка спілкування» [1; 6, с. 9–10].

6. Бібліографічний опис списку використаних джерел оформлюється з урахуванням розробленого в 2015 році Національного стандарту України **ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» (ДСТУ 8302:2015 р.)**.

7. References. Оформлюється відповідно до стандарту APA (APA Style Reference Citations). Автор (трансліт), назва статті (трансліт), назва статті (в квадратних дужках переклад англійською мовою), назва джерела (трансліт), вихідні дані (місто з позначенням англійською мовою), видавництво (трансліт).

Для складення списку за стандартом APA пропонуємо скористатися одним із генераторів посилань: <https://openscience.in.ua/references.html>, <https://www.sciencehunter.net/Services/Bibliography>.

Наприклад:

1. Danchuk, O.V. (2018). Peroksydne okysnennia lipidiv ta aktyvnist systemy antyoksydantnoho zakhystu v orhanizmi svynei z riznymy typamy vyshchoi nervovoi diialnosti [Peroxide oxidation of lipids and activation of the antioxidant defense system in the body of pigs with different types of higher nervous activity]. *Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

2. Klevets, M.Yu., Manko, V.V. & Halkiv, M.O. (2011). Fiziolohiia liudyny i tvaryn (fiziolohiia nervovoi, miazovoi i sensorykh system) [Human and animal physiology (physiology of nervous, muscular and sensory systems)]. Lviv: LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].

3. *Транслітерація імен та прізвищ з української мови здійснюється відповідно до вимог Постанови Кабінету Міністрів України «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» від 27 січня 2010 р. № 55.* <http://ukrlit.org/transliteratsiia>.

4. Реферат англійською мовою має бути оформлений згідно міжнародних вимог до наукових видань і мати: обсяг 1800–2000 знаків; інформативність (не містити загальних слів); оригінальність (не бути калькою анотації українською або російською мовою); змістовність (відобразити головний зміст статті та результати досліджень), структурованість (*наявність обов'язкових елементів*: мета, методика, результати, наукова новизна, практична значущість, ключові слова).

5. Обсяг статті – 10–25 сторінок.

За достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв та інших відомостей відповідають автори публікації.

Відповідальність за дотримання академічної доброчесності під час здійснення освітньо-наукової діяльності несуть автори поданих наукових статей. Відповідно до статті 42 Закону України «Про освіту» (05.09.2017 № 2145-VIII) академічною доброчесністю визначається сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та / або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності педагогічними, науково-педагогічними та науковими працівниками передбачає:

- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про методики і результати досліджень, джерела використаної інформації та власну педагогічну (науково-педагогічну, творчу) діяльність тощо.

Порушенням академічної доброчесності вважається:

- *академічний плагіат* – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та / або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;

- *самоплагіат* – оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів;

- *фабрикація* – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі або наукових дослідженнях;

- *фальсифікація* – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються освітнього процесу чи наукових досліджень;

- *обман* – надання завідомо неправдивої інформації щодо власної освітньої (наукової, творчої) діяльності чи організації освітнього процесу; формами обману є, зокрема, академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування тощо.

Рукописи, що не відповідають вимогам, редакція не реєструє й не розглядає з метою публікації.

УМОВИ ОПЛАТИ

Редакційний збір становить **60 гривень** за одну сторінку. До друку приймаються статті обсягом від 10 до 25 сторінок. Редакційний збір покриває витрати, пов'язані з редагуванням статей, макетуванням та друком журналу. Поштова пересилка журналу авторам здійснюється на вказане ним поштове відділення Нової Пошти за рахунок автора.

Редакційна колегія наукового вісника здійснює внутрішнє анонімне рецензування та перевіряє їх на плагіат. У разі вдалого проходження перевірки авторам надсилаються реквізити для оплати публікаційного внеску. В іншому випадку стаття повертається на доопрацювання.

ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

УДК 378:14

1. Фізіологія та біохімія

ІМУНОЛОГІЧНИЙ ТА БІОХІМІЧНИЙ СТАТУС НА ТЛІ ФОРМУВАННЯ АДАПТАЦІЙНОГО СИНДРОМУ

Шевченко Сергій Миколайович,

кандидат біологічних наук,

доцент кафедри біології

Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя

shevchenko@gmail.com

orcid.org/_____

Анотація українською мовою.

Обсяг: 1800-2000 знаків без пробілів.

Ключові слова: 5–10 слів чи словосполучень.

IMMUNOLOGICAL AND BIOCHEMICAL STATUS ON THE BACKGROUND OF THE FORMATION OF THE ADAPTATION SYNDROME

Shevchenko Serhiy Mykolayovych

Candidate of biological Sciences,

Associate Professor at the Department of Biology

Nizhyn Mykola Gogol State University

shevchenko@gmail.com

orcid.org/_____

Анотація англійською мовою.

Обсяг: 1800-2000 знаків без пробілів.

Key words: 5–10 слів чи словосполучень.

РОЗДІЛИ СТАТТІ

Вступ. Актуальність дослідження, критичний аналіз літературних джерел за темою статті.

Формулювання мети статті.

Методи та організація дослідження. Опис схеми дослідження, методів дослідження, дотримання норм біоетики.

Результати досліджень та їх обговорення.

Висновки з дослідження та перспективи подальшого дослідження згідно матеріалу, поданому в статті.

Література

1. Мойбенко О. О., Сагач В. Ф., Ткаченко М. М. Фундаментальні механізми дії оксиду азоту на серцево-судинну систему як основи патогенетичного лікування її захворювань. *Фізіологічний журнал*. 2004. Т. 50. № 1. С. 11–30.

References

1. Moibenko, O.O., Sahach, V.F., Tkachenko, M.M. (2004). Fundamentalni mekhanizmy dii oksydu azotu na sertsevo-sudynnu systemu yak osnovy patohenetychnoho likuvannia ii zakhvoriuvan [Fundamental mechanisms of action of nitric oxide on the cardiovascular system as the basis of pathogenetic treatment and diseases]. *Fiziolohichniy zhurnal – Physiological journal*. Issue 50 (1). P. 11–30 [in Ukrainian].

ПОРЯДОК ПОДАННЯ МАТЕРІАЛІВ

Для опублікування статті у науковому журналі «Наукові записки. Біологічні науки» (Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя) необхідно надіслати електронною поштою на адресу pv.naukovizapiski@gmail.com наступні матеріали:

- 1) довідку про автора: прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи (для аспірантів – місце навчання), посада, науковий ступінь, вчене звання, *orcid*, *e-mail*, домашня адреса (індекс обов'язково), адреса електронної пошти, контактні телефони;
- 2) статтю.

У разі успішного рецензування статті необхідно надіслати відскановану електронну копію підтвердження сплати редакційного збору.

Без попередньої оплати стаття до друку не допускається.

Приклад підпису файлів: Іванченко_стаття, Іванченко_квитанція.

КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ

Кафедра біології
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,
вул. Графська, 2,
м. Ніжин, Чернігівська обл., Україна, 16602

Електронна адреса: pv.naukovizapiski@gmail.com
Телефон: +38 067 266 70 99

**У РАЗІ НЕДОТРИМАННЯ АВТОРАМИ ВСІХ ВИЩЕЗАЗНАЧЕНИХ УМОВ
РЕДАКЦІЯ МАЄ ПРАВО ПОВЕРНУТИ СТАТТЮ
НА ДООПРАЦЮВАННЯ ЧИ ВІДМОВИТИ В ЇЇ ДРУКУВАННІ**