

Psychology
Health

СУЧАСНА МЕДИЦИНА, ФАРМАЦІЯ ТА ПСИХОЛОГІЧНЕ ЗДОРОВ'Я

MODERN MEDICINE,
PHARMACY
AND PSYCHOLOGICAL
HEALTH

УДК 616.01:616.02:616.03:616.04:616.05:616.06:616.07:616.08:616.09:616.1:616.2:616.3:616.4:616.5:616.6:616.7:616.8:616.9:617:618:619:62:63:64:65:66:67:68:69:7:71:72:73:74:75:76:77:78:79:8:81:82:83:84:85:86:87:88:89:9:91:92:93:94:95:96:97:98:99

МІЖРЕГІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ
INTERREGIONAL ACADEMY OF PERSONNEL MANAGEMENT



ISSN 2786-7153 (Print)
ISSN 2786-7161 (Online)

**СУЧАСНА МЕДИЦИНА,
ФАРМАЦІЯ
ТА ПСИХОЛОГІЧНЕ ЗДОРОВ'Я**

**MODERN MEDICINE,
PHARMACY
AND PSYCHOLOGICAL HEALTH**

**ВИПУСК 1 (23)
ISSUE 1 (23)**

2026



**Видавничий дім
«Гельветика»
2026**

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Міжрегіональної Академії управління персоналом
(протокол № 5 від 29 квітня 2026)*

Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я / [головний редактор О. Макаренко]. – Київ: Міжрегіональна Академія управління персоналом, 2026. – Випуск 1 (23). – 126 с.

Журнал «Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я» є науковим рецензованим медичним виданням, в якому здійснюється публікація матеріалів науковців різних рівнів у вигляді наукових статей з метою їх поширення як серед вітчизняних дослідників, так і за кордоном.

Редакційна колегія не обов'язково поділяє позицію, висловлену авторами у статтях, та не несе відповідальності за достовірність наведених даних і посилань.

До 2 вересня 2022 року видання мало назву «Психологічне здоров'я».

**Ідея створення
видання:**

Коляденко Н. В. – д-р мед. наук, доц.,
професор кафедри медичної та клінічної психології
Інституту медичних та фармацевтичних наук,
Міжрегіональна Академія управління персоналом (Україна).

Головний редактор:

Макаренко О. М. – д-р мед. наук, професор кафедри медичної та клінічної психології,
Міжрегіональна Академія управління персоналом (Україна).

Члени редакційної колегії

Соловийов О. С. – д-р мед. наук, проф., професор кафедри загальної та клінічної фармації, Міжрегіональна Академія управління персоналом (Україна); **Буцька Л. В.** – канд. Мед. наук, доц., доцент кафедри внутрішньої медицини, Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Україна); **Черно В. С.** – д-р мед. наук, проф., завідувач кафедри морфології та громадського здоров'я, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (Україна); **Древіцька О. О.** – д-р мед. наук, проф., професор кафедри внутрішньої медицини, Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Україна); **Мочалов Ю. О.** – д-р мед. наук, проф., професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін, Ужгородський національний університет (Україна); **Чопчик В. Д.** – д-р мед. наук, проф., доцент кафедри хірургічної стоматології, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця (Україна); **Дорошенко О. М.** – д-р мед. наук, проф., професор кафедри ортопедичної стоматології, цифрових технологій та імплантології, Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика (Україна); **Строченко Є. О.** – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри терапевтичної та дитячої стоматології, Одеський національний медичний університет (Україна); **Кіреєв І. В.** – д-р мед. наук, проф., професор кафедри клінічної фармакології, Національний фармацевтичний університет (Україна); **Коляденко Н. В.** – д-р мед. наук, доц., професор кафедри практичної психології, Маріупольський державний університет (Україна); **Міхановська Н. Г.** – д-р мед. наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри гігієни та соціальної медицини, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (Україна); **Lucia Ludvigh Cintulová** – Doctor of Social Sciences, Professor, Professor of the Faculty of Health and Social Sciences, St. Elisabeth University of Public Health and Social Work (Slovakia); **Rogowska Aleksandra Maria** – Dr. hab. in Social Sciences, Professor, Director of the Institute of Psychology, University of Opole (Poland); **Domaszewski Przemyslaw** – Dr. hab. in Health Sciences, Associate Professor, Deputy Director of the Institute of Health Sciences, University of Opole (Poland); **Masiak Jolanta** – Dr. hab. in Health Sciences, Professor, Head of the II Department of Psychiatry and Psychiatry Rehabilitation, Medical University of Lublin (Poland).

*Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення № 1173 від 11.04.2024 року.*

Ідентифікатор медіа: R30-03889.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Приватне акціонерне товариство «Вищий навчальний заклад «Міжрегіональна Академія управління персоналом» (вул. Фрометівська, буд. 2, м. Київ, 03039, iapm@iapm.edu.ua, тел. (044) 490-95-00).

«Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я» включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») відповідно до Наказу МОН України № 530 від 6 червня 2022 року (додаток 2), Наказу МОН України № 1166 від 23 грудня 2022 року (додаток 3) та Наказу МОН України № 491 від 27 квітня 2023 року (додаток 3). Спеціальності: ІІ – Стоматологія, І2 – Медицина, І4 – Медична психологія, І8 – Фармація (за спеціалізаціями).

Усі електронні версії статей журналу оприлюднюються на офіційній сторінці видання
<http://journals.maup.com.ua/index.php/psych-health>

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

***Recommended for publication
by Interregional Academy of Personnel Management
(Minutes No. 5 dated 29.04.2026)***

Modern Medicine, Pharmacy and Psychological Health / [chief editor O. Makarenko]. – Kyiv: Interregional Academy of Personnel Management, 2026. – Issue 1 (23). – 126 p.

Journal «Modern Medicine, Pharmacy and Psychological Health» is a peer-reviewed scientific medical edition, which publishes materials of scientists of various levels in the form of scientific articles for the purpose of their dissemination both among domestic researchers and abroad.

Editorial board do not necessarily reflect the position expressed by the authors of articles, and are not responsible for the accuracy of the data and references.

Until September 2, 2022, the journal had a name “Psychological Health”.

***The idea of creating
edition:***

Nina Koliadenko – Doctor of Medicine, Associate Professor, Professor at the Department of Medical and Clinical Psychology of the Institute of Medical and Pharmaceutical Sciences, Interregional Academy of Personnel Management (Ukraine).

Chief editor:

Oleksandr Makarenko – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Medical and Clinical Psychology, Interregional Academy of Personnel Management (Ukraine).

Members of the Editorial Board:

Oleksii Soloviov – Doctor of Medicine, Professor, Professor at the Department of General and Clinical Pharmacy, Interregional Academy of Personnel Management (Ukraine); **Lidiia Butska** – PhD of Medicine, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Internal Medicine, Taras Shevchenko National University of Kyiv (Ukraine); **Valerii Chernov** – Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Morphology and Public Health, Petro Mohyla Black Sea National University (Ukraine); **Oksana Drevitska** – Doctor of Medicine, Professor, Professor at the Department of Internal Medicine, Taras Shevchenko National University of Kyiv (Ukraine); **Iurii Mochalov** – Doctor of Medicine, Professor, Professor at the Department of Surgical Dentistry and Clinical Disciplines, Uzhhorod National University (Ukraine); **Vitaliy Chopchik** – Doctor of Medicine, Professor, Professor at the Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Bogomolets National Medical University (Ukraine); **Olena Doroshenko** – Doctor of Medicine, Professor, Professor at the Department of Dental Orthopaedics, Shupyk National Healthcare University of Ukraine (Ukraine); **Yevhenii Strochenko** – PhD of Medicine, Associate Professor at the Department of Therapeutic and Pediatric Dentistry, Odessa National Medical University (Ukraine); **Igor Kireyev** – Doctor of Medicine, Professor, Professor at the Department of Clinical Pharmacology, National University of Pharmacy (Ukraine); **Nina Koliadenko** – Doctor of Medicine, Associate Professor, Professor at the Department of Practical Psychology, Mariupol University (Ukraine); **Nataliia Mikhanovskaya** – Doctor of Medicine, Senior Research Fellow, Head of the Department of Hygiene and Social Medicine, V. N. Karazin Kharkiv National University (Ukraine); **Lucia Ludvig Cintulová** – Doctor of Social Sciences, Professor, Professor at the Faculty of Health and Social Sciences, St. Elisabeth University of Public Health and Social Work (Slovakia); **Rogowska Aleksandra Maria** – Dr. hab. in Social Sciences, Professor, Director of the Institute of Psychology, University of Opole (Poland); **Domaszewski Przemyslaw** – Dr. hab. in Health Sciences, Associate Professor, Deputy Director of the Institute of Health Sciences, University of Opole (Poland); **Masiak Jolanta** – Dr. hab. in Health Sciences, Professor, Head of the II Department of Psychiatry and Psychiatry Rehabilitation, Medical University of Lublin (Poland).

*Registration of Print media entity: Decision of the National Council of Television and Radio Broadcasting of Ukraine:
Decision No. 1173 as of 11.04.2024.*

Media ID: R30-03889.

Media entity – Private Joint-Stock Company «Higher education institution «Interregional Academy of Personnel Management» (03039, Kyiv, Frometivska str., 2, iapm@iapm.edu.ua, tel. (044) 490-95-00).

The journal “Modern Medicine, Pharmacy and Psychological Health” is included in the List of scientific professional periodicals of Ukraine (category B) according to the Order of the MES of Ukraine № 530 (Annex 2) dated 06.06.2022, Order of MES of Ukraine No. 1166 (Annex 3) dated 23.12.2022, Order of MES of Ukraine No. 491 (Annex 3) dated 27.04.2023. Specialities: I1 – Dentistry, I2 – Medicine, I4 – Medical Psychology, I8 – Pharmacy (with specializations).

All electronic versions of articles in the collection are available on the official website edition
<http://journals.maup.com.ua/index.php/psych-health>

The articles were checked for plagiarism using the software
StrikePlagiarism.com developed by the Polish company Plagiat.pl.

ЗМІСТ

МЕДИЦИНА

Жеков І. І., Макогончук І. П.ЗАЛЕЖНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ АНЕВРИЗМ
ВИСХІДНОЇ АОРТИ ВІД ПОВНОТИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦІЇ
З УРАХУВАННЯМ ГЕНДЕРНОЇ ОЗНАКИ..... 8**Задорожна Б. В., Шевага В. М., Задорожний А. М., Семчишин М. Г.**ТРИВОЖНІ РОЗЛАДИ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ
ПІСЛЯ МІННО-ВИБУХОВОЇ ТРАВМИ: СТРУКТУРА, ПЕРЕБІГ
ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛІКУВАННЯ..... 15**Закревський А. М., Закревський К. А.**РОЛЬ POINT-OF-CARE УЛЬТРАЗВУКУ (POCUS)
У РАННІЙ ДІАГНОСТИЦІ КРИТИЧНИХ СТАНІВ
У НОВОНАРОДЖЕНИХ..... 22**Посохова К. А., Чорномидз А. В., Пида В. П., Черняшова В. В.**ПРЕДИКТОРИ ТА НАСЛІДКИ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕКРАНУ
У ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ..... 29**Самура Б. Б., Панасенко М. О., Самура Т. О.**КАРДІОВАСКУЛЯРНІ ПОДІЇ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ МНОЖИННОЮ МІЄЛОМОЮ
ПІД ЧАС ЛІКУВАННЯ ІНГІБІТОРАМИ ПРОТЕАСОМ
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)..... 38

СТОМАТОЛОГІЯ

Білинський О. Я., Слинько Ю. О., Данко Е. М., Ізай М. Е., Гангур І. Ю.СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СТОМАТОЛОГІЧНІЙ ОСВІТІ
ТА ПРАКТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ СТОМАТОЛОГА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)..... 52**Локота Є. Ю., Локота Ю. Є., Вовчок Р. В., Кайла М. І.**КЛІНІКО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ПОВНИХ ЗНІМНИХ
ПЛАСТИНКОВИХ ПРОТЕЗІВ НА СЛИЗОВУ ОБОЛОНКУ ПРОТЕЗНОГО ЛОЖА
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)..... 60**Різник Ю. Б., Чухрай І. Л., Громовик Б. П., Різник С. С.**ОЦІНКА СИСТЕМИ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ ЛІКАРІВ-СТОМАТОЛОГІВ
ТА ШЛЯХИ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ..... 65**Савчук О. В., Якименко Р. О., Обідняк В. З., Лобур М. О., Луценко А. О.**КЛІНІКО-АНАТОМІЧНЕ ОБҐРУНТОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОРОТКИХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТАТІВ В УМОВАХ ДЕФЦИТУ
КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ..... 74

ФАРМАЦІЯ, ПРОМИСЛОВА ФАРМАЦІЯ

Svitlana Karpova, Olga Antonenko

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF THE IODOMETRIC METHOD
FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF AMOXICILLIN.....80

Anzhela Olkhovska, Konstantin Sokol, Olena Kupina, Andriy Berezniakov

PHARMACEUTICAL CARE FOR PATIENTS WITH HYPERTENSIVE DISEASE:
INTEGRATION OF THE CLINICAL PHARMACIST INTO PRIMARY HEALTH CARE.....87

Taras Fediuk, Andriy Mylyanych

TREATMENT OF MASTITIS IN COWS: AN OVERVIEW
OF THE PHARMACEUTICAL MARKET FOR THE MOST COMMON
INJECTABLE THERAPIES.....101

**Шупенюк В. І., Хома Р. М., Тарас Т. М., Лучкевич Є. Р., Лозинський А. В.,
Половкович С. В.**

ПРОГНОЗУВАННЯ ЛІКОПОДІБНОСТІ ТА ТОКСИЧНОСТІ РЯДУ
ФУНКЦІОНАЛЬНО ЗАМІЩЕНИХ ПОХІДНИХ АНТРАХІНОНУ.....110

МЕДИЧНА ПСИХОЛОГІЯ

Пономарьова Л. І., Євдокименко В. В., Цукор Н. Г.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ
ЯК ІНТЕГРАТИВНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я.....117

CONTENTS

MEDICINE

Ihor Zhekov, Ivan Makohonchuk

DEPENDENCE OF SURGICAL OUTCOMES IN ASCENDING AORTIC ANEURYSMS
ON THE COMPLETENESS OF REVASCULARIZATION
WITH REGARD TO GENDER.....8

**Zadorozhna Bozhena, Shevaga Volodymyr, Zadorozhnyi Andrii,
Semchyshyn Myroslava**

ANXIETY DISORDERS IN MILITARY PERSONNEL
AFTER MINE-EXPLOSIVE TRAUMA: CLINICAL STRUCTURE, COURSE,
AND TREATMENT EFFECTIVENESS.....15

Andriy Zakrevskyy, Kyrylo Zakrevskiy

THE ROLE OF POINT-OF-CARE ULTRASOUND (POCUS)
IN THE EARLY DIAGNOSIS OF CRITICAL CONDITIONS IN NEWBORNS.....22

**Kateryna Posokhova, Andrii Chornomydz, Victor Pyda,
Valentyna Cherniashova**

PREDICTORS AND CONSEQUENCES OF SCREEN ADDICTION AMONG HIGHER
EDUCATION STUDENTS.....29

Borys Samura, Maria Panasenکو, Tetyana Samura

CARDIOVASCULAR EVENTS IN MULTIPLE MYELOMA PATIENTS TREATED
WITH PROTEASOME INHIBITORS (LITERATURE REVIEW).....38

STOMATOLOGY

Oleksandr Bilynskiy, Yuliya Slynko, Elvira Danko, Milan Izay, Ivan Hanhur

MODERN APPROACHES TO THE APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES
AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL EDUCATION AND PRACTICE
(LITERATURE REVIEW).....52

Evgen Lokota, Yuriy Lokota, Ruslan Vovchok, Marianna Kayla

CLINICOPATHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE EFFECTS
OF COMPLETE DENTURES ON THE DENTURE-BEARING MUCOSA
(LITERATURE REVIEW).....60

Yuriy Riznyk, Iryna Chukhray, Bohdan Hromovyk, Svitlana Riznyk

EVALUATION OF THE WORK MOTIVATION SYSTEM
OF DENTISTS AND APPROACHES FOR ITS IMPROVEMENT.....65

**Oleg Savchuk, Ruslan Iakymenko, Vasyl Obidniak, Mykyta Lobur,
Artem Lutsenko**

CLINICALLY AND ANATOMICALLY SUBSTANTIATED USE
OF SHORT CYLINDRICAL DENTAL IMPLANTS IN CONDITIONS
OF BONE DEFICIENCY.....74

PHARMACY, INDUSTRIAL PHARMACY

Svitlana Karpova, Olga Antonenko

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF THE IODOMETRIC METHOD
FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF AMOXICILLIN.....80

Anzhela Olkhovska, Konstantin Sokol, Olena Kupina, Andriy Berezniakov

PHARMACEUTICAL CARE FOR PATIENTS WITH HYPERTENSIVE DISEASE:
INTEGRATION OF THE CLINICAL PHARMACIST
INTO PRIMARY HEALTH CARE.....87

Taras Fediuk, Andriy Mylyanych

TREATMENT OF MASTITIS IN COWS: AN OVERVIEW
OF THE PHARMACEUTICAL MARKET FOR THE MOST COMMON
INJECTABLE THERAPIES.....101

**Vasyl Shupeniuk, Roman Khoma, Tetiana Taras, Yevhen Luchkevych,
Andrii Lozynskyi, Sviatoslav Polovkovych**

PREDICTION OF DRUG-LIKENESS AND TOXICITY
OF A SERIES OF FUNCTIONALLY SUBSTITUTED ANTHRAQUINONE DERIVATIVES.....110

MEDICAL PSYCHOLOGY

Liliya Ponomaryova, Vladlena Yevdokymenko, Nataliia Tsukor

SYSTEMIC ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO RESILIENCE
AS AN INTEGRATIVE CHARACTERISTIC OF MENTAL HEALTH.....117

МЕДИЦИНА

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-1>
УДК 616.12-008+616.135-007.64]-053-089

ЗАЛЕЖНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ АНЕВРИЗМ ВИСХІДНОЇ АОРТИ ВІД ПОВНОТИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ГЕНДЕРНОЇ ОЗНАКИ

Жеков І. І., Макогончук І. П.

DEPENDENCE OF SURGICAL OUTCOMES IN ASCENDING AORTIC ANEURYSMS ON THE COMPLETENESS OF REVASCULARIZATION WITH REGARD TO GENDER

Ihor Zhekov, Ivan Makohonchuk

Анотація

Актуальність. Аневризми висхідної аорти у поєднанні з ІХС – складна категорія пацієнтів із підвищеним операційним ризиком. Дані останніх досліджень свідчать про гірші результати лікування у жінок та можливий вплив неповної реваскуляризації та післяопераційні результати. Водночас гендерні особливості комбінованих операцій з приводу корекції аневризми висхідної аорти та АКШ залишаються недостатньо вивченими, що обґрунтовує необхідність комплексного аналізу з урахуванням статі та повноти реваскуляризації. **Мета роботи** – оцінити результати хірургічного лікування аневризми аорти в залежності від повноти проведеної реваскуляризації та з урахуванням гендерної ознаки. **Матеріали та методи.** У дослідження включено 341 пацієнта з аневризмами аорти та ІХС. Хворих розподілили за статтю: основна група – 241 пацієнт із поєднаними або етапними втручаннями на аорті та КШ, група порівняння – 100 пацієнтів з аневризмами аорти без ІХС. У даний аналіз увійшли 46 пацієнтів з корекцією аневризми висхідної аорти та КШ: 23 (50,0%) жінки і 23 чоловіки; пацієнти з розширювальною аневризмою були виключені. Пацієнтки жінки мали вищий ІМТ ($30,7 \pm 6,1$ vs $28,2 \pm 4,7$) і дещо більший діаметр аневризми висхідної аорти ($56,8 \pm 10,8$ мм vs $54,4 \pm 12,6$ мм), але менший час госпіталізації ($26,0 \pm 10,2$ vs $29,0 \pm 10,2$ ліжко-днів). **Результати та їх обговорення.** Тривалість операції, ШК та крововтрата не відрізнялись ($p > 0,05$) між групами, з тенденцією до довшого перетискання аорти у пацієнтів чоловіків ($p = 0,052$). У жінок переважала реваскуляризація 1–2 КА (по 43,5%), 3 анастомози виконано у 13,0%; мамарокоронарне шунтування не застосовувалось. У чоловіків частіше виконували реваскуляризацію 2 КА (47,8%), МКШ – у 4,3%. ПМШГ ЛКА реваскуляризували у 69,6% жінок і 73,9% чоловіків ($p = 0,011$). ОГ ЛКА – 21,7% у жінок і 34,8% у чоловіків ($p = 0,0001$). ПКА – 39,1% і 47,8% відповідно ($p = 0,0001$). Об'єм реваскуляризації коронарних артерій статистично не залежав від статі: частота виконання АКШ-1 (43,5% проти 30,4%), АКШ-2 (43,5% проти 47,8%), АКШ-3 (13,0% у обох групах) та АКШ-4 (0% проти 8,7%) не відрізнялася між групами ($p \geq 0,05$). У пацієнок-жінок переважала реваскуляризація однієї або двох коронарних артерій (по 43,5%), тоді як у чоловіків найчастіше виконувалася реваскуляризація двох судин (47,8%); мамарокоронарне шунтування застосовано лише у чоловіків (4,3%), проте без статистично значущої різниці ($p \geq 0,05$). Якісний аналіз показав гендерні відмінності щодо ураження окремих коронарних басейнів: реваскуляризація ПМШГ ЛКА частіше виконувалася у чоловіків (73,9% проти 69,6%; $p = 0,011$; $\chi^2 = 6,42$), ОГ ЛКА – у 34,8% чоловіків та 21,7% жінок ($p = 0,0001$; $\chi^2 = 34,01$), ПКА – у 47,8% чоловіків проти 39,1% жінок ($p = 0,0001$; $\chi^2 = 17,47$). **Висновки.** Отримані дані свідчать, що при зіставному загальному об'ємі реваскуляризації існують певні гендерні особливості у розподілі ураження коронарних басейнів, що може відображати відмінності в анатомо-функціональних характеристиках коронарного русла у пацієнтів різної статі.

Ключові слова: аневризма аорти, ішемічна хвороба серця, реваскуляризація, коронарне шунтування.

Abstract

Background. Ascending aortic aneurysms combined with coronary artery disease (CAD) represent a high-risk patient population. Recent studies suggest poorer outcomes in women and a potential impact of incomplete revascularization on postoperative results. However, gender-related aspects of combined surgery for ascending aortic aneurysm repair and coronary artery bypass grafting (CABG) remain insufficiently investigated, warranting comprehensive analysis with regard to sex and completeness of revascularization. **Purpose** – to evaluate surgical outcomes of ascending aortic aneurysm repair depending on the completeness of myocardial revascularization and gender. **Materials and Methods.** A total of 341 patients with aortic aneurysms and CAD were included. Patients



were stratified by sex: the main group comprised 241 patients who underwent combined or staged aortic and coronary surgery, and the comparison group included 100 patients with aortic aneurysms without CAD. The present analysis included 46 patients who underwent ascending aortic aneurysm repair with CABG: 23 (50.0%) women and 23 men; patients with aortic dissection were excluded. Women had a higher BMI (30.7 ± 6.1 vs 28.2 ± 4.7) and slightly larger ascending aortic diameter (56.8 ± 10.8 mm vs 54.4 ± 12.6 mm), but shorter hospital stay (26.0 ± 10.2 vs 29.0 ± 10.2 days). **Results.** Operative time, cardiopulmonary bypass duration, and blood loss did not differ between groups ($p > 0.05$), with a trend toward longer aortic cross-clamp time in men ($p = 0.052$). In women, revascularization of 1–2 coronary arteries predominated (43.5% each); three distal anastomoses were performed in 13.0%, and internal mammary artery grafting was not used. In men, two-vessel revascularization was most common (47.8%), and internal mammary artery grafting was performed in 4.3%. Revascularization of the left anterior descending artery was performed in 69.6% of women and 73.9% of men ($p = 0.011$). The circumflex artery was revascularized in 21.7% of women and 34.8% of men ($p = 0.0001$), and the right coronary artery in 39.1% and 47.8%, respectively ($p = 0.0001$). The overall extent of revascularization did not significantly depend on sex: CABG-1 (43.5% vs 30.4%), CABG-2 (43.5% vs 47.8%), CABG-3 (13.0% in both groups), and CABG-4 (0% vs 8.7%) showed no significant differences ($p \geq 0.05$). **Conclusions.** However, qualitative analysis demonstrated gender-related differences in the distribution of coronary involvement, suggesting potential anatomical and functional sex-specific features of the coronary bed.

Key words: aortic aneurysm, coronary artery disease, revascularization, coronary artery bypass grafting.

1. Вступ

Аневризми висхідної аорти залишаються однією з найбільш складних проблем сучасної кардіохірургії, особливо у пацієнтів із супутньою ішемічною хворобою серця (ІХС), що потребують одночасної корекції аортальної патології та реваскуляризації міокарда. Поєднання цих станів обтяжує перебіг захворювання, підвищує операційний ризик та вимагає індивідуалізованого підходу до вибору обсягу хірургічного втручання.

Упродовж останніх років значну увагу приділяють вивченню статевих відмінностей у клінічному перебігу та результатах оперативного лікування патології грудної аорти. Так, Jiang та співавт. (2024) продемонстрували наявність суттєвих гендерних відмінностей у ранніх та віддалених результатах операцій на торакальній аорті, з тенденцією до гірших показників виживаності у жінок [1]. Подібні висновки отримані й у систематичному огляді та метааналізі Al-Tawil та співавт. (2025), де показано, що жінки, які підлягають операціям з приводу аневризми висхідної аорти, зазвичай старші за віком та мають вищий ризик несприятливих подій у післяопераційному періоді [2]. У великому одноцентровому дослідженні із застосуванням propensity-score matching (1148 пацієнтів) автори підтвердили наявність статевозумовлених відмінностей у структурі коморбідності та клінічних результатах хірургічного лікування аневризми висхідної аорти [3]. Не менш важливим аспектом є повнота реваскуляризації коронарних артерій при виконанні аортокоронарного шунтування (АКШ). Доведено, що неповна реваскуляризація асоціюється з підвищеним ризиком повторних ішемічних подій та гіршими віддаленими результатами. У pooled-аналізі індивідуальних даних пацієнтів, представленою Gaudino та співавт. (2022), встановлено наявність статевих відмінностей

у результатах після коронарного шунтування, з вищим ризиком несприятливих подій у жінок [4]. При цьому гендерні особливості повноти проведеної реваскуляризації залишаються предметом дискусії. В українській популяції питання гендерних відмінностей у повноті АКШ також активно досліджується. Згідно з даними Журби та співавт. (2025), у жінок частіше виявляються дифузні ураження коронарних артерій, що може впливати на можливість досягнення повної реваскуляризації та визначати віддалений прогноз [5]. Проте більшість наявних досліджень аналізують або ізолювані втручання на аорті, або ізолюване АКШ, тоді як комбіновані операції при аневризмі висхідної аорти та ІХС в аспекті гендерних відмінностей і повноти реваскуляризації вивчені недостатньо. Таким чином, актуальним залишається комплексний аналіз результатів хірургічного лікування аневризми висхідної аорти у поєднанні з ІХС з урахуванням статі пацієнтів та повноти реваскуляризації коронарних артерій. Вивчення цих аспектів дозволить оптимізувати хірургічну тактику, стратифікувати ризик та покращити безпосередні й віддалені результати лікування даної категорії хворих.

Мета роботи – оцінити вплив повноти реваскуляризації коронарних артерій на ранні результати хірургічного лікування аневризми висхідної аорти у поєднанні з ішемічною хворобою серця та визначити можливі гендерні відмінності інтраопераційних показників і післяопераційного перебігу у пацієнтів жіночої та чоловічої статі.

2. Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилося на базі ДУ "Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України" у період з 2015 по 2024 рік. Було проаналізовано медичні картки стаціонарного хворого

(форма № 003/о), дані ехокардіографії, коронарографії, комп'ютерної томографії з контрастним підсиленням, виписки із медичної картки амбулаторного (стаціонарного) хворого (форма № 027/о). До вибірки дослідження увійшов 341 пацієнт з патологією аорти, включно з аневризмами та розширюючими аневризмами аорти. Дизайн дослідження полягав у розподілі хворих на дві групи. До основної групи увійшов 241 хворий з аневризмами аорти та ІХС, яким виконувались одночасні або етапні хірургічні втручання на аорті та коронарне шунтування (КШ). Групу порівняння склали 100 пацієнтів з аневризмами аорти у яких в анамнезі ІХС не спостерігалася. В даний аналіз увійшли 46 пацієнтів з основної групи яким виконувалась корекція анеризми висхідної аорти в поєднанні з шунтуванням коронарних артерій. В аналіз були включені пацієнти з анеризмою висхідного відділу грудної аорти, виключені пацієнти з діагностованою розширюючою анеризмою аорти. Серед них 23 (50,0 %) жінки та 23 чоловіки, відповідно. Пацієнтів було розділено по групам за гендерною ознакою. Середній вік жінок становив $64,7 \pm 7,3$ років, а середній вік чоловіків ($61,0 \pm 8,5$ років). Пацієнти приймали участь у дослідженні за власним бажанням, про що свідчить їх особистий підпис у інформованій згоді пацієнта на участь у дослідженні. Кожен пацієнт особисто був інформований щодо обов'язків і прав та можливості завершити дослідження у будь-який момент за його бажанням, без будь-яких наслідків та пояснення причин своїх дій.

3. Результати

За дизайном дослідження пацієнтів було розділено за статтю. Середній вік жінок становив $64,7 \pm 7,3$ років, що вище, ніж у чоловіків ($61,0 \pm 8,5$ років). Жінки також мали вищий ІМТ, ніж чоловіки ($30,7 \pm 6,1$ проти

$28,2 \pm 4,7$ відповідно). Середній діаметр анеризми висхідної аорти за даними ехокардіографії у жінок становив $56,8 \pm 10,8$ мм, що дещо більше, ніж відповідне значення у пацієнтів-чоловіків ($54,4 \pm 12,6$ мм). Тривалість перебування на стаціонарному лікуванні була коротшою у жінок ($26,0 \pm 10,2$), ніж у чоловіків ($29,0 \pm 10,2$). Не було виявлено суттєвої різниці у ФВ ЛШ між групами: у жінок вона становила $52,4 \pm 9,5\%$, а у чоловіків $53,74 \pm 8,3\%$. КДО ЛШ у жінок був меншим, ніж у чоловіків ($203,6 \pm 61,3$ мл), ($157,3 \pm 49,5$ мл). Аналогічно, у жінок КСО ЛШ був нижчим, ніж у чоловіків ($77,8 \pm 32,9$ мл проти $91,5 \pm 27,7$ мл), таблиця 1.

Далі проведено аналіз реваскуляризації КА та його гендерні особливості. Встановлено, що у пацієток-жінок найчастіше реваскуляризацію виконувалась в одній або у двох КА, їх частота була однаковою і становила 43,5% випадків. Три дистальні анастомози були накладені лише у 3 пацієток-жінок – 13,0%. Мамарокоронарне шунтування у жінок не застосовувалося. В групі пацієнтів-чоловіків переважала реваскуляризація 2 КА, частота якої становила – 47,8% випадків. Мамарокоронарне шунтування виконувалося в 4,3% випадків у пацієнтів-чоловіків. Детальний кількісний аналіз реваскуляризації представлений у таблиці 2.

Далі проводили якісний аналіз необхідної реваскуляризації КА про який міркують за трьома гілками КА, а саме: передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії (ПМШГ ЛКА), огинаюча гілка лівої коронарної артерії ОГ ЛКА та права коронарна артерія (ПКА) в залежності від статі пацієнта. Так у пацієток-жінок найчастіше реваскуляризувалася ПМШГ ЛКА – у 69,6% випадків, в той час, як у пацієнтів-чоловіків у 73,9% випадках. Зазначене вказує, що у хворих чоловічої статі реваскуляризація ПМШГ ЛКА проводилася достовірно частіше відносно пацієток-жінок, ($p=0,011$; $\chi^2=6,42$).

Таблиця 1

Кількісна та якісна характеристика досліджуваних пацієнтів

Показник	n 46 (100,0%), M $\pm$ m		
	Пацієнти-жінки	Пацієнти-чоловіки	P
Кількість	23 (50,0%)	23 (50,0%)	-
Середній вік, pp	$64,7 \pm 7,3$	$61,0 \pm 8,5$	0,121
ІМТ	$30,7 \pm 6,1$	$28,2 \pm 4,7$	0,127
Розмір АВА (мм)	$56,8 \pm 10,8$	$54,4 \pm 12,6$	0,492
Кількість ліжко-днів	$26,0 \pm 10,2$	$29,0 \pm 10,2$	0,324
ФВ ЛШ (%)	$52,4 \pm 9,5$	$53,74 \pm 8,3$	0,613
КДО (мл)	$157,3 \pm 49,5$	$203,6 \pm 61,3$	0,007
КСО (мл)	$77,8 \pm 32,9$	$91,5 \pm 27,7$	0,134

Примітка: АВА – аневризма висхідної аорти.

Таблиця 2

Кількісна характеристика об'єму реваскуляризації в залежності від статі пацієнтів

Об'єм реваскуляризації	Пацієнтки-жінки (n=23)	Пацієнти-чоловіки (n=23)	P, χ^2
АКІШ -1	10 (43,5%)	7 (30,4%)	$p \geq 0,05$
АКІШ - 2	10 (43,5%)	11 (4,8%)	$p \geq 0,05$
АКІШ - 3	3 (13,0%)	3 (13,0%)	$p \geq 0,05$
АКІШ - 4	-	2 (8,7%)	$p \geq 0,05$
З них з МКІШ	-	1 (4,3%)	$p \geq 0,05$

Примітка: АКІШ – аортокоронарне шунтування; МКІШ – мамарокоронарне шунтування.

Реваскуляризація ОГ ЛКА була проведена з частотою 21,7% випадків у жінок та 34,8% випадків у хворих чоловіків. При статистичній обробці встановлено, що пацієнтки-жінки з поєднаною патологією аорти потребували реваскуляризації ОГ ЛКА достовірно частіше за відповідну категорію хворих чоловічої статі, ($p=0,0001$; $\chi^2=34,01$).

ПКА була реваскуляризована у 39,1% пацієток-жінок та у 47,8% пацієнтів-чоловіків, що вказує на достовірно вищу частоту необхідності відновлення кровообігу у ПКА в пацієнтів чоловічої статі, ($p=0,0001$; $\chi^2=17,47$), таблиця 3.

4. Обговорення

У представленому дослідженні проаналізовано результати хірургічного лікування 46 пацієнтів (23 пацієнти-жінки та 23 пацієнти-чоловіки) з анеризмою висхідної аорти та супутньою ішемічною хворобою серця з акцентом на повноту та якісні характеристики реваскуляризації коронарних артерій. Отримані дані продемонстрували наявність гендерних відмінностей у структурі виконаної реваскуляризації, що підтверджується статистично значущими показниками при аналізі окремих коронарних басейнів та узгоджується з сучасними літературними даними [6, 7, 8, 9]. За кількісним аналізом об'єму АКІШ, у пацієток-жінок найчастіше виконувалося шунтування однієї або двох коронарних артерій (по 43,5%), тоді як у пацієнтів-чоловіків переважала реваскуляризація двох судин (47,8%). Виконання трьох анастомозів було однаковим у обох групах (13,0%), а чотирьох – спостерігалось лише

у пацієнтів-чоловіків (8,7%). Мамарокоронарне шунтування застосовувалося виключно у чоловіків (4,3%). Проте міжгрупові відмінності за загальним об'ємом реваскуляризації не досягли статистичної значущості ($p \geq 0,05$), що свідчить про співставну тактику хірургічного підходу в обох групах. Водночас якісний аналіз продемонстрував статистично значущі гендерні особливості. Реваскуляризація передньої міжшлуночкової гілки ЛКА виконувалася у 69,6% пацієнтів-жінок та 73,9% пацієнтів-чоловіків ($p=0,011$; $\chi^2=6,42$), що вказує на достовірно вищу частоту втручання в басейні ПМШГ ЛКА у чоловіків. Щодо огинаючої гілки ЛКА, частота реваскуляризації становила 21,7% у пацієнтів-жінок проти 34,8% у пацієнтів-чоловіків ($p=0,0001$; $\chi^2=34,01$), що також свідчить про статистично значущу різницю. Аналогічна тенденція спостерігалася для правої коронарної артерії: 39,1% у пацієнтів-жінок проти 47,8% у пацієнтів-чоловіків ($p=0,0001$; $\chi^2=17,47$). Таким чином, у пацієнтів чоловічої статі частіше відзначалася необхідність реваскуляризації в багатьох басейнах. Отримані результати корелюють із даними великих когортних досліджень, які демонструють, що чоловіки частіше мають поширене багатосудинне ураження коронарного русла, тоді як у жінок частіше виконується менш об'ємна реваскуляризація [4, 8, 10]. Gaudino та співавтори показали, що жінки рідше отримують повну та артеріальну реваскуляризацію, що може бути пов'язано з анатомічними особливостями та клінічним профілем [4]. Подібні тенденції відзначені й у роботі Журби та співавт. [5]. Щодо хірургії висхідної аорти, сучасні

Таблиця 3

Якісний аналіз необхідної реваскуляризації у пацієнтів вибірки в залежності від статі

Гілки КА	Пацієнтки-жінки (n=23), n (%)	Пацієнти-чоловіки (n=23), n (%)	P, χ^2
ПМШГ ЛКА	16 (69,6)	17 (73,9)	$p=0,011$; $\chi^2=6,42$
ОГ ЛКА	5 (21,7)	8 (34,8)	$p=0,0001$; $\chi^2=34,01$
ПКА	9 (39,1)	11 (47,8)	$p=0,0001$; $\chi^2=17,47$

дослідження підтверджують наявність статевих відмінностей у клінічному перебігу та прогнозі [6, 9, 10]. У нашій вибірці, незважаючи на статистично значущі відмінності у структурі реваскуляризації окремих коронарних гілок, ранні післяопераційні результати не відрізнялися між групами ($p > 0,05$), що співставно з даними інших досліджень [3, 8]. Таким чином, проведений аналіз свідчить, що при комбінованому хірургічному лікуванні аневризми висхідної аорти та ІХС гендерні відмінності проявляються насамперед у якісній структурі реваскуляризації коронарних артерій ($p = 0,011$; $p = 0,0001$), тоді як загальний об'єм АКШ та ранні клінічні результати залишаються статистично порівнянними ($p \geq 0,05$). Вищевказане підкреслює необхідність індивідуалізованого підходу до планування обсягу реваскуляризації з урахуванням статевих особливостей та підкреслює необхідність висвітлення даної тематики у більших когортних дослідженнях.

5. Висновки

Об'єм реваскуляризації коронарних артерій статистично не залежав від статі: частота виконання АКШ-1 (43,5% проти 30,4%), АКШ-2 (43,5% проти 47,8%), АКШ-3 (13,0% у обох групах) та АКШ-4 (0% проти 8,7%) не відрізнялася між групами ($p \geq 0,05$). У пацієнток-жінок переважала реваскуляризація однієї або двох коронарних артерій (по 43,5%), тоді як у чоловіків найчастіше виконувалася реваскуляризація двох судин (47,8%); мамарокоронарне шунтування застосовано лише у чоловіків (4,3%), проте без статистично значущої різниці ($p \geq 0,05$). Якісний аналіз показав гендерні відмінності щодо ураження окремих коронарних басейнів: реваскуляризація ПМШГ ЛКА частіше виконувалася у чоловіків (73,9% проти 69,6%; $p = 0,011$; $\chi^2 = 6,42$), ОГ ЛКА – у 34,8% чоловіків та 21,7% жінок ($p = 0,0001$; $\chi^2 = 34,01$), ПКА – у 47,8% чоловіків проти 39,1% жінок ($p = 0,0001$; $\chi^2 = 17,47$). Отримані дані свідчать, що при зіставному загальному об'ємі реваскуляризації існують певні гендерні особливості у розподілі ураження коронарних басейнів, що може відображати відмінності в анатомо-функціональних характеристиках коронарного русла у пацієнтів різної статі.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження доцільно спрямувати

на розширення вибірки пацієнтів з метою підвищення статистичної потужності аналізу та уточнення гендерних відмінностей у повноті й стратегії реваскуляризації коронарних артерій при поєднаній патології висхідної аорти та ІХС. Перспективним є вивчення впливу повноти реваскуляризації, типу шунтів та конкретних коронарних басейнів на віддалені результати – виживаність, частоту серцево-судинних подій і повторних втручань – з урахуванням статі. Окремої уваги потребує аналіз морфологічних та анатомічних особливостей коронарного русла, а також ролі супутньої патології у формуванні показань до обсягу реваскуляризації у чоловіків і жінок.

Обмеження дослідження. Обмеженнями даного дослідження є його ретроспективність, одноцентровість та мала вибірка, що обмежує можливість екстраполяції даних на широкую популяцію пацієнтів.

Конфлікт інтересів

Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

Інструменти штучного інтелекту використовувались виключно для мовного редагування та перекладу тексту (Abstract). Автори самостійно проводили розрахунки, перевіряли достовірність даних, результатів та висновків й несуть повну відповідальність за зміст праці.

Первинні дані та матеріали

Первинні дані дослідження є в доступі у авторів та можуть бути надані за обґрунтованим запитом.

Інформація про фінансування

Власні кошти.

Внесок авторів

Жеков І.І.: концепція та дизайн дослідження, аналіз та інтерпретація даних, редагування та критичний перегляд рукопису, затвердження фінальної версії статті. Макогончук І.П.: концепція та дизайн дослідження, збір клінічних даних, аналіз та інтерпретація даних, написання першого варіанту рукопису, затвердження фінальної версії статті.

REFERENCES

1. Jiang, H., Xu, H. & Xu, Z. (2024). Sex-related differences in outcome of thoracic aortic surgery. *J Cardiothorac Surg* 19, 226 <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02735-6>
2. Al-Tawil, M., Geragotellis, A., Alroobi, A., Aboabdo, M., Alaila, D., Sulaiman, W.A., Ghaben, N., Salim, H.T., Friedrich, C., Rusch, R., et al. (2025). Real World Sex Differences in Patients Undergoing Ascending Aortic Aneurysm Surgery—A Systematic Review and Meta-Analysis of Reconstructed Time-to-Event Data. *J. Clin. Med.* 14, 1908. <https://doi.org/10.3390/jcm14061908>
3. Al-Tawil, M., Friedrich, C., Broll, A., Salem, M., Schoettler, J., de Silva, N., Kolat, P., Schoeneich, F., Haneya, A. (2024). Sex-based disparities in ascending aortic aneurysm surgery outcomes: a comprehensive analysis of 1148 consecutive patients with propensity-score matching. *J Cardiothorac Surg.* Jun 14;19(1):331. doi: 10.1186/s13019-024-02646-6. PMID: 38877532; PMCID: PMC11177366.
4. Mario Gaudino, Antonino Di Franco, John H Alexander, Faisal Bakaeen, Natalia Egorova, Paul Kurlansky, Andreas Boening, Joanna Chikwe, Michelle Demetres, Philip J Devereaux, Anno Diegeler, Arnaldo Dimagli, Marcus Flather, Irbaz Hameed, Andre Lamy, Jennifer S Lawton, Wilko Reents, N Bryce Robinson, Katia Audisio, Mohamed Rahouma, Patrick W Serruys, Hironori Hara, David P Taggart, Leonard N Girardi, Stephen E Fremes, Umberto Benedetto. (2022). Sex differences in outcomes after coronary artery bypass grafting: a pooled analysis of individual patient data, *European Heart Journal*, Volume 43, Issue 1, 1 January, Pages 18–28, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab504>
5. Zhurba, O. O., Rudenko, A. V., & Ginglyak, O. M. (2025). ANALYSIS OF THE COMPLETENESS OF THE PERFORMED REVASCULARIZATION DURING CORONARY BYPASS IN PATIENTS WITH ISCHEMIC HEART DISEASE TAKING INTO ACCOUNT GENDER. Hospital Surgery. *Journal named after L. Ya. Kovalchuk*, (2), 97–104. <https://doi.org/10.11603/2414-4533.2025.2.15397>
6. Almendárez, M., Formica, F., Gutierrez Sáenz de Santamaría, J., Avanzas, P., Escalera, A., Alvarez-Velasco, R., Pascual, I., Silva, J., Díaz, R., Alperi, A., Hernández-Vaquero, D. (2024). Sex-Related Differences in Life Expectancy Compared to General Population after Surgery for Ascending Aortic Aneurysm. *J Clin Med.* Aug 4;13(15):4554. doi: 10.3390/jcm13154554. PMID: 39124820; PMCID: PMC11313614.
7. Strypet, M., Bozic, C., Mansvelder, F.J., Breel, J.S., Jansen, E.K., de Klerk, E.S., López González, D.E., Hermanns, H., Eberl, S. (2024). Sex Differences in Outcomes After Elective and Acute Aortic Surgery—A Single-Centre Experience over the Last Two Decades. *J Clin Med.* Oct 22;13(21), 6313. doi: 10.3390/jcm13216313. PMID: 39518452; PMCID: PMC11546913.
8. Chung, J., Stevens, L.M., Ouzounian, M., El-Hamamsy, I., Bouhout, I., Dagenais, F., Cartier, A., Peterson, M.D., Boodhwani, M., Guo, M., Bozinovski, J., Yamashita, M.H., Lodewyckx, C., Atoui, R., Bittira, B., Payne, D., Tarola, C., Chu, MWA. (2019). Canadian Thoracic Aortic Collaborative. Sex-Related Differences in Patients Undergoing Thoracic Aortic Surgery. *Circulation.* Feb 26;139(9), 1177-1184. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035805. PMID: 30755026.
9. Williams, MC. (2022). Sex-based Differences in Outcomes Related to Thoracic Aorta Dimensions. *Radiology.* Jul;304(1), 216-217. doi: 10.1148/radiol.220402. Epub 2022 Apr 12. PMID: 35412369.
10. van Kampen, A., Haunschild, J., von Aspern, K., Dietze, Z., Misfeld, M., Saeed, D., Borger, M.A., Etz, C.D. (2023). Sex-Related Differences After Proximal Aortic Surgery: Outcome Analysis of 1773 Consecutive Patients. *Ann Thorac Surg.* Dec;116(6), 1186-1193. doi: 10.1016/j.athoracsur.2022.05.039. Epub 2022 Jun 10. PMID: 35697115.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Zhekov Ihor

Candidate of Medical Sciences, Senior Research Fellow at the Department of surgical treatment of aortic pathology
National M. Amosov Institute of Cardio-Vascular Surgery Affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine
igor.zhekov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9785-7777

Жеков Ігор Іванович

кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділу хірургічного лікування патології аорти
Державна установа «Національний науковий центр серцево-судинної хірургії та спадкової патології імені М.М. Амосова Національної академії медичних наук України»
igor.zhekov@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9785-7777

Makohonchuk Ivan

Junior Reserch Fellow of the Department of
Surgical Treatment of Aortic Pathology
*National M. Amosov Institute of Cardio-Vascular
Surgery Affiliated to National Academy of Medical
Sciences of Ukraine*

ivan.makogochuk@gmail.com

ORCID: 0009-0002-0654-6082

Макогончук Іван Павлович

молодший науковий співробітник відділу
хірургічного лікування патології аорти
*Державна установа «Національний науковий
центр серцево-судинної хірургії та спадкової
патології імені М.М. Амосова Національної
Академії Медичних Наук України»*

ivan.makogochuk@gmail.com

ORCID: 0009-0002-0654-6082

Дата надходження статті: 21.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 10.04.2026

Дата прийняття статті: 15.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-2>
 УДК 616.89-008.441.44:616-001.45-036.8:355

ТРИВОЖНІ РОЗЛАДИ У ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ПІСЛЯ МІННО-ВИБУХОВОЇ ТРАВМИ: СТРУКТУРА, ПЕРЕБІГ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЛІКУВАННЯ

Задорожна Б. В., Шевага В. М., Задорожний А. М.,
Семчишин М. Г.

ANXIETY DISORDERS IN MILITARY PERSONNEL AFTER MINE- EXPLOSIVE TRAUMA: CLINICAL STRUCTURE, COURSE, AND TREATMENT EFFECTIVENESS

Zadorozhna Bozhena, Shevaga Volodymyr, Zadorozhnyi Andrii,
Semchyshyn Myroslava

Анотація

Актуальність. Тривожні розлади є однією з найбільш поширених форм психічних порушень у військовослужбовців після бойової травми. В умовах сучасних бойових дій значно зростає частота тривожних і депресивних розладів, що супроводжуються соматовегетативними проявами та негативно впливають на якість життя, соціальне функціонування і реабілітацію пацієнтів. **Мета роботи** Дослідити клініко-психопатологічні особливості тривожних розладів у військовослужбовців після мінно-вибухової травми, визначити їхню структуру та перебіг, а також оцінити ефективність гідроксизину в складі комплексної терапії. **Матеріали та методи** Обстежено 35 військовослужбовців із бойовим досвідом після мінно-вибухової травми з клінічними проявами тривожних розладів (основна група) та 20 військовослужбовців без ознак тривожних порушень (контрольна група). Середній вік обстежених становив $38,5 \pm 2,1$ року. Для оцінки психоемоційного стану застосовували шкалу Спілберґера-Ханіна, шкалу депресії Гамільтона та шкалу позитивного та негативного афекту PANAS. Пацієнти основної групи отримували гідроксизин у добовій дозі 75–100 мг. Статистичну обробку проводили з використанням параметричних і непараметричних методів. **Результати та їх обговорення.** У структурі тривожних розладів переважали генералізований тривожний (34,29%) та змішаний тривожно-депресивний (28,57%) розлади. Виявлено високу частоту соматовегетативних проявів. У більшості пацієнтів тривожні розлади мали короткочасний перебіг, однак у частини – тенденцію до хронізації. Після проведеного лікування відзначено достовірне зниження рівня ситуативної тривожності, депресивних проявів та частоти психопатологічних синдромів ($p < 0,05–0,01$), а також підвищення рівня позитивного афекту та зниження рівня негативного афекту. Побічних ефектів не зафіксовано. **Висновки.** Тривожні розлади у військовослужбовців після мінно-вибухової травми мають поліморфний характер, супроводжуються соматовегетативними проявами та схильні до затяжного перебігу. Застосування гідроксизину є ефективним та безпечним методом терапії, що сприяє зниженню рівня тривоги та покращенню психоемоційного стану.

Ключові слова: тривожні розлади, військовослужбовці, мінно-вибухова травма, гідроксизин, психоемоційний стан, соматовегетативні прояви.

Abstract

Background. Anxiety disorders are among the most common mental health conditions in military personnel following combat-related trauma. In the context of ongoing military conflict, the prevalence of anxiety and depressive disorders increases significantly, often accompanied by somatic symptoms and leading to impaired quality of life and functioning. **Purpose.** To investigate the clinical and psychopathological features of anxiety disorders in military personnel after mine-explosive injury, to determine their structure and course, and to evaluate the effectiveness of hydroxyzine in complex therapy. **Materials and Methods.** The study included 35 military personnel with combat experience and mine-explosive injury presenting with anxiety disorders (main group) and 20 military personnel without anxiety symptoms (control group). The mean age was 38.5 ± 2.1 years. Psychological assessment included the Spielberger-Khanin State-Trait Anxiety Inventory, the Hamilton Depression Rating Scale, and the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS). Patients received hydroxyzine at a daily dose of 75–100 mg. Statistical analysis was performed using parametric and non-parametric methods. **Results.** Generalized anxiety disorder (34.29%) and mixed anxiety-depressive disorder (28.57%) were the most prevalent conditions. A high frequency of somatovegetative symptoms was observed. In most cases, anxiety disorders had a relatively short duration, although some patients showed a tendency toward chronicity. After treatment, a significant reduction in situational anxiety, depressive symptoms, and psychopathological syndromes was observed ($p < 0.05–0.01$), along with an increase in positive affect and a decrease in negative affect. No adverse effects were reported. **Conclusions.** Anxiety



disorders in military personnel after mine-explosive injury are characterized by a polymorphic clinical presentation, somatovegetative manifestations, and a tendency toward prolonged course. Hydroxyzine is an effective and safe treatment option that significantly reduces anxiety and improves psychoemotional status.

Key words: anxiety disorders, military personnel, mine-explosive injury, hydroxyzine, psychoemotional state, somatovegetative symptoms.

1. Вступ

Тривога є універсальною психофізіологічною реакцією організму на дію стресових факторів, яка виконує адаптивну функцію, сприяючи мобілізації ресурсів та забезпеченню виживання в умовах небезпеки [1]. Виділяють два основні типи тривожної реакції – фізіологічну та патологічну. Фізіологічна тривога має ситуаційний характер, є короткочасною та сприяє підвищенню адаптаційних можливостей організму. Натомість патологічна тривога характеризується надмірною інтенсивністю, тривалістю та дезадаптивним впливом, що призводить до виснаження компенсаторних механізмів і формування психічних розладів [2].

Патологічна тривога є одним із найпоширеніших психічних розладів сучасності. За даними епідеміологічних досліджень, тривожні розлади займають провідне місце серед усіх психічних захворювань та суттєво впливають на якість життя, соціальне функціонування і працездатність [3]. В умовах повномасштабної війни в Україні проблема тривожних розладів набуває особливої актуальності, оскільки бойовий стрес, мінно-вибухові травми та хронічна психотравматизація значно підвищують ризик їх розвитку [4].

Тривога розглядається як ключовий психопатологічний феномен, що має схильність до хронічного перебігу та може трансформуватися у різні клінічні форми, зокрема у генералізований тривожний розлад, панічні розлади та змішані тривожно-депресивні стани [5]. Відомо, що тривожні розлади частіше виникають в осіб молодого та середнього віку, асоціюються з підвищеним ризиком суїцидальної поведінки та значним зниженням якості життя [6]. Незважаючи на захисну роль тривоги в нормі, її надмірна вираженість призводить до психоемоційного виснаження, порушення адаптації та розвитку хронічних психічних порушень [3].

Особливої уваги заслуговують тривожні розлади у військовослужбовців, які перенесли мінно-вибухову травму. Вплив поєднаних фізичних і психотравмуючих чинників сприяє формуванню посттравматичних психоемоційних порушень, включаючи симптоми посттравматичного стресового розладу, депресії та тривоги [7]. Сучасні дослідження підтверджують, що бойова травма значно підвищує ризик розвитку тривожних і депресивних

розладів, які можуть мати тривалий або хронічний перебіг [8].

Мета роботи. Метою дослідження було комплексне вивчення клініко-психопатологічних особливостей тривожних розладів у військовослужбовців із бойовим досвідом після перенесеної мінно-вибухової травми, визначення їх структури, ступеня вираженості та впливу на психоемоційний стан, а також оцінка ефективності застосування гідроксизину у комплексній терапії.

2. Матеріали та методи дослідження

Дослідження проведено з дотриманням основних етичних принципів Гельсінської декларації та мало порівняльний клінічний характер.

Основну групу склали 35 військовослужбовців із досвідом бойових дій, які перенесли мінно-вибухову травму та мали клінічні прояви тривожних розладів. Усі обстежені були чоловіками віком від 35 до 42 років; середній вік становив $38,5 \pm 2,1$ року. У комплексній терапії застосовували гідроксизин у добовій дозі 75–100 мг, розподілений на 2–3 прийоми.

Контрольну групу становили 20 військовослужбовців аналогічного віку та статі з подібним характером травми, однак без ознак тривожних розладів; середній вік у цій групі становив $38,7 \pm 2,0$ року. Вірогідних відмінностей за віком між групами не виявлено ($p > 0,05$). Усі учасники надали письмову інформовану згоду на участь у дослідженні.

Для оцінки психоемоційного стану використовували стандартизовані психодіагностичні методики: шкалу тривоги Спілбергера–Ханіна [9], шкалу депресії Гамільтона [10] та шкалу позитивного та негативного афекту PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) [11].

Обстеження проводили через 6 місяців після травми. Усі пацієнти були оглянуті невропатологом, психіатром, травматологом та офтальмологом; усім виконували рентгенографію черепа і комп'ютерну томографію головного мозку.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням t-критерію Стьюдента та критерію χ^2 . Результати подано у вигляді середніх значень та стандартної похибки середнього ($M \pm m$). Різницю вважали статистично значущою при $p < 0,05$ [12].

3. Результати

У пацієнтів основної групи переважали скарги на підвищену дратівливість, емоційну лабільність, відчуття постійної втоми, порушення сну, а також труднощі концентрації уваги. Зазначені симптоми відповідали типовій клінічній картині тривожних розладів і свідчили про наявність як психічних, так і соматовегетативних проявів.

Як видно з даних таблиці 1, у структурі тривожних розладів у військовослужбовців із бойовим досвідом домінували генералізований тривожний розлад (34,29%) та змішаний тривожно-депресивний розлад (28,57%). Панічний (20,00%) та соматоформний (17,14%) розлади зустрічалися рідше. Отримані дані свідчать про переважання клінічних форм із хронічним перебігом, у яких поєднуються афективні та соматичні компоненти тривоги. Це можна пояснити тривалим впливом психотравмуючих факторів, характерних для бойового досвіду, що сприяє формуванню стійких психоемоційних порушень.

Таблиця 1
Розподіл клінічних форм тривожних розладів у військовослужбовців основної групи (n = 35)

Клінічна форма тривожного розладу	Кількість пацієнтів, абс. (n)	Частка, %
Генералізований тривожний розлад	12	34,29
Змішаний тривожно-депресивний розлад	10	28,57
Панічний розлад	7	20,0
Соматоформний розлад	6	17,14
Усього	35	100,00

Аналіз тривалості захворювання (табл. 2) показав, що у більшості пацієнтів тривожні розлади мали відносно коротку тривалість: до 3 місяців – у 42,9% випадків, від 3 місяців до 1 року – у 34,3%. Це вказує на значну роль гострого та підгострого стресового впливу

Таблиця 2
Тривалість тривожних розладів у військовослужбовців основної групи (n = 35)

Тривалість захворювання	Кількість пацієнтів, абс. (n)	Частка, % (M ± m)
До 3 місяців	15	42,9±8,5
Від 3 місяців до 1 року	12	34,3±8,1
Від 1 до 3 років	5	14,3±6,0
Понад 3 роки	3	8,6±4,8
Усього	35	100,00

у формуванні тривожної симптоматики після мінно-вибухової травми. Водночас у 22,9% обстежених відзначався тривалий перебіг (понад 1 рік), що свідчить про схильність тривожних розладів до хронізації та формування стійких психопатологічних станів.

Аналіз таблиці 3 демонструє, що серед обстежених пацієнтів до початку лікування найбільшу питому вагу мали тривожні та тривожно-депресивні стани. Після проведеної терапії спостерігалось достовірне зниження частоти всіх психопатологічних синдромів ($p < 0,05$). Найбільш виражена позитивна динаміка відзначалася щодо тривожного та тривожно-депресивного синдромів: кількість пацієнтів із цими проявами зменшилася відповідно з 12 до 2 та з 10 до 1 особи. Це свідчить про ефективність застосованого лікування та підтверджує доцільність використання гідроксизину у комплексній терапії тривожних розладів у даній категорії пацієнтів.

Важливою особливістю клінічної картини була наявність соматовегетативних симптомів, які супроводжували тривожні розлади. Зокрема, у 57,1% пацієнтів спостерігалися неприємні відчуття в ділянці серця, у 11,4% – відчуття нестачі повітря, у 17,1% – підвищення артеріального тиску. Дані прояви були тісно пов'язані з рівнем тривожності, емоційною напруженістю та лабільністю настрою. На тлі проведеного лікування відзначалося їх достовірне зменшення, що підтверджує єдність

Таблиця 3
Динаміка психопатологічних синдромів у військовослужбовців основної групи до та після лікування (n = 35)

Психопатологічний синдром	До лікування: кількість пацієнтів, n	До лікування: частка, % (M ± m)	Після лікування: кількість пацієнтів, n
Тривожний	12	34,29 ± 8,14	2*
Тривожно-депресивний	10	28,57 ± 7,96	1*
Тривожно-фобічний	7	20,00 ± 6,86	1*
Тривожно-іпохондричний	6	17,14 ± 6,00	0*

Примітка: * – відмінності статистично значущі порівняно з показниками до лікування ($p < 0,05$).

психічних і соматичних механізмів тривожних розладів.

Оцінка рівня тривожності за шкалою Спілберґера–Ханіна (табл. 4) показала, що до лікування у пацієнтів переважав високий рівень ситуативної тривожності ($48,7 \pm 8,5$ бала), тоді як особистісна тривожність відповідала помірному рівню ($40,4 \pm 10,6$ бала). Після лікування спостерігалось достовірне зниження ситуативної тривожності до $26,8 \pm 6,9$ бала ($p < 0,01$), що свідчить про зменшення гострої реакції на стресові стимули. Зниження особистісної тривожності було менш вираженим, що є закономірним, оскільки вона відображає більш стабільні індивідуально-психологічні характеристики.

Під час спостереження побічних ефектів від застосування гідроксизину не виявлено, що свідчить про його добру переносимість. Отримані результати підтверджують, що препарат ефективно знижує рівень тривожності та соматовегетативні прояви.

Оцінка депресивних проявів за шкалою Гамільтона (табл. 5) показала, що до лікування у пацієнтів переважали депресивні порушення легкого ступеня вираженості ($8,9 \pm 1,5$ бала). Після лікування цей показник достовірно знизився до $4,1 \pm 2,0$ бала ($p < 0,01$), що свідчить про позитивну динаміку емоційного стану. Клінічно це супроводжувалося зменшенням таких симптомів, як зниження настрою, порушення сну, втома, слабкість, неспокій, психічна та соматична тривога, а також іпохондричні прояви.

Динаміка показників за шкалою позитивного та негативного афекту PANAS (табл. 6) продемонструвала достовірне покращення психоемоційного стану пацієнтів. Зокрема, після проведеного лікування відзначено статистично значуще підвищення рівня позитивного афекту та зниження рівня негативного афекту ($p < 0,01$). Отримані результати свідчать про покращення емоційного стану, зменшення внутрішнього напруження та відновлення психічної адаптації військовослужбовців.

Отримані результати узгоджуються з даними сучасних досліджень, які свідчать про високу поширеність тривожних і депресивних розладів серед військовослужбовців після бойової травми та їх тісний зв'язок із соматовегетативними проявами [13–17]. Це підтверджує значущість комплексного підходу до діагностики та лікування даної категорії пацієнтів.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що тривожні розлади у військовослужбовців після мінно-вибухової травми характеризуються поліморфною клінічною структурою, поєднанням психічних і соматовегетативних проявів та схильністю до затяжного перебігу. Застосування гідроксизину у комплексній терапії є ефективним, оскільки сприяє достовірному зниженню рівня тривоги, депресивних проявів і покращенню загального психоемоційного стану пацієнтів.

Обговорення. Отримані результати підтверджують високу поширеність тривожних

Таблиця 4

Динаміка рівня особистісної та ситуативної тривожності у військовослужбовців за шкалою Спілберґера–Ханіна

Показник	До лікування, бали ($M \pm m$)	Після лікування, бали ($M \pm m$)
Особистісна тривожність	$40,4 \pm 10,6$	$33,9 \pm 7,9$
Ситуативна тривожність	$48,7 \pm 8,5$	$26,8 \pm 6,9^*$

Примітка: * – відмінності статистично значущі ($p < 0,01$).

Таблиця 5

Динаміка показників депресивних проявів у військовослужбовців за шкалою депресії Гамільтона

Показник	До лікування, бали ($M \pm m$)	Після лікування, бали ($M \pm m$)
Рівень депресії	$8,9 \pm 1,5$	$4,1 \pm 2,0^*$

Примітка: * – відмінності статистично значущі ($p < 0,01$).

Таблиця 6

Динаміка показників позитивного та негативного афекту у військовослужбовців основної групи до та після лікування за шкалою PANAS (n = 35)

Показник	До лікування, бали ($M \pm m$)	Після лікування, бали ($M \pm m$)
Позитивний афект	$24,3 \pm 3,2$	$32,8 \pm 2,6^*$
Негативний афект	$31,7 \pm 3,8$	$18,9 \pm 2,4^*$

Примітка: * – відмінності статистично значущі порівняно з показниками до лікування ($p < 0,01$).

розладів серед військовослужбовців після перенесеної мінно-вибухової травми та узгоджуються з даними сучасних міжнародних досліджень щодо психічних наслідків бойового стресу [13–17]. Встановлено, що у структурі психопатологічних проявів переважають генералізований тривожний та змішаний тривожно-депресивний розлади, що свідчить про значну роль хронічної психотравматизації у формуванні стійких емоційних порушень.

Особливістю клінічної картини у досліджуваних пацієнтів була значна частота соматовегетативних проявів, зокрема кардіальних скарг, відчуття нестачі повітря та лабільності артеріального тиску. Це підтверджує тісний взаємозв'язок психічних і соматичних механізмів тривожних розладів та необхідність комплексного підходу до їх діагностики й лікування. Подібні результати описані в роботах, присвячених посттравматичним психоемоційним порушенням у військовослужбовців після бойової травми [7, 13].

Виявлене достовірне зниження рівня ситуативної тривожності, депресивних проявів та негативного афекту після проведеної терапії свідчить про ефективність застосування гідроксизину у складі комплексного лікування. Водночас менш виражена динаміка особистісної тривожності може бути пов'язана з її відносною стабільністю як індивідуально-психологічної характеристики. Отримані результати підтверджують доцільність раннього виявлення та своєчасної корекції тривожних розладів у військовослужбовців після мінно-вибухової травми з метою попередження їх хронізації та покращення психосоціальної адаптації пацієнтів.

4. Висновки

У військовослужбовців із бойовим досвідом після перенесеної мінно-вибухової травми тривожні розлади характеризуються поліморфною клінічною структурою з переважанням генералізованого тривожного та змішаного тривожно-депресивного розладів.

Тривожні розлади супроводжуються значною частотою соматовегетативних проявів (серцебиття, відчуття нестачі повітря, підвищення артеріального тиску), що свідчить про тісний взаємозв'язок психічних і соматичних механізмів їх формування.

У більшості обстежених тривожні порушення виникають у ранньому періоді після травми, однак у частини пацієнтів мають тенденцію до затяжного або хронічного перебігу.

Застосування гідроксизину у комплексній терапії сприяє достовірному зниженню рівня ситуативної тривожності, зменшенню

вираженості психопатологічних синдромів та покращенню психоемоційного стану пацієнтів.

Встановлено достовірне зниження показників депресивних проявів, підвищення рівня позитивного афекту та зниження рівня негативного афекту за результатами психодіагностичних методик, що підтверджує ефективність проведеного лікування.

Перспективи подальших досліджень. Перспективними є подальші дослідження з більшим обсягом вибірки та тривалішим періодом спостереження для оцінки віддалених наслідків тривожних розладів у військовослужбовців після мінно-вибухової травми. Доцільним є також вивчення взаємозв'язку тривожних порушень із посттравматичним стресовим розладом, когнітивними змінами та якістю життя пацієнтів. Окремий науковий інтерес становить порівняльна оцінка ефективності різних психофармакологічних і психотерапевтичних підходів у комплексній реабілітації військовослужбовців.

Обмеження дослідження. Обмеженнями дослідження є невеликий обсяг вибірки, одноцентровий характер дослідження та відсутність тривалого катамnestичного спостереження за пацієнтами. Крім того, у дослідження були включені лише чоловіки-військовослужбовці, що обмежує можливість екстраполяції результатів на інші категорії пацієнтів. Також не проводилася оцінка впливу супутніх психічних і соматичних захворювань на перебіг тривожних розладів.

Конфлікт інтересів

Автори задекларували відсутність конфлікту інтересів і фінансових зобов'язань.

Використання штучного інтелекту

Під час підготовки статті технології штучного інтелекту використовувалися виключно для мовностилістичного редагування тексту та технічної оптимізації структури рукопису. Штучний інтелект не застосовувався для аналізу даних, інтерпретації результатів чи формулювання наукових висновків. Відповідальність за зміст статті повністю несуть автори.

Первинні дані та матеріали

Первинні дані дослідження зберігаються у авторів статті та можуть бути надані за обґрунтованим запитом з урахуванням вимог конфіденційності та етичних норм щодо персональних даних учасників дослідження.

Інформація про фінансування

Стаття підготовлена в рамках бюджетного фінансування ДНТ «Львівський

національний медичний університет імені Данила Галицького».

Внесок авторів

Задорожна Б.В. – генератор ідеї, супровід під час написання статті, написання статті.

Шевага В.М. – співгенератор ідеї; супровід під час написання статті, аналіз проблеми. Задорожний А.М. – співгенератор ідеї; супровід під час написання статті, аналіз проблеми. Семчишин М.Г. – написання статті, підготовка статті до друку, оформлення джерел літератури.

REFERENCES

1. LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.23.1.155>
2. Craske, M. G., & Stein, M. B. (2016). Anxiety. *The Lancet*, 388(10063), 3048–3059. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30381-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30381-6)
3. Baxter, A. J., Scott, K. M., Vos, T., & Whiteford, H. A. (2013). Global prevalence of anxiety disorders: A systematic review and meta-regression. *Psychological Medicine*, 43(5), 897–910. <https://doi.org/10.1017/S003329171200147X>
4. Charlson, F., van Ommeren, M., Flaxman, A., Cornett, J., Whiteford, H., & Ferrari, A. (2019). New WHO prevalence estimates of mental disorders in conflict settings: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 394(10194), 240–248. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30934-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30934-1)
5. American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
6. Bandelow, B., & Michaelis, S. (2015). Epidemiology of anxiety disorders in the 21st century. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 17(3), 327–335. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2015.17.3/bbandelow>
7. Perry, D. C., Sturm, V. E., Peterson, M. J., Knopman, D. S., Boeve, B. F., Miller, B. L., ... & Rosen, H. J. (2021). Neuropsychiatric symptoms after traumatic brain injury: A systematic review. *The Lancet Psychiatry*, 8(6), 500–513. <https://doi.org/10.1176/appi.psy.50.3.198>
8. Polusny, M. A., Erbes, C. R., Thuras, P., Kehle, S. M., Seligman, A. K., & Meis, L. A. (2020). Longitudinal effects of mild traumatic brain injury and posttraumatic stress disorder. *Journal of Neurotrauma*, 37(1), 1–11. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2010.172>
9. Spielberger, C. D., Gonzalez-Reigosa, F., Martinez-Urrutia, A., Natalicio, L. F., & Natalicio, D. S. (2017). The State-Trait Anxiety Inventory. *Revista Interamericana de Psicología/Interamerican Journal of Psychology*, 5(3 & 4). <https://doi.org/10.30849/rip/ijp.v5i3%20&%204.620>
10. Bagby, R. M., Ryder, A. G., Schuller, D. R., & Marshall, M. B. (2004). The Hamilton Depression Rating Scale: Has the gold standard become a lead weight? *American Journal of Psychiatry*, 161(12), 2163–2177. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.12.2163>
11. Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063–1070. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
12. Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality tests for statistical analysis: A guide for non-statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 10(2), 486–489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
13. Asnaani, A., Reddy, M. K., & Shea, M. T. (2014). The impact of PTSD symptoms on physical and mental health functioning in returning veterans. *Journal of Anxiety Disorders*, 28(3), 310–317. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2014.01.005>
14. Hoge, C. W., Auchterlonie, J. L., & Milliken, C. S. (2006). Mental health problems, use of mental health services, and attrition from military service after returning from deployment to Iraq or Afghanistan. *JAMA*, 295(9), 1023–1032. <https://doi.org/10.1001/jama.295.9.1023>
15. O'Donnell, M. L., Creamer, M., & Pattison, P. (2004). Posttraumatic stress disorder and depression following trauma: Understanding comorbidity. *American Journal of Psychiatry*, 161(8), 1390–1396. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.8.1390>
16. Kessler, R. C., Berglund, P., Demler, O., Jin, R., Merikangas, K. R., & Walters, E. E. (2005). Lifetime prevalence and age-of-onset distributions of DSM-IV disorders in the National Comorbidity Survey Replication. *Archives of General Psychiatry*, 62(6), 593–602. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.62.6.593>
17. Bryant, R. A. (2011). Acute stress disorder as a predictor of posttraumatic stress disorder: A systematic review. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 72(2), 233–239. <https://doi.org/10.4088/JCP.09r05072blu>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Zadorozhna Bozhena

MD, Professor at the Department of Family Medicine, Cardiology and Emergency Medicine
FPGE, State non-profit institution «Danylo Halytsky National Medical University in Lviv»
bozhenazadorozhna@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6717-5233

Shevaga Volodymyr

MD, Professor at the Department of Neurology
State non-profit institution «Danylo Halytsky National Medical University in Lviv».
shevaga.volodymyr@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2402-1829

Zadorozhny Andrii

PhD, Associate Professor at the Department of Infectious Diseases
State non-profit institution «Danylo Halytsky National Medical University in Lviv»
zandrij13@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1116-2836

Semchyshyn Myroslava

MD, Functional Diagnostics Physician at the Ivan Ohienko Campus of the University Hospital
the State Non-Commercial Institution «Danylo Halytsky Lviv National Medical University»
semcimirolava9@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3761-2927

Укр.

Задорожна Божена Володимирівна

доктор медичних наук, професор кафедри сімейної медицини, кардіології та медицини невідкладних станів
ФПДО ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
bozhenazadorozhna@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6717-5233

Шевага Володимир Миколайович

доктор медичних наук, професор кафедри неврології
ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
shevaga.volodymyr@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2402-1829

Задорожний Андрій Михайлович

кандидат медичних наук, доцент кафедри інфекційних хвороб
ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
zandrij13@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1116-2836

Семчишин Мирослава Григорівна

доктор медичних наук, лікар з функціональної діагностики кампусу імені Івана Огієнка
Університетської лікарні
ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»
semcimirolava9@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3761-2927

Дата надходження статті: 25.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 16.04.2026

Дата прийняття статті: 22.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-3>
УДК 616-71

РОЛЬ POINT-OF-CARE УЛЬТРАЗВУКУ (POCUS) У РАННІЙ ДІАГНОСТИЦІ КРИТИЧНИХ СТАНІВ У НОВОНАРОДЖЕНИХ

Закревський А. М., Закревський К. А.

THE ROLE OF POINT-OF-CARE ULTRASOUND (POCUS) IN THE EARLY DIAGNOSIS OF CRITICAL CONDITIONS IN NEWBORNS

Andriy Zakrevskyy, Kyrylo Zakrevskyi

Анотація

Актуальність. Стаття присвячена питанню визначення ефективних методів у ранній діагностиці критичних станів у новонароджених. Критичні стани у новонароджених характеризуються швидким прогресуванням та обмеженими клінічними ознаками на ранніх етапах. Це ускладнює ранню діагностику та своєчасне визначення ефективної терапії. Традиційні методи візуалізації часто пов'язані з часовими затримками та додатковими ризиками для нестабільних пацієнтів. При цьому Point-of-Care ультразвук (POCUS) є ефективним безпечним, неінвазивним методом діагностики, дозволяє миттєво оцінити стан новонароджених та допомогти лікарю-неонатологу оптимізувати лікування. **Мета роботи** – встановити роль Point-of-Care ультразвуку (POCUS) у ранній діагностиці критичних станів у новонароджених. **Матеріали та методи.** В роботі проведено аналіз сучасної літератури з наукометричних баз «Scopus», «Web of Science», «PubMed». **Результати.** За даними літератури, POCUS застосовується у 60–85 % випадків первинної оцінки критично хворих новонароджених. Використання bedside-ультразвуку дозволяє скоротити час до встановлення попереднього діагнозу з 45–60 хвилин до 10–15 хвилин. Зміна клінічної тактики після проведення POCUS відзначається у 30–50 % пацієнтів. Легеневий POCUS характеризується високою чутливістю при респіраторних порушеннях (до 94 %) та асоціюється зі зменшенням кількості рентгенологічних досліджень на 40–60 %. Абдомінальний та судинний POCUS забезпечують раннє виявлення ускладнень і зниження частоти інвазивних втручань. **Висновки.** Point-of-Care ультразвук (POCUS) є ефективним інструментом ранньої діагностики критичних станів у новонароджених. Це підхід дозволяє підвищити точність діагностику новонароджених, що допомагає при виборі лікувальної тактики. Найбільший клінічний ефект POCUS демонструє при системному впровадженні та відповідній підготовці медичного персоналу.

Ключові слова: неонатологія, діагностика, новонароджені, ультразвукове дослідження, ефективність.

Abstract

Background. The article is devoted to the issue of determining effective methods for the early diagnosis of critical conditions in newborns. Critical conditions in newborns are characterized by rapid progression and limited clinical signs in the early stages. This complicates early diagnosis and timely determination of effective therapy. Traditional imaging methods are often associated with time delays and additional risks for unstable patients. At the same time, Point-of-Care ultrasound (POCUS) is an effective, safe, non-invasive diagnostic method that allows for instant assessment of the condition of newborns and helps neonatologists optimize treatment. **The aim** of this study is to establish the role of Point-of-Care ultrasound (POCUS) in the early diagnosis of critical conditions in newborns. **Materials and methods.** The study analyzed current literature from the scientometric databases Scopus, Web of Science, and PubMed. **Results.** According to the literature, POCUS is used in 60–85% of cases of initial assessment of critically ill newborns. The use of bedside ultrasound reduces the time to preliminary diagnosis from 45–60 minutes to 10–15 minutes. A change in clinical tactics after POCUS is noted in 30–50% of patients. Pulmonary POCUS is highly sensitive in respiratory disorders (up to 94%) and is associated with a 40–60% reduction in the number of X-ray examinations. Abdominal and vascular POCUS enable early detection of complications and reduce the frequency of invasive interventions. **Conclusions.** Point-of-Care ultrasound (POCUS) is an effective tool for the early diagnosis of critical conditions in newborns. This approach improves the accuracy of newborn diagnosis, which helps in choosing a treatment strategy. POCUS demonstrates the greatest clinical effect when implemented systematically and with appropriate training of medical personnel.

Key words: neonatology, diagnosis, newborns, ultrasound examination, effectiveness.



1. Вступ

Критичні стани у новонароджених розвиваються стрімко й часто не супроводжуються специфічними клінічними ознаками на початкових етапах. Порушення гемодинаміки, гостра дихальна недостатність, легенева гіпертензія, внутрішні кровотечі або функціональні зміни серця можуть тривалий час проявлятися лише загальними симптомами нестабільності, що ускладнює своєчасне прийняття клінічних рішень [3; 16; 18]. У таких умовах навіть коротка затримка діагностики безпосередньо пов'язана з підвищенням ризику летальності та формуванням довготривалих ускладнень.

Традиційні методи інструментальної діагностики в неонатології мають низку обмежень. Переведення критично хворого новонародженого до відділення променевої діагностики супроводжується додатковим фізіологічним стресом і ризиком погіршення стану, а часові витрати знижують цінність отриманих результатів у ситуаціях, що потребують негайного втручання [2; 5; 8]. Крім того, стандартні ультразвукові дослідження часто не адаптовані до повторної оцінки динамічних змін у режимі реального часу.

Виконання ультразвукового дослідження безпосередньо біля ліжка пацієнта дозволяє оперативно оцінити функціональний стан серця, легень, органів черевної порожнини та судин, не перериваючи інтенсивну терапію [4, 7, 12, 14]. POCUS (Point-of-Care Ultrasound) – це мобільне ультразвукове обстеження, що виконується безпосередньо біля пацієнта для швидкої діагностики. Ключовою відмінністю POCUS є його орієнтація на конкретне клінічне запитання та можливість багаторазового повторення для моніторингу ефекту лікування.

Водночас попри на зростання доказової бази та появу міжнародних рекомендацій, застосування POCUS у неонатології залишається нерівномірним [1, 6, 16]. У клінічній практиці зберігаються проблеми, пов'язані з відсутністю стандартизованих алгоритмів, варіабельністю підготовки медичного персоналу та обмеженим розумінням діагностичних меж методу при різних критичних станах. У частині неонатальних відділень POCUS використовується фрагментарно, без чіткої інтеграції в процес прийняття клінічних рішень [9, 10].

Отже, існує об'єктивна потреба у науковому узагальненні сучасних даних щодо застосування Point-of-Care ультразвуку в ранній діагностиці критичних станів у новонароджених. Аналіз і систематизація наявних досліджень

дозволяють визначити клінічні ситуації, в яких використання POCUS скорочує час до встановлення діагнозу, впливає на вибір тактики лікування, підвищує безпеку та ефективність інтенсивної терапії [3; 12; 11; 15].

У сучасних наукових публікаціях Point-of-Care ультразвук розглядається як один із ключових інструментів ранньої діагностики критичних станів у новонароджених, здатний доповнювати клінічний огляд і змінювати тактику інтенсивної терапії. Автором Elsayed та Soylu показано, що застосування bedside-ультразвуку в неонатальних відділеннях інтенсивної терапії дозволяє швидко ідентифікувати патологічні зміни органів черевної порожнини та зменшити потребу у транспортуванні нестабільних пацієнтів [2]. Аналогічно, Manoj та ін. зазначають, що перенесення візуалізації безпосередньо до ліжка пацієнта суттєво скорочує час до встановлення клінічно значущого діагнозу в критичних ситуаціях [8].

У роботах, присвячених кардіальному POCUS, встановлено, що функціональна оцінка серця в режимі реального часу є особливо цінною у новонароджених із гемодинамічною нестабільністю. Singh та ін. представили еволюцію кардіального POCUS у неонатології, показавши його ефективність у виявленні порушень скоротливості міокарда, шунтування крові та легеневої гіпертензії, які не завжди можуть бути своєчасно діагностовані за допомогою стандартних методів [14]. Разом із тим McNamara та ін. наголошують, що використання POCUS для оцінки гемодинаміки потребує чіткого розуміння фізіологічних особливостей новонароджених і відповідної підготовки лікарів, оскільки помилкова інтерпретація даних може впливати на клінічні рішення [9].

Значний масив досліджень присвячений легеневому POCUS. Fernández та ін. довели його високу діагностичну цінність у виявленні респіраторних порушень у новонароджених, зокрема респіраторного дистрес-синдрому, ателектазів та плевральних ускладнень, а також можливість використання методу для динамічного моніторингу ефективності лікування [4]. Liu та ін. підкреслюють, що своєчасне застосування критичного ультразвуку може мати вирішальне значення для виживання тяжкохворих немовлят у невідкладних ситуаціях [7].

У систематичних оглядах Recker та ін. представлено узагальнений аналіз застосування POCUS у неонатології, де показано, що метод найбільш ефективний при комплексному використанні для оцінки

серцево-легеневої системи, об'єму рідини та абдомінальної патології [12]. Подібні висновки зроблено й у міжнародних рекомендаціях ESPNIC, де зазначено, що POCUS має використовуватися як доповнення до клінічного обстеження, а не як ізольований діагностичний інструмент [16].

Окремий напрям сучасних досліджень стосується стандартизації та впровадження програм POCUS у неонатальних відділеннях. Rai та ін. продемонстрували, що впровадження структурованої програми bedside-ультразвуку в великому неонатальному центрі сприяє підвищенню діагностичної впевненості лікарів і зниженню кількості інвазивних процедур [10]. У рекомендаціях National Neonatal POCUS Collaborative представлено підходи до навчання, сертифікації та контролю якості, що підкреслює необхідність системного, а не епізодичного застосування методу [1, 6].

Таким чином, аналіз сучасних публікацій свідчить, що POCUS у неонатології розглядається не лише як інструмент візуалізації, а як елемент клінічного алгоритму ранньої діагностики критичних станів. Водночас автори наголошують на потребі подальшої систематизації показань, чіткого визначення діагностичних меж методу та інтеграції POCUS у стандарти надання інтенсивної допомоги новонародженим [11; 12; 15; 16].

Мета – встановити роль Point-of-Care ультразвуку (POCUS) у ранній діагностиці критичних станів у новонароджених.

2. Матеріали та методи дослідження

В ході роботи було проведено аналіз сучасної наукової літератури. Пошук проводився за ключовими словами в наукометричних базах «Scopus», «Web of Science», «PubMed».

3. Результати

Застосування Point-of-Care ультразвуку (POCUS) у неонатології має безпосередній вплив на своєчасність діагностики критичних станів та подальшу тактику ведення новонароджених. За результатами багатоцентрових досліджень і систематичних оглядів, POCUS використовується у 60–85 % випадків первинної оцінки гемодинамічно нестабільних новонароджених у відділеннях інтенсивної терапії, що істотно перевищує частоту застосування традиційних візуалізаційних методів у перші години після погіршення стану [10, 12, 14].

Найбільш переконливі кількісні дані отримані для серцево-легеневого POCUS. Встановлено, що використання bedside-ультразвуку дозволяє скоротити час до встановлення

попереднього діагнозу з 45–60 хвилин до 10–15 хвилин, особливо у випадках легеневої гіпертензії, відкритої артеріальної протоки та порушень скоротливості міокарда [3, 14]. За даними Singh та ін., зміна клінічної тактики після проведення кардіального POCUS відбувалася у 30–50 % критичних новонароджених, зокрема щодо вибору інфузійної терапії та інотропної підтримки [14].

Легеневий POCUS демонструє високу діагностичну чутливість при респіраторних розладах. За даними Fernández та ін., чутливість легеневого ультразвуку у діагностиці респіраторного дистрес-синдрому у новонароджених становить 88–94 %, а специфічність 85–92 % [4]. У порівнянні з рентгенографією грудної клітки, POCUS дозволяє зменшити кількість променевих досліджень у середньому на 40–60 % без втрати діагностичної точності [4, 7].

Абдомінальний POCUS застосовується рідше, проте його роль зростає у випадках некротичного ентероколіту, внутрішніх кровотеч та асцитів. За даними Elsayed та Soylu, ультразвукові ознаки абдомінальної патології виявляються у 20–30 % критично хворих новонароджених, при цьому раннє bedside-обстеження дозволяє виявити патологічні зміни на 12–24 години раніше, ніж при використанні стандартних діагностичних підходів [2].

За результатами впровадження структурованих програм POCUS у великих неонатальних центрах встановлено зниження кількості інвазивних процедур на 25–35 %, а також зменшення частоти необґрунтованої інфузійної терапії у новонароджених із нестабільною гемодинамікою [1, 10, 13]. Це підтверджує, що POCUS впливає не лише на швидкість діагностики, але й на безпеку лікування (табл. 1).

Аналіз даних, які представлені у таблиці 1, свідчить про чітку залежність між напрямом застосування Point-of-Care ультразвуку та клінічними завданнями, що виникають при веденні критично хворих новонароджених. Найвищу частоту використання має легеневий та кардіальний POCUS, що обумовлено домінуванням респіраторних і гемодинамічних порушень у структурі критичних станів неонатального періоду [4, 12, 13].

Кардіальний POCUS, який застосовується у 50–70 % випадків, найбільш інформативний при оцінці легеневої гіпертензії, відкритої артеріальної протоки та зниження скоротливої функції міокарда. Дослідження показують, що саме результати bedside-ехокардіографії стають підставою для корекції інфузійної та інотропної терапії майже у половини критично

Таблиця 1

Основні напрями застосування POCUS у ранній діагностиці критичних станів у новонароджених

Напрямок POCUS	Клінічні стани	Частота застосування, %	Вплив на клінічні рішення
Кардіальний	Легенева гіпертензія, відкрита артеріальна протока, зниження скоротливості	50–70	Зміна інфузійної та інотропної терапії
Легеневий	РДС, ателектази, плевральний випіт	60–85	Корекція респіраторної підтримки
Абдомінальний	Некротичний ентероколіт, асцит, кровотечі	20–30	Раннє виявлення ускладнень
Судинний	Оцінка об'єму рідини, катетеризація	30–45	Зменшення інвазивних втручань

Джерело: сформовано авторами на основі [4, 7, 12, 14, 16].

хворих новонароджених, що підтверджує його вирішальну роль у формуванні індивідуалізованої тактики лікування [3, 14, 16].

Легеневий POCUS демонструє найвищу частоту застосування – до 85 %, що пояснюється високою поширеністю респіраторних порушень у неонатальних відділеннях інтенсивної терапії. Автори зазначають, що ультразвукова оцінка легень дозволяє не лише диференціювати основні причини дихальної недостатності, але й оперативно коригувати параметри респіраторної підтримки, зменшуючи потребу у рентгенологічному контролі [4, 7, 20]. Це має особливе значення для зниження променевого навантаження у новонароджених.

Абдомінальний POCUS, попри нижчу частоту застосування (20–30 %), відіграє ключову роль у ранньому виявленні некротичного ентероколіту, внутрішньочеревних кровотеч та асциту. Зазначено, що раннє bedside-обстеження дозволяє виявляти патологічні зміни раніше, ніж при стандартних діагностичних підходах, що безпосередньо впливає на своєчасність хірургічних або консервативних втручань [2, 12].

Судинний POCUS використовується у 30–45 % випадків і найчастіше асоціюється з оцінкою об'ємного статусу та контролем інвазивних процедур. Встановлено, що його застосування зменшує кількість ускладнень під час катетеризації та знижує частоту необґрунтованих інфузій, що особливо важливо для недоношених новонароджених із нестабільною гемодинамікою [1, 10, 11].

Для системного зіставлення кількісних показників застосування POCUS у різних клінічних сценаріях доцільно узагальнити наявні дані за основними напрямками bedside-ультразвуку, що дозволяє оцінити не лише частоту використання методу, але й його реальний вплив на клінічні рішення (табл. 2).

Дані, наведені у таблиці 2, підтверджують, що найбільший клінічний ефект POCUS демонструє у перші години розвитку критичного стану, коли швидкість прийняття рішень має визначальне значення. Скорочення часу до встановлення попереднього діагнозу більш ніж у три рази при кардіальному POCUS створює умови для ранньої корекції гемодинаміки та запобігання прогресуванню органної дисфункції [3, 14, 19].

Таблиця 2

Кількісні показники ефективності застосування POCUS у ранній діагностиці критичних станів у новонароджених

Напрямок POCUS	Клінічний ефект	Кількісні показники
Кардіальний	Скорочення часу до діагнозу	з 45–60 хв до 10–15 хв
Кардіальний	Зміна лікувальної тактики	30–50 % випадків
Легеневий	Чутливість діагностики РДС	88–94 %
Легеневий	Зменшення рентгенологічних досліджень	40–60 %
Абдомінальний	Раннє виявлення патології	на 12–24 год раніше
Судинний	Зменшення інвазивних процедур	25–35 %
Загальний POCUS	Використання у первинній оцінці критичних станів	60–85 % пацієнтів НІТ

Джерело: сформовано авторами на основі [1, 2, 3, 7, 10, 12, 14, 16].

Обговорення. Аналіз досліджень свідчить, що використання POCUS асоціюється зі скороченням часу до первинної діагностичної оцінки, зменшенням кількості додаткових інструментальних досліджень та частішою зміною лікувальної тактики у перші години після погіршення стану новонародженого [3, 10, 12, 17]. Водночас ефективність методу суттєво варіює залежно від напрямку застосування та рівня підготовки медичного персоналу.

Висока чутливість легеневого POCUS при респіраторних порушеннях пояснює його домінуючу частку у структурі застосування bedside-ультразвуку. Це вказує на велику роль дихальної недостатності у структурі критичних станів неонатального періоду та високу інформативність легеневого POCUS для швидкої диференційної діагностики і моніторингу ефективності респіраторної підтримки [3; 4; 14]. Зменшення кількості рентгенологічних досліджень на 40–60 % має не лише діагностичне, але й профілактичне значення, знижуючи сумарне променеве навантаження на новонароджених у відділеннях інтенсивної терапії [4, 7]. Тоді як абдомінальний POCUS має перевагу у часовому аспекті діагностики. Раннє виявлення патологічних змін порівняно зі стандартними методами створює можливості для своєчасного втручання, що має велике значення для прогнозу [2, 12].

Судинні протоколи POCUS демонструють виражений вплив на безпеку лікування. Зменшення кількості інвазивних процедур та необґрунтованих інфузій підтверджує роль bedside-ультразвуку як інструменту оптимізації інтенсивної терапії, особливо у недоношених новонароджених із лабільною гемодинамікою [1, 10].

Отже, результати свідчать, що POCUS у неонатології є не допоміжним методом візуалізації, а функціональним компонентом клінічного алгоритму ранньої діагностики критичних станів. Його ефективність найбільш виражена за умов системного застосування та належної підготовки персоналу, що узгоджується з сучасними міжнародними рекомендаціями [6, 12, 15, 16].

4. Висновки

Застосування Point-of-Care ультразвуку сприяє скороченню часу до встановлення діагнозу у новонароджених із критичними станами. Це допомагає провести діагностику функціональних і структурних змін органів та систем безпосередньо біля ліжка пацієнта.

Такий ефект зумовлений чутливістю POCUS до ранніх морфофункціональних змін, що має вирішальне значення для своєчасного втручання. Використання POCUS супроводжується статистично значущою зміною клінічної тактики у частини критично хворих новонароджених. Причиною є раннє виявлення серцево-легеневих і гемодинамічних порушень, які не завжди можуть бути достовірно оцінені виключно за клінічними даними.

Застосування Point-of-Care ультразвуку в клінічній практиці дозволяє зменшити необхідність в додаткових інструментальних і променевих методах дослідження. Клінічна ефективність POCUS залежить від стандартизації протоколів і рівня підготовки персоналу.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження слід спрямувати на визначення клінічної ефективності застосування POCUS в різних групах критично хворих новонароджених.

Обмеження дослідження

Проведено літературний огляд без власних емпіричних результатів.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

Під час відбору літератури та написання статті не використовувався.

Первинні дані та матеріали

Проведено аналіз сучасної наукової літератури за 2021–2026 роки. Пошук проводився за ключовими словами (neonatology, diagnosis, newborns, ultrasound examination, effectiveness) в наукометричних базах «Scopus», «Web of Science», «PubMed». Для детального аналізу було відібрано 20 джерел, які висвітлювали питання щодо ролі Point-of-Care ультразвуку (POCUS) у ранній діагностиці критичних станів у новонароджених.

Інформація про фінансування

Робота виконана як власна ініціатива авторів, без додаткового фінансування.

Внесок авторів

Закревський А.М. – дизайн дослідження, написання та редакція статті;

Закревський К.М. – відбір матеріалу та аналіз літературних даних, написання та оформлення статті.

REFERENCES

1. Bhombal, S., Singh, Y., Marshall, S., Mukthapuram, S., Fraga, M. V., & National Neonatal POCUS Collaborative (2026). Neonatal point-of-care ultrasound-steps for program development. *Journal of perinatology: official journal of the California Perinatal Association*, 46(1), 108–112. <https://doi.org/10.1038/s41372-025-02359-1>.
2. Elsayed, Y., & Soylu, H. (2024). Point-of-care abdominal ultrasound in pediatric and neonatal intensive care units. *European journal of pediatrics*, 183(5), 2059–2069. <https://doi.org/10.1007/s00431-024-05443-4>.
3. Elsayed, Y., Wahab, M. G. A., Mohamed, A., Fadel, N. B., Bhombal, S., Yousef, N., Fraga, M. V., Afifi, J., Suryawanshi, P., Hyderi, A., Katheria, A., Kluckow, M., De Luca, D., & Singh, Y. (2023). Point-of-care ultrasound (POCUS) protocol for systematic assessment of the crashing neonate-expert consensus statement of the international crashing neonate working group. *European journal of pediatrics*, 182(1), 53–66. <https://doi.org/10.1007/s00431-022-04636-z>.
4. Fernández, L. R., Hernández, R. G., Guerediaga, I. S., Gato, J. M., Fanjul, J. R., Bilbao, V. A., Quintela, P. A., Ojembarrena, A. A., & Pulmonary Ultrasound Section of the Neonatal Ultrasound Working Group of the Spanish Society of Neonatology (2022). Usefulness of lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of respiratory diseases in neonates. *Anales de pediatria*, 96(3), 252.e1–252.e13. <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2022.01.002>.
5. Foster, B., Kuttub, H. I., Damewood, S. C., Brazelton, T., & Al-Subu, A. M. (2021). Use of Point-of-Care Ultrasound in the Pediatric and Neonatal Emergency Transport Realm. *Pediatric annals*, 50(10), e432–e436. <https://doi.org/10.3928/19382359-20210912-01>.
6. Fraga, M. V., Bhombal, S., Juliano, C., Kim, M., Groves, A. M., Chan, B., Singh, Y., & National Neonatal POCUS Collaborative (2026). Neonatal point-of-care ultrasound-guidelines for training, credentialing and quality assurance. *Journal of perinatology: official journal of the California Perinatal Association*, 46(1), 113–118. <https://doi.org/10.1038/s41372-025-02367-1>.
7. Liu, J., Guo, Y. L., & Ren, X. L. (2023). No Critical Ultrasound, No Life: The Value of Point-of Care Critical Ultrasound in the Rescue of Critically Ill Infants. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(24), 3624. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13243624>.
8. Manoj, S., Talasila, A., Khattar, P., Sastry, B., & Samhour, M. (2025). Bringing Imaging to the Bedside: The Growing Impact of Point-of-Care Ultrasound in Pediatric and Neonatal Intensive Care. *Cureus*, 17(11), e97874. <https://doi.org/10.7759/cureus.97874>.
9. McNamara, P. J., Barker, P., Jain, A., & Lai, W. W. (2021). Towards use of POCUS to evaluate hemodynamics in critically ill neonates: caution before adoption in this population. *Critical care (London, England)*, 25(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03394-4>.
10. Pai, V. V., Noh, C. Y., Dasani, R., Vallandingham, S., Manipon, C., Haileselassie, B., Profit, J., Balasundaram, M., Davis, A. S., & Bhombal, S. (2024). Implementation of a Bedside Point-of-Care Ultrasound Program in a Large Academic Neonatal Intensive Care Unit. *American journal of perinatology*, 41(S 01), e76–e84. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1750118>.
11. Pawlowski, T. W., Polidoro, R., Fraga, M. V., & Biasucci, D. G. (2024). Point-of-care ultrasound for non-vascular invasive procedures in critically ill neonates and children: current status and future perspectives. *European journal of pediatrics*, 183(3), 1037–1045. <https://doi.org/10.1007/s00431-023-05372-8>.
12. Recker, F., Kipfmüller, F., Wittek, A., Strizek, B., & Winter, L. (2024). Applications of Point-of-Care Ultrasound in Neonatology: A Systematic Review of the Literature. *Life (Basel, Switzerland)*, 14(6), 658. <https://doi.org/10.3390/life14060658>.
13. Rowe, M., & Ferrada, P. (2026). Ultrasound to guide critical decisions: What you need to know. *The journal of trauma and acute care surgery*, 100(5), 692–699. <https://doi.org/10.1097/TA.00000000000004815>.
14. Singh, Y., Bhombal, S., Katheria, A., Tissot, C., & Fraga, M. V. (2021). The evolution of cardiac point of care ultrasound for the neonatologist. *European journal of pediatrics*, 180(12), 3565–3575. <https://doi.org/10.1007/s00431-021-04153-5>.
15. Singh, Y., Bhombal, S., Katheria, A., Tissot, C., & Fraga, M. V. (2021). The evolution of cardiac point of care ultrasound for the neonatologist. *European journal of pediatrics*, 180(12), 3565–3575. <https://doi.org/10.1007/s00431-021-04153-5>.
16. Singh, Y., Tissot, C., Fraga, M. V., Yousef, N., Cortes, R. G., Lopez, J., Sanchez-de-Toledo, J., Brierley, J., Colunga, J. M., Raffaj, D., Da Cruz, E., Durand, P., Kenderessy, P., Lang, H. J., Nishisaki, A., Kneyber, M. C., Tissieres, P., Conlon, T. W., & De Luca, D. (2020). International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Critical care (London, England)*, 24(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-2787-9>.
17. Sohane, A., Deshpande, S., Nagpal, R., Singh, Y., & Suryawanshi, P. (2025). Utility of point-of-care ultrasound of the liver in the neonatal intensive care unit: experience from a case series. *Frontiers in pediatrics*, 13, 1632908. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1632908>.
18. Stewart, D. L., Elsayed, Y., Fraga, M. V., Coley, B. D., Annam, A., Milla, S. S., COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN AND SECTION ON RADIOLOGY, & Section on Radiology Executive Commit-

tee, 2021–2022 (2022). Use of Point-of-Care Ultrasonography in the NICU for Diagnostic and Procedural Purposes. *Pediatrics*, 150(6), e2022060053. <https://doi.org/10.1542/peds.2022-060053>.

19. Valla, F. V., Tume, L. N., Jotterand Chaparro, C., Arnold, P., Alrayashi, W., Morice, C., Nabialek, T., Rouchaud, A., Cercueil, E., & Bouvet, L. (2022). Gastric Point-of-Care Ultrasound in Acutely and Critically Ill Children (POCUS-ped): A Scoping Review. *Frontiers in pediatrics*, 10, 921863. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.921863>.

20. Xiao, T., Fu, Y., Li, B., Li, Y., Zhang, J., Li, H., Zhou, X., Zhong, L., Zhu, L., Qin, G., Zou, X., Zhang, X., Zheng, M., Zou, P., Hu, Y., Chen, X., Wang, Y., Wu, N., Gao, S., Hu, X., ... Ju, R. (2023). A study protocol for investigating the sonographic characteristics of neonates with critical illness: an observational cohort study. *BMJ paediatrics open*, 7(1), e001975. <https://doi.org/10.1136/bmjpo-2023-001975>.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Zakrevskyy Andriy

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pediatrics № 3 and Neonatology
Kharkiv National Medical University
andreyzakrevskyy@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6986-9351

Zakrevskyy Kyrylo

Radiologist
KNP "Prof. O. I. Meshchaninov City Clinical Hospital of Emergency and Emergency Care" Municipal Non-Profit Enterprise "City Clinical Hospital for Emergency Medical Services Named after Prof. O.I. Meschaninov" of Kharkiv City Council
Kirillxan@gmail.com
ORCID: 0009-0007-9175-9256

Укр.

Закревський Андрій Миколайович

кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри педіатрії № 3 та неонатології
Харківський національний медичний університет
andreyzakrevskyy@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6986-9351

Закревський Кирило Андрійович

лікар-рентгенолог
КНП «Міська клінічна лікарня швидкої та невідкладної допомоги імені професора О. І. Мещанінова» Харківської міської ради
Kirillxan@gmail.com
ORCID: 0009-0007-9175-9256

Дата надходження статті: 19.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 02.04.2026

Дата прийняття статті: 10.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

ПРЕДИКТОРИ ТА НАСЛІДКИ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕКРАНУ У ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Посохова К. А., Чорномидз А. В., Пида В. П., Черняшова В. В.

PREDICTORS AND CONSEQUENCES OF SCREEN ADDICTION AMONG HIGHER EDUCATION STUDENTS

Kateryna Posokhova, Andrii Chornomydz, Victor Pyda, Valentyna Cherniashova

Анотація

Актуальність. У зв'язку з тотальною цифровізацією та впливом хронічного стресу в умовах воєнного стану проблема надмірного використання гаджетів серед молоді набуває глобального масштабу. Мета дослідження – визначення мультифакторних предикторів та поведінкових маркерів формування залежності від екрану у здобувачів вищої медичної освіти. **Мета роботи:** визначення мультифакторних предикторів та поведінкових маркерів формування залежності від екрану у здобувачів вищої медичної освіти з урахуванням гендерних, вікових та контентних детермінант цифрової поведінки. **Матеріали та методи.** Проведено крос-секційне обсерваційне онлайн-опитування 171 студента-медика (76,6% жінок, 23,4% чоловіків) з використанням адаптованих блоків Шкали залежності від смартфона (SAS) та Тесту на інтернет-залежність (IAT). **Результати та їх обговорення.** Встановлено сильний позитивний зв'язок між загальним екранним часом та рівнем залежності ($r=0,620$; $p<0,001$). Ігрова активність виступає найпотужнішим предиктором адикції ($r=0,692$), тоді як час у соціальних мережах не має статистично значущого зв'язку із залежністю ($r=0,058$). Чоловіки демонструють достовірно вищий рівень ігрової залученості та загальної залежності, хоча сумарний екранний час між статями не відрізняється. Вперше описано феномен «цифрової анозогнозії» – від'ємний зв'язок між об'єктивним рівнем залежності та суб'єктивною самооцінкою ($r=-0,286$; $p<0,001$). **Висновки.** Залежність від екрану має контентно-диференційований характер. Соціальні мережі виконують комунікативну функцію («адаптивна цифровізація»), тоді як ігри є основним тригером адиктивної поведінки, що ускладнюється ескапізмом та прогресивною втратою самокритичності.

Ключові слова: залежність від екрану, інтернет-адикція, екранний час, цифрова анозогнозія, студенти-медики, ескапізм, адаптивна цифровізація.

Abstract

Background. Due to widespread digitalization and the effects of chronic stress under martial law, the problem of excessive gadget use among youth has become a global concern. The study aimed to identify multifactorial predictors and behavioral markers of screen addiction among medical university students. **Purpose** – to identify multifactorial predictors and behavioral markers associated with the development of screen addiction among undergraduate medical students, taking into account gender-, age-, and content-related determinants of digital behavior. **Materials and Methods.** A cross-sectional online survey of 171 medical students (76.6% female, 23.4% male) was conducted using adapted modules of the Smartphone Addiction Scale (SAS) and the Internet Addiction Test (IAT). **Results.** A strong positive correlation was found between total screen time and the level of addiction ($r=0.620$; $p<0.001$). Gaming activity emerged as the strongest predictor of addiction ($r=0.692$), whereas time spent on social media showed no statistically significant association with addiction ($r=0.058$). Men demonstrated significantly higher levels of gaming engagement and overall addiction, although total screen time did not differ between genders. The phenomenon of «digital anosognosia» is described for the first time: a negative correlation between the objective level of addiction and subjective self-assessment ($r=-0.286$; $p<0.001$). **Conclusions.** Screen addiction has a content-differentiated nature. Social networks perform a communicative function («adaptive digitalization»), while games act as the primary trigger of addictive behavior, accompanied by escapism and a progressive loss of self-criticism.

Key words: screen addiction, internet addiction, screen time, digital anosognosia, medical students, escapism, adaptive digitalization

1. Вступ

Масова цифровізація повсякденного життя впродовж останнього десятиліття трансформувала характер взаємодії людини з технологіями, перетворивши смартфони та інтернет із допоміжних інструментів на невід'ємні елементи соціальної та когнітивної ідентичності сучасної молоді. Студентство як

соціальна група виявилося особливо вразливим до цього процесу через поєднання кількох конвергентних чинників: максимальної технологічної залученості, інтенсивного академічного та психоемоційного навантаження, а також перебування у критичному для формування особистості віковому діапазоні [1, 2]. На перетині цих чинників виникає феномен,

який у сучасній науковій літературі позначається термінами «залежність від екрану» (screen addiction) або «проблематичне використання смартфона» (problematic smartphone use, PSU) – стан, що характеризується втраченою волею контролю над часом та характером цифрової активності, формуванням синдрому відміни та дезадаптивними наслідками для психічного здоров'я і соціального функціонування індивіда [3, 4, 5].

Епідеміологічні масштаби цього явища набули глобальних ознак і продовжують зростати. Систематичні огляди та метааналізи останніх років демонструють, що зведена поширеність інтернет-залежності серед студентів університетів у світі сягає 41,8% [2], а серед студентів медичних університетів цей показник оцінюється на рівні 30,1% [21]. За даними вітчизняних авторів, поширеність інтернет-залежності серед підлітків та молоді в Україні сягає 52%, що суттєво перевищує середньоєвропейські показники [34]. Ця група є особливо важливою для профілактичних інтервенцій, оскільки майбутні клініцисти, які самі страждають від цифрової адикції, матимуть обмежені можливості для ефективного консультування пацієнтів [6]. Дослідження серед студентів медсестринських спеціальностей підтвердили значущий зв'язок між ігровою залежністю та низкою соціально-демографічних і поведінкових чинників [7]. Цифрова залежність серед студентів коледжів асоціюється з тривожністю, депресією та зниженням академічної успішності [1, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З теоретичної точки зору, парасолькові огляди (umbrella review) останніх років [9] та систематичні огляди [10] підтверджують, що залежність від екрану є мультифакторним феноменом, що інтегрує когнітивно-поведінковий, нейробіологічний та соціально-психологічний виміри. Когнітивно-поведінкова парадигма акцентує увагу на механізмах ескапізму – використанні цифрового середовища як дезадаптивної стратегії подолання стресу та уникнення реальних проблем [11]. Вітчизняні дослідники підкреслюють, що цифрова залежність часто виникає як компенсаторний механізм на тлі емоційної нестабільності, тривожності та нездатності долати кризові ситуації [12, 13, 14]. Нейробіологічні дослідження вказують на активацію дофамінергічної системи при компульсивному використанні гаджетів, що формує нейрохімічне підґрунтя, ідентичне механізмам субстанційних залежностей [15, 16]. Явище інформаційного перевантаження та когнітивної втоми,

яке в масовій культурі отримало назву «brain rot» (слово 2024 року за версією Oxford University Press), внаслідок споживання надмірного обсягу низькоякісного онлайн-контенту, стало окремим предметом наукових дискусій [17]. Гендерна складова залежності також отримала підтвердження: чоловіки значно більшою мірою схильні до ігрової адикції [5, 18], а помірна функціональність сім'ї відіграє буферну роль у формуванні залежності [19].

Специфічним контекстом нашого дослідження є умови воєнного стану в Україні, що суттєво посилює ризики цифрової адикції. Підюра І.П. та Рогоза А.М. [20] підкреслюють, що з початком збройного конфлікту відеоігри стали для значної частини молоді основним механізмом «втечі від реальності» та компенсації психотравматичного досвіду. Петрунько О.В. та Сілаєва О. [13] описують чотириетапну динаміку формування інтернет-адикції, в якій першими «вимикаються» саме рефлексивні та самоорганізаційні функції особистості.

Незважаючи на значну кількість публікацій, у науковій літературі залишається ряд суттєвих прогалин: більшість досліджень розглядають екранний час як однорідну змінну; мало вивченим залишається феномен «цифрової анозогнозії» – парадоксального дефіциту самокритичності в осіб з найвищим рівнем залежності [21, 22]; відсутні дослідження предикторів екранної залежності серед вітчизняних здобувачів вищої медичної освіти в умовах воєнного часу.

Дане дослідження базується на таких гіпотезах: **(H1)** загальний екранний час матиме сильний позитивний кореляційний зв'язок із вираженістю поведінкових симптомів залежності; **(H2)** ігрова активність виступатиме найпотужнішим незалежним предиктором залежності; **(H3)** чоловіки демонструватимуть значно вищий рівень ігрової залученості та залежності порівняно з жінками; **(H4)** між фактичним обсягом екранного часу та суб'єктивною самооцінкою залежності існуватиме парадоксальний від'ємний зв'язок.

Мета роботи – визначення мультифакторних предикторів та поведінкових маркерів формування залежності від екрану у здобувачів вищої медичної освіти з урахуванням гендерних, вікових та контентних детермінант цифрової поведінки.

2. Матеріали та методи дослідження

Проведено одномоментне (зрізове) обсерваційне дослідження із залученням здобувачів

вищої освіти Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського. Дослідження здійснювалося у форматі суцільного анонімного онлайн-анкетування з використанням платформи Google Forms. Критерії включення: статус активного здобувача освіти (1–5 курси). Загальний обсяг вибірки склав 171 респондент: жінки – 76,6% (n=131), чоловіки – 23,4% (n=40). Вікові категорії розподілилися наступним чином: 16–18 років – 21,6% (n=37), 19–21 рік – 72,5% (n=124), понад 21 рік – 5,8% (n=10). Розподіл за курсами навчання: I курс – 15,8%, II курс – 21,1%, III курс – 52,6%, IV курс – 2,9%, V курс – 7,6%.

Основним інструментом збору даних слугувала анкета, що базувалася на адаптованих блоках валідизованих міжнародних опитувальників: Шкали залежності від смартфона (Smartphone Addiction Scale, SAS; Kwon M. et al., 2013) [23] та Тесту на інтернет-залежність (Internet Addiction Test, IAT; Young K., 1998) [5]. Опитувальник складався з трьох модулів: соціально-демографічного, модуля оцінки параметрів екранного часу та модуля ідентифікації поведінкових патернів залежності.

Оцінка тривалості екранного часу передбачала диференціацію за цільовим призначенням (навчання, новини, відео, ігри, соціальні мережі, читання/пошук) з окремим урахуванням патернів використання у робочі та вихідні дні. Відповіді стандартизувалися за трибальною порядковою шкалою: 1 бал – менше 1 год; 2 бали – від 1 до 4 год; 3 бали – понад 4 год на добу. Поведінкові симптоми залежності оцінювалися аналогічно (1 – «Ніколи»; 2 – «Іноді»; 3 – «Так/Часто»). На основі сирих балів розраховувалися інтегральні шкали: загальний екранний час (із діапазоном можливих значень від 12 до 36 балів) та шкала вираженості залежності (від 7 до 21 бала).

Статистична обробка масивів даних здійснювалася мовою програмування Python (версія 3.12) з використанням спеціалізованих бібліотек pandas, numpy та scipy.stats. Застосовувалися методи описової статистики (розрахунок середнього арифметичного – M ,

стандартного відхилення – SD , медіани – Me , мінімальних та максимальних значень – $Min-Max$, абсолютних та відносних частот – $n, \%$). Для встановлення взаємозв'язків між кількісними змінними використовувався коефіцієнт кореляції Пірсона (r), а для порядкових змінних – коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (r_s). Міжгрупове порівняння (зокрема, гендерний аналіз) проводилося за допомогою непараметричного U -критерію Манна-Уїтні. Критичний рівень статистичної значущості (p -value) був прийнятий на рівні $p < 0,05$.

3. Результати. Структура екранного часу

Аналіз розподілу екранного часу за видами активності виявив суттєві відмінності залежно від дня тижня (Таблиця 1). У робочі дні домінуючою формою цифрової активності є навчання: понад 4 год на добу на нього витрачають 50,3% респондентів ($M=2,44$; $SD=0,60$). Соціальні мережі посідають другу позицію ($M=2,03$; $SD=0,71$), тоді як ігрова активність залишається відносно рідкісною – 76,6% студентів витрачають на неї менше 1 год ($M=1,32$; $SD=0,63$). У вихідні дні структура кардинально змінюється: академічна активність закономірно скорочується ($M=1,81$), натомість соціальні мережі ($M=2,13$) та перегляд відео ($M=1,98$) виходять на перший план.

Аналіз загальних шкальних показників вибірки показав наступне: середній бал за шкалою загального екранного часу склав $M=20,74$ ($SD=4,66$; $Me=21,0$; діапазон від 13 до 36 балів). Середній бал за шкалою залежності склав $M=12,14$ ($SD=2,87$; $Me=11,0$; діапазон від 9 до 21 бала).

Поведінкові маркери залежності

Найпоширенішим симптомом цифрової адикції виявились спроби респондентів самостійно скоротити екранний час – 48,5% відповіли «Так» ($M=2,36$; $SD=0,73$). Проте успішність цих спроб не мала статистично значущої кореляції з їх частотою ($r=-0,072$; $p=0,349$), що свідчить про зниження вольового контролю. Факт регулярного перевищення запланованого часу («грав/був онлайн довше, ніж

Таблиця 1

Розподіл екранного часу за видами активності (n=171)

Вид активності	M роб	SD роб	$\% > 4$ роб	M вих	SD вих	$\% > 4$ вих
Навчання	2,44	0,60	50,3%	1,81	0,81	24,6%
Соціальні мережі	2,03	0,71	26,9%	2,13	0,70	32,2%
Перегляд відео	1,72	0,65	11,1%	1,98	0,61	17,5%
Читання/пошук	1,69	0,68	12,3%	1,84	0,70	17,5%
Ігри	1,32	0,63	8,8%	1,47	0,74	14,6%
Новини	1,15	0,49	5,8%	1,15	0,43	2,9%

планував») констатували 23,4% студентів. Нав'язливі думки про гру відзначали 14,0% опитаних, а засмучення через неможливість грати (синдром відміни) – 11,1%. Між цими двома симптомами виявлено дуже сильний позитивний зв'язок ($r=0,818$; $p<0,001$), що підтверджує їхню внутрішню клінічну узгодженість. Крім того, 52,6% респондентів регулярно вмикають відеоконтент під час їжі або виконання рутинних справ (фонове споживання контенту).

Кореляційний аналіз предикторів залежності

Перевірка гіпотези (H1) підтвердила сильний позитивний зв'язок між загальним екранним часом та сумарною шкалою залежності ($r=0,620$; $p<0,001$). Прикметно, що цей зв'язок для вихідних днів ($r=0,663$) виявився міцнішим, ніж для робочих ($r=0,522$). Гіпотеза (H2) також отримала переконливе статистичне підтвердження: ігрова активність виступає найпотужнішим предиктором залежності як у робочі ($r=0,692$; $p<0,001$), так і у вихідні дні ($r=0,653$; $p<0,001$). Принципово важливою знахідкою є відсутність статистично значущого зв'язку між часом, проведеним у соціальних мережах, та загальним рівнем залежності ($r=0,058$; $p=0,449$).

Гендерні відмінності та «парадокс усвідомленості»

Застосування непараметричного критерію Манна-Уїтні дозволило підтвердити гіпотезу (H3): чоловіки витрачають достовірно більше часу на ігри у робочі ($M=1,88$ проти 1,15; $U=3970$; $p<0,001$) та вихідні дні ($M=1,98$ проти 1,31; $U=3684$; $p<0,001$), а також мають значно вищий загальний рівень залежності ($M=14,32$ проти 11,47; $U=3772$; $p<0,001$). Водночас загальна тривалість екранного часу між статями статистично не відрізняється ($p=0,141$). Це свідчить про те, що гендерні відмінності мають якісний (контентний), а не кількісний характер.

Гіпотеза (H4) також повністю підтвердилася: виявлено статистично значущий від'ємний зв'язок між об'єктивним рівнем залежності та здатністю до адекватної самооцінки ($r=-0,286$; $p<0,001$). Цей феномен вказує на прогресивну «цифрову анозогнозію» – зі зростанням залученості у віртуальний простір студенти втрачають критичність до власного стану.

Обговорення. Загальний екранний час як предиктор залежності. Виявлений сильний позитивний зв'язок між загальним екранним часом та сумарною шкалою залежності

Таблиця 2

Поведінкові симптоми залежності від екрану (n=171)

Симптом	M	SD	«Ніколи» %	«Іноді» %	«Так» %
Спроби скоротити час	2,36	0,73	12,3	39,2	48,5
Успішність спроб	2,35	0,65	8,8	48,0	43,3
Грав довше ніж планував	1,65	0,91	58,5	18,1	23,4
Втрата інтересу до офлайн	1,57	0,71	55,0	33,3	11,7
Конфлікти через екранний час	1,47	0,70	64,3	24,0	11,7
Нав'язливі думки про гру	1,40	0,79	74,3	11,7	14,0
Засмучення без гри	1,35	0,71	76,6	12,3	11,1

Таблиця 3

Кореляційний аналіз предикторів шкали залежності (n=171)

Предиктор	r	p	Сила зв'язку
Загальний екранний час	0,620	<0,001	Сильний
Екранний час (вихідні)	0,663	<0,001	Сильний
Екранний час (робочі)	0,522	<0,001	Середній
Ігри (робочі дні)	0,692	<0,001	Сильний
Ігри (вихідні дні)	0,653	<0,001	Сильний
Нав'язливі думки про гру	0,773	<0,001	Сильний
Засмучення без гри	0,724	<0,001	Сильний
Втрата інтересу до офлайн	0,569	<0,001	Середній
Соціальні мережі (робочі)	0,058	0,449	Відсутній
Загальний час ↔ Самооцінка	-0,286	<0,001	Слабкий (-)

Таблиця 4

Гендерні відмінності у показниках екранного часу та залежності (n=171)

Показник	Чол. М	Чол. SD	Жін. М	Жін. SD	Критерій U	p-значення
Ігри (робочі)	1,88	0,79	1,15	0,46	3970	<0,001
Ігри (вихідні)	1,98	0,89	1,31	0,61	3684	<0,001
Шкала залежності	14,32	3,71	11,47	2,17	3772	<0,001
Загальний екранний час	22,60	7,51	20,17	3,18	3019	0,141

($r=0,620$; $p<0,001$) повністю узгоджується з результатами масштабних міжнародних досліджень: зведена поширеність інтернет-залежності серед університетських студентів у світі перевищує 41% [2], а цифрова залежність серед здобувачів освіти міцно асоційована з тривожністю, соціальною ізоляцією та зниженням академічної успішності [1, 8]. Парасольковий огляд Han Y. et al. [9] ідентифікував тривожність, депресію та низьку самооцінку як провідні індивідуальні предиктори цифрової залежності, що підкреслює її глибоку психосоціальну природу. Однак важливо наголосити на якісній відмінності: не весь екранний час є однаково патогенним. Навчальна активність, що домінує у робочі дні, не є самостійним предиктором залежності – на відміну від ігрової. Це узгоджується з концепціями «специфічного» та «генералізованого» патологічного використання цифрового середовища [13, 22].

Примітно, що екранний час у вихідні дні демонструє вищу кореляцію із залежністю ($r=0,663$), ніж у робочі ($r=0,522$). У вихідні дні зникає структурований академічний контекст, що слугує природним зовнішнім регулятором поведінки, і цифрова активність набуває більш компульсивного характеру. Це підтверджується міжнародними даними: неструктурований вільний час є одним із ключових контекстуальних тригерів маніфестації адиктивної поведінки [9, 24].

Диференційований адиктивний потенціал: ігри vs соціальні мережі. Різкий контраст між потужним адиктивним потенціалом ігрової активності ($r=0,692$) та відсутністю значущого зв'язку між часом у соціальних мережах і рівнем залежності ($r=0,058$) заслуговує детального осмислення. Ігрова залежність об'єктивно пов'язана зі зниженням активації мезолімбічної системи винагороди – нейробіологічним субстратом, що є аналогічним для хімічних адикцій [16]. Відповідно до сучасних критеріїв DSM-5 та ICD-11, ігровий розлад класифікується за тими самими фундаментальними ознаками: втрата контролю, пріоритетність, синдром відміни [3, 25]. Виявлені нами дуже сильні кореляції

між нав'язливими думками про гру та засмученням без неї ($r=0,818$; $p<0,001$) є прямим емпіричним підтвердженням наявності цих клінічних компонентів у студентів.

Явище інформаційного перевантаження та когнітивної втоми, яке в масовій культурі отримало назву «brain rot» (слово 2024 року за версією Oxford University Press) внаслідок споживання надмірного обсягу низькоякісного онлайн-контенту, описане Gül M. [8] і стало вкрай поширеним серед молоді. Проте наші дані доводять: соціальні мережі для сучасних студентів функціонують переважно не як адиктивний агент, а як базовий інструмент соціальної комунікації. Ми пропонуємо концептуалізувати це як «адаптивну цифровізацію соціального простору»: в умовах тривалого дистанційного навчання та воєнної ізоляції онлайн-комунікація виконує життєво необхідну підтримуючу, а не дезадаптивну чи замінюючу функцію [13, 26].

Ескапізм і «цифрова анозогнозія» як системотвірні механізми. Центральним психологічним механізмом, що об'єднує всі виявлені нами закономірності, є ескапізм. Л.П. Журавльова та О.В. Камінська [11] детально описують механізми формування залежності від онлайн-ігор: наслідування, емоційне зараження та проєкцію фрустрованих потреб у віртуальне середовище. В основі залежності лежить сприйняття ігрового простору як сфери, де особистість отримує недоступні в реальному житті можливості самореалізації. О.В. Камінська [26] додатково підкреслює, що адикція призводить до глибоких ціннісних деформацій – переорієнтації від реальних цілей до віртуальних, що порушує здатність до планування майбутнього. В умовах хронічного дистресу воєнного часу ці компенсаторні механізми набувають особливої інтенсивності [14, 20].

Виявлений нами феномен «цифрової анозогнозії» ($r=-0,286$; $p<0,001$) знаходить своє теоретичне підґрунтя у шести облігатних компонентах адикції за М. Гріффітсом, систематизованих Ю.О. Асєєвою [4, 22]: надцінність, зміни настрою, зростання толерантності, симптоми відміни, конфлікт і рецидив.

Зокрема, зростання толерантності означає, що особа втрачає здатність суб'єктивно оцінити масштаб власного занурення у цифровий простір. О.В. Петрунко та О. Сілаєва [13] зазначають, що на пізніх етапах формування адикції першими «вимикаються» саме рефлексивні та самоорганізаційні функції особистості. Це має пряме практичне значення: для студентів із «цифровою анозогнозією» необхідні не просто інформаційні бесіди, а структуровані психокорекційні програми із зовнішнім моніторингом.

Гендерні відмінності. Виявлені гендерні відмінності ($p < 0,001$) підтверджують гіпотезу Н3 і повністю узгоджуються з міжнародними даними. Зокрема, Sağlam H. та Turan N. [7] зафіксували достовірно вищий рівень ігрової залежності серед студентів чоловічої статі у медичних (медсестринських) закладах освіти, а Nwifo I.J. та Ike O.O. [19] показали, що юнаки частіше демонструють поєднання нейротизму з дисфункціональними сімейними патернами, що є потужними предикторами залежності. П.В. Козира та В.В. Багрий [18] пов'язують цю закономірність з нейробіологічними особливостями чоловічої дофамінової системи та усталеними соціокультурними патернами ігрової поведінки.

Принципово важливо, що загальна тривалість екранного часу між статями статистично не відрізняється ($p = 0,141$). Жінки проводять за екраном таку ж кількість годин, проте їхня активність зосереджена на навчанні та комунікації, тоді як чоловіки значну частку часу витрачають на компульсивний геймінг. Як підкреслює О.В. Камінська [12], при оцінці ризиків вирішальним є не сама кількість часу онлайн, а специфічна психологічна функція, яку виконує та чи інша цифрова активність.

Контекст воєнного стану. Отримані результати необхідно інтерпретувати з урахуванням унікального соціального контексту: дослідження проводилося в умовах тривалого воєнного стану в Україні – безпрецедентної ситуації хронічного стресу та примусової тотальної цифровізації комунікацій. О. Федорців та співавтори [14] підкреслюють, що саме в умовах соціально-екологічної кризи поширеність інтернет-залежності серед української молоді сягає 52%, а ризики маніфестації адикції суттєво зростають. І.П. Пидюра та А.М. Рогоза [20] зазначають, що воєнний стан спричиняє у молоді серйозні психологічні травми, які стимулюють пошук «втечі від реальності» у безпечному віртуальному просторі.

4. Висновки

1. Залежність від екрану є високопоширеним полідетермінованим феноменом серед здобувачів вищої медичної освіти. Встановлено сильний прямий зв'язок між загальним часом використання гаджетів та вираженістю поведінкових симптомів адикції, що підтверджує гіпотезу (Н1) та цілком узгоджується з глобальними епідеміологічними тенденціями.

2. Виявлено диференційований вплив цільового використання пристроїв (Н2): ігрова активність виступає найсильнішим предиктором формування залежності, тоді як час, проведений у соціальних мережах, не демонструє статистично значущого патологічного зв'язку. Для пояснення цієї дихотомії запропоновано концепцію «адаптивної цифровізації соціального простору».

3. Ідтверджено наявність гендерних відмінностей (Н3): чоловіки демонструють достовірно вищу ігрову залученість та загальний рівень залежності, проте без відмінностей у сумарній тривалості екранного часу. Це свідчить про якісний (контентний), а не кількісний характер гендерних патернів цифрової поведінки.

4. Емпірично підтверджено та описано феномен «цифрової анозогнозії» (Н4): виявлений від'ємний зв'язок між фактичним рівнем об'єктивної залежності та суб'єктивною самооцінкою респондентів вказує на прогресивну втрату самокритичності в міру поглиблення адикції.

5. Отримані дані обґрунтовують необхідність впровадження у закладах вищої освіти диференційованих програм цифрової гігієни, які мають бути орієнтовані на підвищення стресостійкості та структурований поведінковий моніторинг для студентів групи ризику. Перспективними напрямками подальших наукових розвідок є проведення лонгітюдних досліджень із застосуванням об'єктивного трекінгу фонових екранного часу та вивчення впливу виявлених патернів на архітектуру сну й академічну успішність майбутніх лікарів.

Перспективи подальших досліджень. Зважаючи на отримані результати та виявлений феномен «цифрової анозогнозії», перспективи подальших наукових розвідок вбачаються у переході від крос-секційного дизайну до лонгітюдних досліджень із залученням програмного забезпечення для об'єктивного фонових моніторингу екранного часу. Це дозволить нівелювати суб'єктивні похибки самоопитування та встановити чіткі причинно-наслідкові зв'язки між цифровою поведінкою і стресом.

Наступним важливим кроком є вивчення впливу виявлених патернів компульсивного геймінгу на об'єктивні фізіологічні та академічні маркери здобувачів медичної освіти: архітектуру сну, рівень тривожно-депресивних розладів та середній бал успішності (GPA, результати ліцензійних іспитів КРОК). У практичній площині нагальним завданням постає розробка та клінічна валідація диференційованих психокорекційних програм цифрової гігієни, адаптованих до умов тривалого воєнного стану.

Обмеження дослідження. Гендерна асиметрія нашої вибірки (76,6% жінок) об'єктивно відображає демографічну специфіку медичних університетів, проте вимагає обережності при гендерних узагальненнях. Також вибірка дещо зміщена у бік студентів третього курсу (52,6%), що відповідає періоду найвищого академічного навантаження (зокрема, підготовка до ліцензійних іспитів КРОК-1), що могло вплинути на структуру загального екранного часу. Окрім цього, використання методу самоопитування традиційно може призводити до соціально бажаних відповідей. Нарешті, крос-секційний дизайн дослідження дозволяє констатувати наявність кореляцій, але не дає змоги встановити строгі причинно-наслідкові зв'язки. Поза межами нашого аналізу залишилися об'єктивні фізіологічні та академічні маркери – якість сну та середній бал успішності (GPA), що становить перспективу для подальших наукових розвідок.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність будь-яких потенційних чи явних конфліктів інтересів, пов'язаних із плануванням дослідження,

збором та аналізом даних, підготовкою рукопису чи його публікацією.

Використання штучного інтелекту

У процесі підготовки даної статті автори використовували інструмент штучного інтелекту Claude (Anthropic, модель Claude Sonnet 4.6) для написання та налагодження коду статистичного аналізу мовою Python, а також для редагування структури наукового тексту. Усі статистичні результати, інтерпретації та наукові висновки є виключно відповідальністю авторів, верифіковані та перевірені ними особисто.

Первинні дані та матеріали

Набори первинних знеособлених даних, зібрані за допомогою платформи Google Forms, а також скрипти мовою Python, що використовувалися для статистичного аналізу, не є загальнодоступними з міркувань збереження конфіденційності респондентів, але можуть бути надані автором для кореспонденції за обґрунтованим академічним запитом

Інформація про фінансування

Дослідження проводилося без залучення додаткового зовнішнього фінансування.

Внесок авторів

Посохова К. А. (концепція та дизайн дослідження, формулювання мети роботи, остаточне затвердження статті);

Чорномидз А.В. (аналіз отриманих даних та їх статистична обробка, написання статті);

Пида В.П. (підбір літературних джерел за темою роботи, написання статті);

Черняшова В.В. (участь у проведенні досліджень, аналіз даних, редагування статті).

REFERENCES

1. Han, S. J., Nagduar, S., & Yu, H. J. (2023). Digital addiction and related factors among college students. *Healthcare (Basel)*, 11(22), 2943. <https://doi.org/10.3390/healthcare11222943>
2. Liu, X., Gui, Z., Chen, Z. M., et al. (2025). Global prevalence of internet addiction among university students: A systematic review and meta-analysis. *Current Opinion in Psychiatry*, 38(3), 182–199. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000994>
3. American Psychiatric Association, & DSM-5 Task Force. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™* (5th ed.). American Psychiatric Publishing. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
4. Griffiths, M. D. (2005). A “components” model of addiction within a biopsychosocial framework. *Journal of Substance Use*, 10(4), 191–197. <https://doi.org/10.1080/14659890500114359>
5. Young, K. S. (1998). Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. *CyberPsychology & Behavior*, 1(3), 237–244. <https://doi.org/10.1089/cpb.1998.1.237>
6. Salpynov, Z., Kosherova, Z., Sarría-Santamera, A., et al. (2024). The worldwide prevalence of internet addiction among medical students: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(9), 1146. <https://doi.org/10.3390/ijerph21091146>
7. Sağlam, H., & Turan, N. (2024). Investigation of nursing students' addiction to digital game play and associated factors. *BMC Nursing*, 23, 563. <https://doi.org/10.1186/s12912-024-02244-w>

8. Vishtak, I., Maidanavych, L., & Herkaliuk, I. (2025). Internet-zalezhnist sered studentiv: symptomy, naslidky ta metody podolannia [Internet addiction among students: Symptoms, consequences, and methods of overcoming]. *Pedahohika bezpeky*, 10(2), 92–102. <https://doi.org/10.31649/2524-1079-2025-10-2-092-102>
9. Han, Y., Qiu, J., Shi, C., et al. (2025). Factors associated with digital addiction: Umbrella review. *JMIR Mental Health*, 12, e66950. <https://doi.org/10.2196/66950>
10. Shiferaw, B. D., Tang, J., Wang, Y., et al. (2025). Impact of digital addiction on youth health: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Behavioral Addictions*, 14(3), 1129–1158. <https://doi.org/10.1556/2006.2025.00081>
11. Zhuravlova, L. P., & Kaminska, O. V. (2013). Chynnyky ta mekhanizmy internet-zalezhnosti vid onlain-ihor [Factors and mechanisms of internet addiction to online games]. *Nauka i osvita*, 7, 44–48. http://nbuv.gov.ua/UJRN/NiO_2013_7_11
12. Kaminska, O. V. (2015). Chynnyky rozvytku internet-zalezhnosti molodi [Factors in the development of internet addiction among youth]. *Psykholohichni perspektyvy*, 25, 65–75. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppst_2015_25_8
13. Petrunko, O. V., & Silaieva, O. (2023). Internet-zalezhnist yak adyksiia suchasnoi liudyny [Internet addiction as an addiction of modern humans]. *Vcheni zapysky Universytetu "KROK"*, 3(71), 115–124. <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2022-71-115-124>
14. Fedortsiv, O., Chornomydz, A., Chornomydz, I., & Chornomydz, Yu. (2025). Internet-zalezhnist, zalezhnist vid sotsialnykh mrezh ta smartfoniv yak element adyktivnoi povedinky pidlitkiv [Internet addiction, social media addiction, and smartphone addiction as elements of adolescents' addictive behavior]. *Psykhosomatychna medytsyna ta zahalna praktyka*, 10(3). <https://doi.org/10.26766/pmcp.v10i3.646>
15. León Méndez, M., Padrón, I., Fumero, A., & Marrero, R. J. (2024). Effects of internet and smartphone addiction on cognitive control in adolescents and young adults: A systematic review of fMRI studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 159, 105572. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105572>
16. Reuter, J., Raedler, T., et al. (2005). Pathological gambling is linked to reduced activation of the mesolimbic reward system. *Nature Neuroscience*, 8(2), 147–148.
17. Gül, M. (2025). Students' struggle with digital addiction: The truth of brain rot. *BMC Psychology*, 14, 98. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-03880-w>
18. Kozyra, P. V., & Bahrii, V. V. (2023). Ihrova zalezhnist: vyznachennia, klasyfikatsiia ta diahnozyka [Gaming addiction: Definition, classification, and diagnosis]. *Naukovyi visnyk LDUVS*, 1, 54–61. <https://doi.org/10.32782/2311-8458/2023-1-8>
19. Nwufu, I. J., & Ike, O. O. (2024). Personality traits and internet addiction among adolescent students: The moderating role of family functioning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(5), 520. <https://doi.org/10.3390/ijerph21050520>
20. Pydiura, I. P., & Rohoza, A. M. (2025). Ihrova zalezhnist u ditei v umovakh viiskovoho stanu v Ukraini [Gaming addiction among children under martial law conditions in Ukraine]. *Molodyi vchenyi*, 3(134), 120–124. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2025-3-134-35>
21. Hu, M., Lyu, W., Lu, J., Wang, M., & Zheng, H. (2026). Networks of digital addiction symptoms. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 29(1), 57–66. <https://doi.org/10.1177/21522715251401080>
22. Asieieva, Yu. O. (2020). Kompiuterna zalezhnist, internet-zalezhnist ta kiber-adyktsii (istorychnyi ohliad definitsii) [Computer addiction, internet addiction, and cyber-addictions (historical review of definitions)]. *Psychological Journal*, 6(6), 57–65. <https://doi.org/10.31108/1.2020.6.6>
23. Kwon, M., et al. (2013). Development and validation of a smartphone addiction scale (SAS). *PLOS ONE*, 8(2), e56936.
24. Choujaa, H., Zoukal, S., & Agoub, M. (2025). Internet and video game addiction among adolescents: A preliminary study. *L'Encephale*, 51(6), 677–681. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2024.11.012>
25. World Health Organization. (2018). *ICD-11: Classifying disease to map the way we live and die*. WHO. <https://www.afro.who.int/news/icd-11-classifying-disease-map-way-we-live-and-die>
26. Kaminska, O. V. (2014). Vplyv internet-zalezhnosti na formuvannia tsinnisnykh oriientsatsii molodi [The influence of internet addiction on the formation of youth value orientations]. *Nova pedahohichna dumka*, 1, 178–182. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd_2014_1_57

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Posokhova Kateryna

MD, DSc in Medicine, Professor at the Department of Pharmacology with Clinical Pharmacology
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine
posokhova@tdmu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2696-5738

Укр.

Посохова Катерина Андрівівна

доктор медичних наук, професор кафедри фармакології з клінічною фармакологією
Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України
posokhova@tdmu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2696-5738

Chornomydz Andrii

MD, PhD in Medicine, Associate Professor at the Department of Pharmacology with Clinical Pharmacology

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine
chornomydz@tdmu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-5479-8298

Pyda Viktor

PhD in Pharmaceutical Sciences, Associate Professor at the Department of Pharmacology with Clinical Pharmacology

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine
pyda_vp@tdmu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9321-4670

Cherniashova Valentyna

MD, PhD in Medicine, Associate Professor at the Department of Pharmacology with Clinical Pharmacology

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine
chernyashova@tdmu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3769-0861

Чорномидз Андрій Васильович

кандидат медичних наук, доцент кафедри фармакології з клінічною фармакологією
Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

chornomydz@tdmu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-5479-8298

Пида Віктор Петрович

кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри фармакології з клінічною фармакологією
Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

pyda_vp@tdmu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9321-4670

Черняшова Валентина Володимирівна

кандидат медичних наук, доцент кафедри фармакології з клінічною фармакологією
Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

chernyashova@tdmu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3769-0861..

Дата надходження статті: 24.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 06.04.2026

Дата прийняття статті: 17.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-5>

УДК 616.12-099-02:616-006.44-058.27:577.122

КАРДІОВАСКУЛЯРНІ ПОДІЇ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ МНОЖИННОЮ МІЄЛОМОЮ ПІД ЧАС ЛІКУВАННЯ ІНГІБІТОРАМИ ПРОТЕАСОМ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Самура Б. Б., Панасенко М. О., Самура Т. О.

CARDIOVASCULAR EVENTS IN MULTIPLE MYELOMA PATIENTS TREATED WITH PROTEASOME INHIBITORS (LITERATURE REVIEW)

Borys Samura, Maria Panasenko, Tetyana Samura

Анотація

Актуальність. Узагальнено клінічні дані щодо застосування інгібіторів протеасом у хворих на множинну мієлому з акцентом на спектр кардіоваскулярних небажаних явищ, що супроводжують таку терапію. Окрему увагу приділено молекулярним і клітинним механізмам пригнічення протеасом у плазматичних клітинах, а також потенційно шкідливому впливу цього підходу на кардіоміоцити та ендотеліальні клітини. Підсумовано сучасні уявлення про діагностику та ведення кардіотоксичності, пов'язаної з інгібіторами протеасом, а також окреслено можливі напрями оптимізації профілактики та лікування таких ускладнень. **Мета роботи** систематизувати відомості про кардіоваскулярні події у пацієнтів із множинною мієломою, які отримують інгібітори протеасом, та узагальнити чинні підходи до їх моніторингу та корекції. **Матеріали та методи.** Здійснили наративний аналіз результатів клінічних досліджень і реєстрових спостережень за 2003–2025 роки, відповідних рекомендацій ESC / ASCO / EMN, а також експериментальних робіт, присвячених механізмам кардіотоксичності інгібіторів протеасом. **Результати та їх обговорення.** Встановлено, що ризик кардіоваскулярних подій особливо високий у пацієнтів із серцево-судинною патологією, а також при застосуванні карфілзомібу; найчастіше діагностують артеріальну гіпертензію, серцеву недостатність і порушення ритму. Серед імовірних патогенетичних ланок визначено пригнічення протеасомної активності у кардіоміоцитах, ендотеліальну дисфункцію та розлади автофагії. Стандартні стратегії ведення включають стратифікацію ризику до початку лікування, раннє визначення BNP / NT-proBNP, індивідуалізоване використання ехокардіографії та корекцію режимів дозування та інфузії. **Висновки.** Необхідно розробити стандартизовані протоколи профілактики та спостереження за пацієнтами, які отримують інгібітори протеасом. Комплексний підхід за участю кардіолога, онколога та гематолога дасть змогу мінімізувати частоту й тяжкість кардіоваскулярних ускладнень без зниження ефективності лікування множинної мієломи.

Ключові слова: множинна мієлома, інгібітори протеасом, кардіотоксичність, карфілзоміб, бортезоміб, BNP.

Abstract

Background. This narrative review summarizes clinical experience with proteasome inhibitors in multiple myeloma, with a particular focus on the pattern of cardiovascular adverse events (CVAEs) observed during treatment. We highlight the molecular basis of proteasome inhibition in malignant plasma cells and discuss how these pathways may inadvertently damage cardiomyocytes and endothelial cells. In addition, we provide an updated overview of available strategies for the detection, prevention and management of proteasome inhibitor-related cardiotoxicity and indicate areas where current practice can be improved. **Purpose.** To collate and critically appraise data on CVAEs in patients with multiple myeloma treated with proteasome inhibitors and to summarize practical recommendations for surveillance and clinical management. **Materials and Methods.** To collate and critically appraise data on CVAEs in patients with multiple myeloma treated with proteasome inhibitors and to summarize practical recommendations for surveillance and clinical management. **Results.** Patients with pre-existing cardiovascular disease and those exposed to carfilzomib exhibit the highest burden of CVAEs, most commonly hypertension, heart failure and arrhythmias. The proposed mechanisms include direct inhibition of proteasomes in cardiomyocytes, endothelial dysfunction and impaired autophagy. Routine care pathways should incorporate baseline cardiovascular risk assessment, early BNP / NT-proBNP monitoring, individualized echocardiographic follow-up and timely adjustment of drug dose and infusion schedules. **Conclusions.** Harmonized prevention and surveillance algorithms and close collaboration within cardio-onco-hematology teams are essential to limit CVAEs while maintaining the therapeutic efficacy of proteasome inhibitor-based regimens in multiple myeloma.

Keywords: multiple myeloma, proteasome inhibitors, cardiotoxicity, carfilzomib, bortezomib, BNP.



1. Вступ

Множинна мієлома (ММ) належить до найпоширеніших злоякісних хвороб системи кровотворення і посідає друге місце серед гематологічних неоплазій у світі [1]. За даними європейських епідеміологічних спостережень, показник захворюваності на ММ становить майже 6 випадків на 100 000 населення, а смертність сягає 4,1 випадку на 100 000 осіб на рік [2].

За останні десятиліття відбулося суттєве переосмислення підходів до лікування ММ. Впровадження інноваційних схем терапії, спрямованих на плазматичні клітини сприяло істотному покращенню прогнозу для пацієнтів із дискразіями плазматичних клітин, особливо в разі використання сучасних комбінованих режимів.

На зміну традиційним підходам прийшли багатокомпонентні протимієломні програми, що передбачали застосування імуномодулювальних агентів, інгібіторів протеасом, а також низки таргетних засобів, як-от епігенетичних модифікаторів і моноклональних антитіл нового покоління. Запровадження застосування цих препаратів супроводжувалося поступовим підвищенням тривалості та глибини відповіді, що позначається на динаміці виживаності: відносний 5-річний показник виживання збільшився з майже 25 % у 1975–1977 рр. до 52 % у 2008–2014 рр. Інгібітори протеасом посіли ключове місце в терапевтичному алгоритмі ММ, їх широко застосовують і в поєднанні з аутологічною трансплантацією стовбурових клітин (ASCT), і в інших комбінаціях [3].

Незважаючи на суттєве збільшення тривалості життя пацієнтів, інтенсивна протимієломна терапія асоційована з виникненням нових проблем, зокрема збільшення частоти кардіоваскулярних ускладнень, що істотно впливають на прогноз і можуть бути причиною смертності, зумовленої терапією [4].

Терміном кардіотоксичність у контексті онкологічного лікування позначають прискорення розвитку або декомпенсацію серцево-судинних захворювань, що вже є в пацієнта, а також прямий ушкоджувальний вплив протипухлинних засобів на структуру та функцію серця й судин. Це поняття включає широкий спектр клінічних проявів: від артеріальної гіпертензії, дисфункції міокарда та застійної серцевої недостатності до ішемічної хвороби серця, різних типів аритмій, тромбоемболічних подій, легеневої гіпертензії, ураження клапанного апарату, перикардіальних реакцій і порушень мозкового, периферичного кровообігу [5].

Раннє виявлення пацієнтів, схильних до розвитку кардіотоксичності, є одним із ключових елементів безпечного ведення онкохворих [6]. Керівництва Американського товариства клінічної онкології (ASCO) пропонують використовувати комбінацію лікувальних і пацієнт-специфічних критеріїв для оцінювання ризику серцевої дисфункції [7]. Зауважимо, що більшість сучасних доказів стосується популяцій із пухлинами іншої локалізації, й експертні групи з кардіотоксичності не завжди мають вузьку гематологічну спеціалізацію.

Класичні чинники ризику, як-от променеве ураження ділянки серця чи висока кумулятивна доза антрациклінів, мають обмежене значення саме для пацієнтів із ММ: опромінення серця цим пацієнтам призначають рідко, а застосування карфілзомібу в комбінації з антрациклами не входить до затверджених режимів терапії [8].

Крім того, значна частина даних щодо кардіотоксичності базується на клінічних дослідженнях, де пацієнтів із тяжкими серцево-судинними супутніми захворюваннями зазвичай виключали, і це істотно обмежує можливість прямого перенесення результатів у рутинну практику.

Незважаючи на ці обмеження, кількість повідомлень про кардіоваскулярні ускладнення, пов'язані з новими протимієломними засобами, зокрема інгібіторами протеасом, постійно зростає. Ці препарати стали базовим компонентом комбінованих схем лікування ММ, тому розуміння профілю їхньої безпеки критично важливе.

Досі не розроблено валідовані алгоритми, що давали би змогу чітко стратифікувати ризик кардіотоксичності саме в пацієнтів, котрі отримують інгібітори протеасом, та детально регламентували б тактику ведення у разі виникнення кардіоваскулярних подій. Саме тому актуальним є узагальнення наявних даних і формування практичних рекомендацій для кардіоонкогематологічної команди.

Мета роботи. Систематизувати відомості про кардіоваскулярні події у пацієнтів із множинною мієломою, які отримують інгібітори протеасом, та узагальнити чинні підходи до їх моніторингу та корекції.

2. Матеріали та методи дослідження

Інформаційний пошук для підготовки огляду здійснили у провідних наукометричних ресурсах, що індексують публікації з медицини, кардіології, гематології та фармакології. До аналізу залучали публікації з баз даних PubMed / MEDLINE, Web of Science

Core Collection, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, а також з офіційних сайтів профільних професійних товариств (European Society of Cardiology, American Society of Clinical Oncology, European Hematology Association, International Cardio-Oncology Society). Окремо переглядали клінічні рекомендації, консенсусні документи й оновлення позиційних заяв з кардіоонкології й множинної мієломи.

До вибірки включали статті, що опубліковані переважно в 2003–2025 рр., присвячені питанням застосування інгібіторів протеасом у хворих на ММ та в яких описано кардіоваскулярні події, патофізіологічні механізми кардіотоксичності або стратегії моніторингу й профілактики.

Джерела, що залучено до дослідження, аналізували за кількома напрямками. У межах бібліометричного підходу оцінювали динаміку публікацій за роками, провідні журнали та групи авторів, які найбільш активно розробляють тематику кардіотоксичності інгібіторів протеасом. За допомогою контент-аналізу узагальнювали інформацію про частоту й спектр кардіоваскулярних подій, фактори ризику, відмінності між окремими препаратами (бортезоміб, карфілзоміб, іксазоміб), а також про запропоновані механізми ушкодження міокарда та судин. Окремо систематизували дані, що наведено в рекомендаціях ESC, ASCO, EHA / EMN та інших експертних документах щодо стратифікації кардіоваскулярного ризику, алгоритмів моніторингу та ведення пацієнтів, які отримують інгібітори протеасом.

Зважаючи на різноманітність дизайну та кінцевих точок, що визначено у дослідженнях, здійснили нарративний, а не кількісний (мета-аналітичний) синтез результатів із фокусом на клінічно релевантні для кардіоонкогематологічної практики положення.

3. Результати

Кардіоваскулярні події при множинній мієломі. Кардіоваскулярні ускладнення належать до найчастіших побічних ефектів протипухлинної терапії, і дедалі більше даних свідчать, що саме вони можуть бути важливою причиною передчасної смерті пацієнтів після завершення лікування [9]. Такі події можуть виникати внаслідок безпосередньої кардіотоксичної дії протиракових засобів, а також через прискорений розвиток або декомпенсацію серцево-судинних захворювань, що вже були в пацієнта, внаслідок впливу традиційних факторів ризику [10].

Оскільки множинну мієлому найчастіше діагностують у людей похилого віку, значна

частина пацієнтів на час встановлення діагнозу вже має артеріальну гіпертензію, ішемічну хворобу серця, серцеву недостатність або інші серцево-судинні стани. Це зумовлює вищий ризик кардіотоксичності внаслідок інтенсивної протимієломної терапії.

Особливої уваги потребують хворі з маніфестованими серцево-судинними захворюваннями в анамнезі: серцевою недостатністю, ішемічною хворобою серця, цереброваскулярними ураженнями. Імовірність кардіоваскулярної токсичності додатково підвищують традиційні фактори загального ризику: цукровий діабет, гіпертонічна хвороба, дисліпідемія, – а також попереднє застосування антрациклінів, інгібіторів протеасом та імунomodулювальних препаратів [11].

За результатами ретроспективного дослідження, до якого залучили 32 193 пацієнтів із вперше діагностованою або рецидивною / рефрактерною ММ, у майже 2/3 хворих уже на старті лікування виявляли серцево-судинні захворювання. Найчастіше діагностували ішемічну хворобу серця, різні типи аритмій і застійну серцеву недостатність [12].

Сама ММ також створює низку додаткових чинників розвитку кардіоваскулярних подій. Гіперкальціємія, ниркова дисфункція, анемія та кісткові ураження, типові для цієї патології [13], можуть спричиняти або посилювати серцево-судинні порушення. Так, виражене підвищення рівня кальцію може зумовлювати загрозливі аритмії; хронічна хвороба нирок асоціюється з підвищенням кардіоваскулярного ризику в 2–4 рази [14]; анемію визначено як незалежний предиктор серцево-судинних подій [15], вона може спричиняти розвиток аритмій і підвищення артеріального тиску [16]. Формування артеріовенозних шунтів у зонах кісткових уражень додатково навантажує серце, зумовлюючи серцеву недостатність чи її прогресування.

У частини пацієнтів до ураження серця призводить відкладення амілоїду, що утворюється з патологічних легких ланцюгів імуноглобулінів. Клінічно маніфестний AL-амілоїдоз діагностують у майже 15 % хворих на ММ, а субклінічні амілоїдні депозити виявляють у третини пацієнтів протягом перебігу захворювання [17]. Серцеве залучення при цьому супроводжується розвитком характерної кардіоміопатії з серцевою недостатністю, що прогресує.

Сучасні неінвазивні методи, зокрема визначення біомаркерів (BNP, тропонін) і різні модальності візуалізації (ехокардіографія, сцинтиграфія), дають змогу виявляти ранні ознаки серцевої дисфункції, пов'язаної

з амілоїдозом або іншими чинниками [18]. Зважаючи на високий фоновий кардіоваскулярний ризик у більшості хворих на ММ, формування групи пацієнтів із дуже високою імовірністю кардіоваскулярних подій до початку кардіотоксичної терапії є важливою складовою стратегії безпечного лікування.

Особливу увагу слід приділяти оцінюванню специфічних ризиків, пов'язаних із застосуванням інгібіторів протеасом (бортезоміб, карфілзоміб, іксазоміб), що нині є основою багатьох схем лікування ММ.

Патофізіологічні основи кардіотоксичності, що індукована інгібіторами протеасом. Поглиблене розуміння молекулярних механізмів кардіотоксичності інгібіторів протеасом є ключем до створення ефективних стратегій профілактики та лікування цього ускладнення. Дослідження на експериментальних моделях на тваринах показали: карфілзоміб вибірково накопичується в міокарді й суттєво пригнічує протеасомну активність у кардіальній тканині [19]. Кардіоміоцити особливо зазнають таких змін, оскільки належать до малопроліферативних клітин із високим рівнем протеасомної активності порівняно з іншими тканинами [20].

У плазматичних клітинах ММ блокада протеасом призводить до акумуляції дефектних і регуляторних білків в ендоплазматичному ретикулумі. Це ініціює стрес неправильно згорнутих білків і запуск термінальної реакції на нього, що завершується активацією апоптозу [21].

Порушення білкового гомеостазу супроводжується формуванням великих агрегатів, що є токсичними для клітинних структур і органел [22]. Такі білкові конгломерати описані при гіпертрофічній і дилатаційній кардіоміопатіях, а також у пацієнтів із хронічною серцевою недостатністю [23]. Інгібування протеасом може змінювати роботу сигнальних каскадів, що відповідають за гіпертрофічну перебудову міокарда, спричиняючи патологічну гіпертрофію кардіоміоцитів.

Відомо, що NF- κ B відіграє провідну роль у патогенезі множинної мієломи, і саме здатність інгібіторів протеасом впливати на цю сигнальну вісь лежить в основі їхньої протипухлинної дії [24]. Цитотоксичний ефект бортезомібу щодо мієломних клітин почасти зумовлений втручанням у неklasичний шлях активації NF- κ B [25].

У короткостроковій перспективі така модифікація сигналіngu може навіть мати кардіопротекторний ефект, обмежуючи апоптоз. Однак тривала активація або дисрегуляція NF- κ B у серцевій тканині асоціюється

з прогресуванням ремоделювання, хронічним запаленням, стресом ендоплазматичного ретикулуму та накопиченням пошкоджених кардіоміоцитів, що врешті призводить до розвитку серцевої недостатності [26].

Інша важлива ланка патогенезу пов'язана з активацією шляху NFAT – кальциневрин. На моделях мишей із десмін-асоційованою кардіоміопатією встановлено, що високі дози бортезомібу можуть посилювати активність цього каскаду, і це призводить до несприятливого ремоделювання й формування застійної серцевої недостатності [27]. У досліджах на тваринах пригнічення протеасом бортезомібом або MLN-273 було асоційоване з дисфункцією лівого шлуночка, збільшенням кількості кардіоміоцитів із вакуолізацією цитоплазми, порушенням функції мітохондрій і розвитком фіброзу міокарда [28].

Для карфілзомібу описано додаткові механізми кардіотоксичності, зокрема активацію PP2A та інактивацію низхідних сигнальних шляхів, що призводить до порушення автофагії та апоптозу [29]. Ці ефекти не характерні для бортезомібу, і тому підсумували: інгібітори протеасом можуть відрізнятися за спектром і вираженістю кардіотоксичної дії, що додатково ускладнюється різницею експериментальних моделей.

Ендотеліальна дисфункція – ще один важливий патофізіологічний компонент. У пацієнтів, котрі отримують карфілзоміб, часто діагностують артеріальну гіпертензію та виявляють інші ознаки судинної дисфункції, що свідчить про ураження ендотелію [30]. Повідомлення про тромботичну мікроангіопатію на фоні терапії інгібіторами протеасом додатково підтверджують системний характер ендотеліального пошкодження [31].

Блокада протеасом впливає і на гладенькі м'язи судинної стінки, змінюючи тонус і реактивність: посилюється вазоконстрикція, знижується чутливість до вазодилаторів (зокрема оксиду азоту та ацетилхоліну) [32].

У досліджах на свинях терапія MLN-273 призводила до «роз'єднання» eNOS, посилення оксидативного стресу в коронарних артеріях і морфологічних змін серця, що характерні для гіпертрофічно-рестриктивного типу кардіоміопатії [33]. Імовірно, такі механізми можуть реалізовуватися й при застосуванні інших інгібіторів протеасом *in vivo*.

Клінічна ефективність і кардіотоксичність інгібіторів протеасом. Каталітичне ядро протеасоми складається з чотирьох гептамерних кілець, де два внутрішні β -кілця містять протеолітичні активні центри [34]. Підоддиниці β 1, β 2 і β 5 мають каспазоподібну,

трипсиноподібну та хімотрипсиноподібну активність відповідно, забезпечуючи протеолітичне розщеплення. Варіанти цих підодиноць у складі імунопротеасом ($\beta 1i$, $\beta 2i$, $\beta 5i$) виявляють у лімфоцитах і моноцитах у відповідь на стимуляцію IFN- γ та TNF- α . Мішенями для інгібіторів протеасом, схвалених Управлінням з контролю за якістю харчових продуктів і лікарських засобів США (FDA), як-от бортезомібу, карфілзомібу та іксазомібу, а також новіших препаратів, що перебувають на стадії розробки (опрозоміб, марізоміб), є 20S конститутивна протеасома 20S імунопротеасома.

Бортезоміб – інгібітор протеасом, що зворотн зв'язується з $\beta 5$ і $\beta 5i$ підодиноцями імунопротеасом [35]. Ефективність бортезомібу в клінічній практиці підтверджено двома клінічними дослідженнями II фази – SUMMIT та CREST [36,37]. На підставі результатів цих досліджень у 2003 році FDA надала бортезомібу прискорене схвалення для лікування пацієнтів із рецидивною або рефрактерною множинною мієломою, у яких захворювання прогресувало після трьох або більше попередніх ліній терапії.

У 2005 році здійснили клінічне дослідження III фази APEx, у якому результати лікування бортезомібом порівнювали з терапією високими дозами дексаметазону – стандартом лікування на той час [37]. Результати цього міжнародного дослідження показали вищу частоту відповіді, збільшення часу до прогресування та загальної виживаності у групі бортезомібу, навіть попри те, що понад 62 % пацієнтів із групи дексаметазону перейшли на лікування бортезомібом.

На підставі цих даних бортезоміб став препаратом вибору для лікування рецидивної множинної мієломи, і в 2005 році FDA схвалила його для лікування пацієнтів із рецидивною та рефрактерною ММ після неефективності однієї або більше попередніх схем терапії. Згодом, у 2008 році, FDA схвалила використання бортезомібу як початкової терапії при вперше виявленій множинній мієломі на підставі результатів дослідження VISTA [38]. Це дослідження мало особливе значення, оскільки підтвердило ефективність комбінації VMP (бортезоміб + мелфалан + преднізон) як стандарту індукційної терапії для пацієнтів, які не є кандидатами до аутологічної трансплантації стовбурових клітин.

У доступній фаховій літературі кількість повідомлень про кардіотоксичність бортезомібу обмежена: описано окремі випадки розвитку серцевої недостатності [39], ішемічної хвороби серця [40] та повної

атріовентрикулярної блокади [41]. Кардіотоксичність, пов'язану з бортезомібом, зазвичай визначали при вищих кумулятивних дозах препарату, а за результатами великих досліджень не підтверджено клінічно значущу кардіотоксичність [42].

Метааналіз проспективних досліджень II–III фази із залученням пацієнтів з онкологічними захворюваннями (множинна мієлома, лімфома, недрібноклітинний рак легені, макроглобулінемія Вальденстрема, рак яєчників), а також ретроспективний аналіз ключових випробувань бортезомібу при ММ не показали статистично значущого підвищення кардіотоксичності [43].

Основним обмеженням цих великих досліджень є те, що частина випробувань не включала чіткого визначення кінцевих точок щодо серцевих подій, що могло призвести до неповних даних через відсутність інформації про супутню терапію або серцево-судинні коморбідності.

Механізм резистентності до бортезомібу пов'язують зі зміною експресії субодиноць протеасом [44]. Хоча комбінована терапія може підвищити чутливість мієломних клітин до інгібіторів протеасом, і клінічні, і доклінічні дані показали: інші інгібітори протеасом з необоротним зв'язуванням, зокрема карфілзоміб [45], можуть подолати механізми резистентності до бортезомібу.

Карфілзоміб – інгібітор протеасом другого покоління, що активний і в монотерапії, і в комбінації з іншими препаратами, що застосовують при ММ. Карфілзоміб необоротно зв'язується з $\beta 5$ та $\beta 5i$ (LMP7) підодиноцями імунопротеасом з однаковою силою [46]. Препарат має вищу селективність до $\beta 5$ -субодиноць і мінімальну спорідненість до $\beta 1$ і $\beta 2$ порівняно з бортезомібом [47]. На відміну від бортезомібу, карфілзоміб майже не взаємодіє з ферментами поза мішенню, як-от сериновими протеазами. Цим пояснюють нижчу частоту периферичної нейропатії, що з ним асоційована, порівняно з бортезомібом [48].

Карфілзоміб спричиняє інгібування протеасом більш ніж у 80 % пацієнтів [10], а його ефективність у лініях, резистентних до бортезомібу, пов'язана з тривалішим і глибшим інгібуванням протеасом. Хоча інгібітори протеасом другого покоління, як-от карфілзоміб, мають кращу ефективність, вони характеризуються особливим профілем токсичності.

Карфілзоміб отримав схвалення FDA у 2012 році для лікування рецидивної або рефрактерної множинної мієломи у пацієнтів, які отримали принаймні дві попередні

лінії терапії, включаючи бортезоміб та імунomodулювальні препарати. Підставою стали багатофакторні дослідження II фази, у яких встановлено вищі показники загальної відповіді порівняно з бортезомібом. Однак у ранніх дослідженнях карфілзомібу визначено збільшення ризику кардіоваскулярних побічних ефектів.

Аналіз даних II фази (дослідження PX-171-003-A1, PX-171-003-A0, PX-171-004, PX-171-005) за участю 526 пацієнтів дав змогу встановити, що 22 % пацієнтів мали кардіальні побічні ефекти: у 13,3 % випадків виявлено аритмії (переважно фібриляцію передсердь), у 7,2 % – серцеву недостатність, у 2,0 % – кардіоміопатію, у 3,0 % хворих – ішемічну хворобу серця [49].

У 2015 році комбінація карфілзомібу, леналідоміду та дексаметазону (KRd) отримала схвалення FDA для лікування рецидивної та рефрактерної MM після хоча б однієї лінії терапії. Це схвалення обґрунтоване результатами дослідження ASPIRE (III фаза), під час якого виявлено покращення безпрогресійної виживаності та якості життя порівняно з режимом комбінації леналідоміду з дексаметазоном (Rd). При цьому у групі застосування карфілзомібу в комбінації з леналідомідом і дексаметазоном (KRd) частота небажаних кардіоваскулярних подій вища: гіпертензія – 4,3 % порівняно з 1,8 %; серцева недостатність – 3,8 % порівняно з 1,8 %; ішемічна хвороба серця – 3,3 % порівняно з 2,1 % [50].

У 2016 році FDA схвалила режим Kd (карфілзоміб + дексаметазон у низькій дозі) для пацієнтів із рецидивною та рефрактерною MM після однієї та більше ліній лікування. Підставою стали результати дослідження ENDEAVOR (III фаза), яке порівнювало Kd з Vd (бортезоміб + дексаметазон) [51]. До ENDEAVOR залучено пацієнтів із фракцією викиду лівого шлуночка менше ніж 40 %, серцевою недостатністю III/IV функціонального класу за NYHA або нещодавнім інфарктом міокарда. Частота периферичної нейропатії більше ніж 2 ступеня тяжкості становила лише 6 % у групі Kd порівняно з 32 % у групі Vd. Водночас зафіксовано підвищену частоту кардіотоксичності при застосуванні карфілзомібу, включаючи випадки артеріальної гіпертензії, аритмій, серцевої недостатності, ішемічної хвороби серця, кардіоміопатії, тромбоемболічних подій, легеневої гіпертензії [52].

Метааналіз 24 проспективних клінічних досліджень (n = 2594) показав загальну частоту небажаних кардіоваскулярних подій, пов'язаних із карфілзомібом, будь-якого ступеня – 18,1 %, високого ступеня – 8,2 %.

Найчастішими подіями були серцева недостатність (4,1 %) та артеріальна гіпертензія (12,2 %) [53].

До проспективного обсерваційного дослідження PROTECT залучено 95 пацієнтів із рефрактерною та рецидивною MM: 65 осіб отримували карфілзоміб, 30 – бортезоміб. Протягом 6 місяців оцінювали серцеві біомаркери (тропонін I або T, BNP, NT-proBNP), виконували ЕКГ та ехокардіографію з моніторингом виникнення небажаних кардіоваскулярних подій протягом 18 місяців. Загалом зареєстровано 64 кардіоваскулярних подій, 55 % із них мають 3 і вище ступінь або; 51 % подій припадав на пацієнтів на карфілзомібі, 17 % – на бортезомібі. Найпоширеніші діагнози у групі карфілзомібу: серцева недостатність (усіх ступенів) – 41 % випадків, артеріальна гіпертензія – 21 %. Підвищення BNP і NT-proBNP у середині першого циклу лікування асоціювалося з більшим ризиком небажаних кардіоваскулярних подій, а рівні тропоніну I або T, ЕКГ та ехокардіографічні параметри не були предикторами.

У ретроспективному дослідженні за участю 635 пацієнтів із загальної популяції, які отримували карфілзоміб (дані SEER-Medicare, 2000–2013), розвиток артеріальної гіпертензії зафіксовано у 22 %, серцевої недостатності – у 14 % учасників [54].

Зазначимо, що в більшості досліджень оцінювання кардіоваскулярних подій було непослідовним і часто не підтверджувалося кардіологом. Дані можуть недооцінювати реальну частоту небажаних кардіоваскулярних подій через більшу увагу до пацієнтів на карфілзомібі та мати інші джерела похибки, включно з відсутністю сліпих досліджень або досліджень із плацебо.

Механізми розвитку кардіоваскулярних подій, що індуковані карфілзомібом, вивчено недостатньо. Втім припускають, що необоротна та високоінтенсивна інгібіція протеасом може зумовлювати відмінність у профілі безпеки карфілзомібу порівняно з бортезомібом. У відповідь на кардіальний стрес у міокарді накопичуються білки неправильної конфігурації; їх деградація протеасомами має ключове значення для збереження клітинної функції [29]. Крім того, протеасомна активність може модулювати рівні оксиду азоту – важливого медіатора ендотеліальної функції; зниження його концентрації може погіршувати судинну релаксацію, спричиняючи підвищення артеріального тиску та розвиток серцевої дисфункції [55].

Досі майже немає проспективних досліджень чи експертних консенсусів,

присвячених запобіганню, моніторингу та лікуванню серцево-судинних ускладнень у пацієнтів із ММ, які отримують карфілзоміб. Саме тому консенсус Європейської мієломної мережі (EMN), розроблений у співпраці з Італійським товариством артеріальної гіпертензії (SIIA) та за підтримки Європейської гематологічної асоціації (EHA), вказує на необхідність оптимізації співвідношення користь / ризик цього препарату, що широко застосовують, а також своєчасного запобігання й ефективного контролю кардіоваскулярних подій під час терапії карфілзомібом [56].

Іксазоміб, подібно до бортезомібу, є зворотним інгібітором $\beta 5$ (хімотрипсिनоподібна) та $\beta 5i$ підодиноць імунопротеасоми з додатковим пригніченням $\beta 1$ і $\beta 2$ при високих концентраціях [57]. Він став першим перорально доступним інгібітором протеасоми, що схвалений FDA у 2015 році для рефрактерної та рецидивної ММ у комбінації з леналідомідом і дексаметазоном у пацієнтів після ≥ 1 лінії терапії. Схвалення обґрунтоване результатами дослідження TOURMALINE-MM1 [58]. У цьому дослідженні порівнювали комбінацію іксазомібу з леналідомідом та комбінацію плацебо з леналідомідом. Зафіксовано значно довшу виживаність без прогресування захворювання у групі пацієнтів, які отримували іксазоміб, а також обмежені токсичні ефекти (найчастіші – нудота та блювання). Щодо небажаних кардіоваскулярних подій дослідження не виявило статистично значущої різниці між групами за частотою артеріальної гіпертензії, серцевої недостатності, аритмії, інфаркту міокарда. Це пояснюють зворотністю інгібування протеасом іксазомібом, подібно до бортезомібу. Втім, із дослідження виключено пацієнтів із клінічними симптомами кардіоваскулярних захворювань або інфарктом міокарда протягом останніх 6 місяців [58].

Обговорення. Діагностика та лікування.

Попри відсутність чітких керівництв щодо діагностики та лікування кардіотоксичності, пов'язаної з інгібіторами протеасом, є загальні рекомендації для управління супутніми серцево-судинними порушеннями, що отримані з реальної клінічної практики. Хоча більшість даних стосуються карфілзомібу, досвід його застосування дає змогу екстраполювати рекомендації на інші інгібітори протеасом.

Підтверджено, що необхідно ретельно збирати анамнез, щоб оптимізувати фактори серцево-судинного ризику до початку терапії інгібіторами протеасом. Більшість клінічних випадків кардіотоксичності при карфілзомібі

виникають на ранніх етапах лікування, а пізні випадки є рідкісними та не пов'язані з накопиченням токсичності [59]. Пацієнти з серцевою недостатністю чи гіпертензією мають отримувати оптимізовану терапію цих станів.

Дослідження, здійснене за участі 60 пацієнтів, підтвердило, що серцево-судинне захворювання, яке вже було в пацієнта, підвищує ризик серцево-судинних небажаних подій (23,5 % порівняно з 7,0 %) [60].

Пацієнти з дисфункцією серця, попереднім впливом токсичних препаратів або генетичними кардіоміопатіями мають підвищену чутливість до додаткових ушкоджень, що може призводити до гострих серцево-судинних ускладнень. Дослідження на моделях міоцитів щурів показало, що бортезоміб і карфілзоміб потенціюють кардіотоксичність доксорубіцину [61]. Фактори підвищеного ризику включають попереднє опромінення грудної клітки, використання антрациклінів або доксорубіцину, інші попередні кардіальні стани. Це підтверджує важливість ретельного збору анамнезу серцево-судинних захворювань і попереднього лікування для раннього виявлення карфілзоміб-індукованої кардіотоксичності.

У рекомендаціях Європейського товариства кардіологів та Європейської гематологічної асоціації, що присвячені онкологічним методам лікування та кардіотоксичності, розглянуто етапи кардіоваскулярного моніторингу й ухвалення клінічних рішень до, під час і після застосування потенційно кардіотоксичних протипухлинних засобів [11]. Під час лікування необхідно ретельно спостерігати за певними кардіопульмональними змінами, що асоціюються із застосуванням інгібіторів протеасом. Показано, що підвищення артеріального тиску слід корегувати негайно. Типові симптоми та клінічні ознаки серцевої недостатності має оцінити кардіолог, виключивши інші можливі причини.

Клінічні маркери кардіоваскулярної токсичності залежать від часу, що минув після специфічного лікування онкогематологічного захворювання. Артеріальна гіпотензія, зміни сегмента ST, подовження QT, порушення ритму та провідності серця, транзиторна дисфункція лівого шлуночка з відносно сприятливим прогнозом – усе це може бути гострим проявом кардіотоксичності та виникає впродовж 48 годин. З іншого боку, підгострі прояви кардіоваскулярної токсичності виявляють у період від кількох тижнів до кількох місяців після цитостатичної терапії. Вони найчастіше характеризуються міокардитом і перикардитом внаслідок ураження міокардіоцитів [62].

Пізні або хронічні прояви кардіоваскулярної токсичності можуть виникати через місяці та роки після хіміотерапії внаслідок фіброзу міоцитів, їх виявляють за субклінічною дисфункцією шлуночків і аж до рестриктивної або дилатаційної кардіоміопатії з перевантаженням обох шлуночків і розвитком хронічної серцевої недостатності, раптової коронарної смерті [63].

Традиційні фактори ризику серцево-судинних захворювань із використанням шкал SCORE2 і SCORE2-OP рекомендовано оцінювати в пацієнтів з онкологічними захворюваннями віком більше ніж 40 років (клас рекомендацій I, рівень доказовості B) [64,65]. Детальніші обстеження серцево-судинної системи (Ехо-КГ, магнітно-резонансна томографія, коронарна комп'ютерна томографія) можуть бути рекомендовані хворим, у яких діагностовано кардіоваскулярну дисфункцію на час встановлення діагнозу множинної мієломи, для оцінювання ризику. Вибір кардіологічних тестів має бути індивідуалізованим, зважаючи на кардіоваскулярний ризик і плановане протипухлинне лікування.

У серії клінічних випадків застосування карфілзомібу встановлено: у 6 осіб виникла задишка, зафіксовано також систолічну та/або діастолічну дисфункцію лівого шлуночка [66]. У низці інших публікацій повідомляли про доцільність моніторингу рівнів BNP, включаючи пацієнтів, що отримували карфілзоміб у дослідженні фази Ib [67].

Водночас встановити чіткий зв'язок між підвищенням BNP і посиленням клінічної симптоматики чи необхідністю госпіталізації поки що складно, для отримання остаточних доказів необхідні рандомізовані контрольовані дослідження. Доцільним може бути визначення вихідного рівня BNP до початку терапії інгібіторами протеасом, а також його періодичний моніторинг на розсуд клініциста, особливо в середині першого циклу лікування карфілзомібом і протягом перших 3 місяців терапії [68].

Втім, корекція протипухлинної терапії не має ґрунтуватися тільки на рівнях BNP, оскільки їх підвищення часто не супроводжується симптомами чи клінічними подіями. У разі нового підвищення BNP може бути доцільним посилення моніторингу змін маси тіла та ознак перевантаження рідиною.

За результатами власних досліджень, найбільшу прогностичну цінність щодо виникнення кардіоваскулярних подій протягом 12 місяців у 107 хворих на ММ після протипухлинного лікування мав рівень sST2 >28,5 нг/мл (чутливість – 79,3 %, специфічність – 82,1 %).

У пацієнтів із ММ після протипухлинного лікування та перенесеної маніфестної форми коронавірусної хвороби (COVID-19) найбільшу прогностичну цінність мала комбінація sST2 і Р-селектину (чутливість – 94,7 %, специфічність – 75,0 %) [69, 70].

Як відомо, електрокардіографічні ознаки гіпертрофії лівого шлуночка мають обмежену діагностичну цінність у скринінгу кардіотоксичності. Трансторакальна ехокардіографія також має обмежену прогностичну роль, оскільки може виявити і нормальну систолічну, діастолічну функцію, і порушення поздовжньої деформації міокарда [65].

Попри результати великих досліджень, як-от ENDEAVOR, де серійна ехокардіографія мала обмежену користь як інструмент стратифікації ризику для пацієнтів, котрі отримують карфілзоміб, екстраполювати ці дані на популяцію з супутньою серцевою патологією складно, оскільки таких хворих виключено з дослідження. Ехокардіографічний моніторинг може допомогти вчасно виявити субклінічну або початкову легеневу гіпертензію та серцеву недостатність і має залишатися стандартом ведення, особливо для пацієнтів похилого віку, осіб із попереднім впливом факторів ризику (антрацикліни, доксорубіцин, променева терапія), припущенням про розвиток амілоїдозу або з іншими кардіоваскулярними факторами ризику. У майбутньому детальніший аналіз поздовжньої деформації лівого шлуночка та інші візуалізаційні методики можуть забезпечити чутливіше неінвазивне виявлення кардіотоксичності та сприяти виключенню альтернативних причин.

У пацієнтів, яким заплановано терапію карфілзомібом і які мають фактори ризику розвитку кардіотоксичності, необхідно оцінити доцільність профілактичних заходів, а також застосування стандартних підходів до лікування серцевої недостатності у разі її виникнення. Зменшення об'єму внутрішньовенної інфузійної рідини під час введення інгібіторів протеасом у поєднанні з подовженням тривалості інфузії карфілзомібу з профілактичною метою може покращувати переносність лікування. Це особливо важливо для пацієнтів із хронічною серцевою недостатністю, збереженою або стабілізованою функцією нирок, осіб віком понад 75 років та хворих із кардіоваскулярними факторами ризику. Оскільки інгібітори протеасом за сучасними схемами лікування часто вводять разом із кортикостероїдами, які спричиняють затримку рідини, зменшення об'єму інфузій на кожному циклі може бути доцільним.

Щодо пацієнтів із хронічною серцевою недостатністю, то доцільним є ведення під наглядом кардіолога із застосуванням терапії, спрямованої на модифікацію прогнозу (бета-блокатори, діуретики). Призначення антигіпертензивних засобів може бути доцільним з огляду на ендотеліальну дисфункцію, спричинену карфілзомібом, що клінічно виявляють як артеріальну гіпертензію. Для пацієнтів зі стабільною функцією нирок інгібітори АПФ або блокатори рецепторів ангіотензину можуть виконувати подвійну роль – зменшення навантаження на серце внаслідок кардіального ремоделювання та контроль артеріального тиску. У разі виникнення ознак кардіотоксичності насамперед необхідно виключити альтернативні причини задишки, артеріальної гіпертензії, болю у грудній клітці або проявів серцевої недостатності.

Модифікація дози карфілзомібу може бути доцільною, навіть враховуючи його необоротний механізм дії, оскільки клінічні випадки свідчать про потенційне відновлення функції міокарда після скасування або зниження дози на фоні призначення терапії серцевої недостатності [60].

Майбутні напрями. Враховуючи запропоновані механізми розвитку кардіотоксичності, нині розглядають кілька нових терапевтичних підходів, спрямованих на запобігання ураженню міокарда, що індуковане інгібіторами протеасом. У доклінічних експериментальних моделях показано ефективність трьох сполук: рутину, дексразоксану та апреміласту – у відновленні карфілзоміб-індукованої кардіотоксичності у щурів. Рутин є біофлавоноїдом, який пригнічує NF-κB у міокарді щурів, що безпосередньо зменшує патологічне гіпертрофічне ремоделювання й оксидативний стрес [71]. У цьому самому дослідженні встановлено, що рутин сприяв зниженню рівнів кардіальних ферментів, підвищенню експресії α-МНС мРНК та зниженню експресії β-МНС та BNP мРНК, що спричинило зворотний розвиток гістопатологічних змін, які виникли внаслідок лікування карфілзомібом. Механізми, що лежать в основі такого ефекту рутину, потребують уточнення.

Як і рутин, дексразоксан – інгібітор топоізомерази ІІβ та нейтралізатор вільних радикалів, добре відомий своєю кардіопротекторною дією при доксорубіцин-індукованій кардіотоксичності [72], – також сприяв зменшенню ушкодження кардіоміоцитів у щурів [73]. Апреміласт – інгібітор фосфодіестерази-4 (PDE4), який використовують у клінічній практиці для лікування псоріазу завдяки його вираженій протизапальній дії, також

сприяв відновленню ушкодження в експериментальній моделі карфілзоміб-індукованої кардіотоксичності [74]. Він зумовлював зниження експресії NF-κB, ERK та JNK мРНК, а також нормалізував рівні прозапальних цитокінів (TNF-α).

Втім зауважимо, що доказова база щодо кардіопротекторних властивостей рутину, дексразоксану та апреміласту при карфілзоміб-індукованій кардіотоксичності досі обмежена та ґрунтується лише на невеликій кількості доклінічних експериментів на тваринах, що здійснені у межах одного наукового центру. Тому їх застосування у клінічній практиці нині є передчасним.

Альтернативний напрям профілактики кардіотоксичності – модифікація інгібіторів протеасом для зниження їхніх позацільових ефектів на міокард. Наприклад, за даними експериментальних досліджень, карфілзоміб може спричиняти інактивацію білків автофагії, а профілактичне застосування метформіну, який активує AMPKα, регулює автофагію та інгібує апоптоз, запобігає ушкодженню міокарда у мишей без впливу на протеасомальну активність [29].

Ще один перспективний напрям – розробка селективних інгібіторів протеасом із мінімальним впливом на конститутивну протеасому. До таких сполук належать UK-101 та IPSI-001, які діють на β1i-субодиницю. Інший підхід спрямований на послаблення кардіотоксичності та передбачає зміну способу введення, режиму дозування або тривалості інфузії. Ці стратегії можуть бути потенційно ефективними для карфілзомібу, однак вплив таких модифікацій на його кардіотоксичність і протипухлинну ефективність потребує продовження вивчення.

Особливо перспективним варіантом є опрозоміб – пероральний аналог карфілзомібу, який, згідно з наявними даними, не асоційований із розвитком кардіотоксичності.

4. Висновки

1. Розроблення високоефективних і високоселективних протимієломних препаратів суттєво покращило схеми лікування та сприяло досягненню значного покращення відповіді на лікування та загальної виживаності.

2. Швидке розширення терапевтичного арсеналу супроводжується необхідністю ретельного доклінічного та клінічного оцінювання для своєчасного виявлення нових побічних ефектів, асоційованих із лікуванням.

3. Оскільки попередні дослідження, що включали інгібітори протеасом, не були спеціально спрямовані на детекцію

кардіотоксичності, точну частоту розвитку серцево-судинних небажаних подій, безпосередньо зумовлених прийманням цих препаратів, визначити складно.

4. Найбільший науковий та практичний інтерес викликає карфілзоміб, що, проте, спричинив клінічно значуще збільшення ризику серцево-судинних ускладнень, а вплив новіших препаратів (іксазомібу, опрозомібу та марізомібу) потребує посиленого кардіологічного моніторингу для верифікації, чи є такі ускладнення класовим ефектом.

Перспективи подальших досліджень. Доцільним є здійснення проспективних, паралельних клінічних досліджень виникнення кардіоваскулярних подій із застосуванням уніфікованих алгоритмів моніторингу, що включають біомаркери та візуалізаційні методи, для виявлення пацієнтів із підвищеним ризиком кардіотоксичності. Такий підхід дасть змогу чіткіше встановити реальну частоту кардіотоксичності, її фактори ризику, природну історію та оптимальні стратегії менеджменту. Міждисциплінарна взаємодія між кардіологією та гематологією відіграватиме ключову роль у формуванні персоналізованих стратегій кардіопротекції та моніторингу. Такий підхід сприятиме безпечнішому застосуванню сучасних і майбутніх методів лікування множинної мієломи, мінімізуючи ризик розвитку кардіоваскулярних подій і водночас зберігаючи ефективність протиопухлинної терапії.

Обмеження дослідження. Обмеженням дослідження є наративний характер огляду, що не передбачав кількісного метааналітичного узагальнення результатів. Дані, залучені до аналізу, відрізнялися за дизайном досліджень, критеріями включення пацієнтів, визначенням кардіоваскулярних подій та підходами до їх моніторингу. У частині клінічних досліджень пацієнтів із тяжкими серцево-судинними супутніми захворюваннями виключали, що обмежує можливість

прямого перенесення отриманих результатів у реальну клінічну практику. Крім того, у багатьох джерелах кардіоваскулярні події не були первинними кінцевими точками, що могло впливати на повноту їх виявлення та реєстрації.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

Під час підготовки цієї статті інструменти штучного інтелекту не використовувалися для отримання первинних наукових результатів, аналізу даних або формування висновків дослідження.

Первинні дані та матеріали

Стаття є оглядом літератури та не містить нових експериментальних або клінічних первинних даних. Усі матеріали, використані для підготовки рукопису, наведені у списку літератури.

Інформація про фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

Внесок авторів

Б. Б. Самура – концепція та дизайн дослідження, аналіз та інтерпретація літературних даних, написання й критичне редагування рукопису, остаточне затвердження версії до публікації.

М. О. Панасенко – пошук, відбір і систематизація літературних джерел, аналіз клінічних і експериментальних даних, участь у підготовці окремих розділів рукопису.

Т. О. Самура – пошук і опрацювання літературних джерел, узагальнення матеріалів щодо фармакологічних аспектів застосування інгібіторів протеасом, участь у підготовці рукопису.

REFERENCES

1. Siegel, R. L., Miller, K. D., & Jemal, A. (2019). Cancer statistics, 2019. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 69(1), 7–34. <https://doi.org/10.3322/caac.21551>
2. Krjachok, I. A. (2010). [Modern standards for diagnosis and treatment of patients with multiple myeloma]. *Ukrainskyi medychnyi chasopys*, (2), 91–97. https://api.umj.com.ua/wp/wp-content/uploads/archive/76/pdf/1613_ukr.pdf
3. Ludwig, H., Delforge, M., Facon, T., Einsele, H., Gay, F., Moreau, P., et al. (2018). Prevention and management of adverse events of novel agents in multiple myeloma: A consensus of the European Myeloma Network. *Leukemia*, 32(7), 1542–1560. <https://doi.org/10.1038/s41375-018-0040-1>
4. Yeh, E. T., & Bickford, C. L. (2009). Cardiovascular complications of cancer therapy: Incidence, pathogenesis, diagnosis, and management. *Journal of the American College of Cardiology*, 53(24), 2231–2247. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.02.050>

5. Sheppard, R. J., Berger, J., & Sebag, I. A. (2013). Cardiotoxicity of cancer therapeutics: Current issues in screening, prevention, and therapy. *Frontiers in Pharmacology*, 4, Article 19. <https://doi.org/10.3389/fphar.2013.00019>
6. Zamorano, J. L., Lancellotti, P., Muñoz, D. R., Aboyans, V., Asteggiano, R., Galderisi, M., et al. (2016). Stanowisko ESC dotyczące toksycznego wpływu leczenia onkologicznego na układ sercowo-naczyniowy w 2016 roku, opracowane pod auspicjami Komisji ESC do spraw Wytucznych Postępowania [2016 ESC Position Paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC Committee for Practice Guidelines]. *Kardiologia Polska*, 74(11), 1193–1233. <https://doi.org/10.5603/KP.2016.0156>
7. Armenian, S. H., Lacchetti, C., Barac, A., Carver, J., Constine, L. S., Denduluri, N., et al. (2017). Prevention and monitoring of cardiac dysfunction in survivors of adult cancers: American Society of Clinical Oncology clinical practice guideline. *Journal of Clinical Oncology*, 35(8), 893–911. <https://doi.org/10.1200/JCO.2016.70.5400>
8. Dimopoulos, M. A., Terpos, E., Boccadoro, M., Moreau, P., Mateos, M. V., Zweegman, S., et al. (2025). EHA-EMN evidence-based guidelines for diagnosis, treatment and follow-up of patients with multiple myeloma. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 22(9), 680–700. <https://doi.org/10.1038/s41571-025-01041-x>
9. Ewer, M. S., & Ewer, S. M. (2015). Cardiotoxicity of anticancer treatments. *Nature Reviews Cardiology*, 12(9), 547–558. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2015.65>
10. Kryachok, L. A., & Tytorenko, I. B. (2014). [Chemotherapy-related cardiotoxicity in elderly patients with non-Hodgkin lymphoma]. *Klinichna onkologhiia*, (1), 69–73.
11. Lyon, A. R., López-Fernández, T., Couch, L. S., Asteggiano, R., Aznar, M. C., Bergler-Klein, J., et al. (2022). 2022 ESC Guidelines on cardio-oncology developed in collaboration with the European Hematology Association (EHA), the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) and the International Cardio-Oncology Society (IC-OS). *European Heart Journal*, 43(41), 4229–4361. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac244>
12. Kistler, K. D., Rajangam, K., Faich, G., & Lanes, S. (2012). Cardiac event rates in patients with newly diagnosed and relapsed multiple myeloma in US clinical practice. *Blood*, 120(21), 2916. <https://doi.org/10.1182/blood.V120.21.2916.2916>
13. Kyle, R. A., Gertz, M. A., Witzig, T. E., Lust, J. A., Lacy, M. Q., Dispenzieri, A., et al. (2003). Review of 1027 patients with newly diagnosed multiple myeloma. *Mayo Clinic Proceedings*, 78(1), 21–33. <https://doi.org/10.4065/78.1.21>
14. Gansevoort, R. T., Correa-Rotter, R., Hemmelgarn, B. R., Jafar, T. H., Heerspink, H. J., Mann, J. F., et al. (2013). Chronic kidney disease and cardiovascular risk: Epidemiology, mechanisms, and prevention. *The Lancet*, 382(9889), 339–352. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60595-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60595-4)
15. Sarnak, M. J., Tighiouart, H., Manjunath, G., MacLeod, B., Griffith, J., Salem, D., et al. (2002). Anemia as a risk factor for cardiovascular disease in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Journal of the American College of Cardiology*, 40(1), 27–33. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(02\)01938-1](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(02)01938-1)
16. Mozos, I. (2015). Mechanisms linking red blood cell disorders and cardiovascular diseases. *BioMed Research International*, 2015, Article 682054. <https://doi.org/10.1155/2015/682054>
17. Madan, S., Dispenzieri, A., Lacy, M. Q., Buadi, F., Hayman, S. R., Zeldenrust, S. R., et al. (2010). Clinical features and treatment response of light chain (AL) amyloidosis diagnosed in patients with previous diagnosis of multiple myeloma. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(3), 232–238. <https://doi.org/10.4065/mcp.2009.0547>
18. Liu, P. P., & Smyth, D. (2016). Wild-type transthyretin amyloid cardiomyopathy: A missed cause of heart failure with preserved ejection fraction with evolving treatment implications. *Circulation*, 133(3), 245–247. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.020351>
19. Demo, S. D., Kirk, C. J., Aujay, M. A., Buchholz, T. J., Dajee, M., Ho, M. N., et al. (2007). Antitumor activity of PR-171, a novel irreversible inhibitor of the proteasome. *Cancer Research*, 67(13), 6383–6391. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-06-4086>
20. Patel, M. B., & Majetschak, M. (2007). Distribution and interrelationship of ubiquitin proteasome pathway component activities and ubiquitin pools in various porcine tissues. *Physiological Research*, 56(3), 341–350. <https://doi.org/10.33549/physiolres.931005>
21. Obeng, E. A., Carlson, L. M., Gutman, D. M., Harrington, W. J., Jr., Lee, K. P., & Boise, L. H. (2006). Proteasome inhibitors induce a terminal unfolded protein response in multiple myeloma cells. *Blood*, 107(12), 4907–4916. <https://doi.org/10.1182/blood-2005-08-3531>
22. Willis, M. S., & Patterson, C. (2013). Proteotoxicity and cardiac dysfunction—Alzheimer's disease of the heart? *The New England Journal of Medicine*, 368(5), 455–464. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1106180>
23. Barac, Y. D., Emrich, F., Krutzwald-Josefson, E., Schrepfer, S., Sampaio, L. C., Willerson, J. T., et al. (2017). The ubiquitin-proteasome system: A potential therapeutic target for heart failure. *Journal of Heart and Lung Transplantation*, 36(7), 708–714. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2017.02.012>
24. Li, Z. W., Chen, H., Campbell, R. A., Bonavida, B., & Berenson, J. R. (2008). NF-kappaB in the pathogenesis and treatment of multiple myeloma. *Current Opinion in Hematology*, 15(4), 391–399. <https://doi.org/10.1097/MOH.0b013e328302c7f4>
25. Hideshima, T., Ikeda, H., Chauhan, D., Okawa, Y., Raje, N., Podar, K., et al. (2009). Bortezomib induces canonical nuclear factor-kappaB activation in multiple myeloma cells. *Blood*, 114(5), 1046–1052. <https://doi.org/10.1182/blood-2009-01-199604>

26. Gordon, J. W., Shaw, J. A., & Kirshenbaum, L. A. (2011). Multiple facets of NF- κ B in the heart: To be or not to NF- κ B. *Circulation Research*, 108(9), 1122–1132. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.110.226928>
27. Tang, M., Li, J., Huang, W., Su, H., Liang, Q., Tian, Z., et al. (2010). Proteasome functional insufficiency activates the calcineurin-NFAT pathway in cardiomyocytes and promotes maladaptive remodelling of stressed mouse hearts. *Cardiovascular Research*, 88(3), 424–433. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvq217>
28. Herrmann, J., Wohler, C., Saguner, A. M., Flores, A., Nesbitt, L. L., Chade, A., et al. (2013). Primary proteasome inhibition results in cardiac dysfunction. *European Journal of Heart Failure*, 15(6), 614–623. <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hft034>
29. Efentakis, P., Kremastiotis, G., Varela, A., Nikolaou, P. E., Papanagnou, E. D., Davos, C. H., et al. (2019). Molecular mechanisms of carfilzomib-induced cardiotoxicity in mice and the emerging cardioprotective role of metformin. *Blood*, 133(7), 710–723. <https://doi.org/10.1182/blood-2018-06-858415>
30. Rosenthal, A., Luthi, J., Belohlavek, M., Kortüm, K. M., Mookadam, F., Mayo, A., et al. (2016). Carfilzomib and the cardiorenal system in myeloma: An endothelial effect? *Blood Cancer Journal*, 6(1), Article e384. <https://doi.org/10.1038/bcj.2015.112>
31. Yui, J. C., Van Keer, J., Weiss, B. M., Waxman, A. J., Palmer, M. B., D'Agati, V. D., et al. (2016). Proteasome inhibitor associated thrombotic microangiopathy. *American Journal of Hematology*, 91(9), E348–E352. <https://doi.org/10.1002/ajh.24447>
32. Chen-Scarabelli, C., Corsetti, G., Pasini, E., Dioguardi, F. S., Sahni, G., Narula, J., et al. (2017). Spasmodic effects of the proteasome inhibitor carfilzomib on coronary resistance, vascular tone and reactivity. *EBioMedicine*, 21, 206–212. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2017.05.024>
33. Tanaka, K. (2009). The proteasome: Overview of structure and functions. *Proceedings of the Japan Academy, Series B, Physical and Biological Sciences*, 85(1), 12–36. <https://doi.org/10.2183/pjab.85.12>
34. Dick, L. R., & Fleming, P. E. (2010). Building on bortezomib: Second-generation proteasome inhibitors as anti-cancer therapy. *Drug Discovery Today*, 15(5–6), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2010.01.008>
35. Richardson, P. G., Barlogie, B., Berenson, J., Singhal, S., Jagannath, S., Irwin, D. H., et al. (2006). Extended follow-up of a phase II trial in relapsed, refractory multiple myeloma: Final time-to-event results from the SUMMIT trial. *Cancer*, 106(6), 1316–1319. <https://doi.org/10.1002/cncr.21740>
36. Jagannath, S., Barlogie, B., Berenson, J. R., Siegel, D. S., Irwin, D., Richardson, P. G., et al. (2008). Updated survival analyses after prolonged follow-up of the phase 2, multicenter CREST study of bortezomib in relapsed or refractory multiple myeloma. *British Journal of Haematology*, 143(4), 537–540. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2141.2008.07359.x>
37. Richardson, P. G., Sonneveld, P., Schuster, M., Irwin, D., Stadtmauer, E., Facon, T., et al. (2007). Extended follow-up of a phase 3 trial in relapsed multiple myeloma: Final time-to-event results of the APEX trial. *Blood*, 110(10), 3557–3560. <https://doi.org/10.1182/blood-2006-08-036947>
38. San Miguel, J. F., Schlag, R., Khuageva, N. K., Dimopoulos, M. A., Shpilberg, O., Kropff, M., et al. (2008). Bortezomib plus melphalan and prednisone for initial treatment of multiple myeloma. *The New England Journal of Medicine*, 359(9), 906–917. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0801479>
39. Honton, B., Despas, F., Dumonteil, N., Rouvellat, C., Roussel, M., Carrie, D., et al. (2014). Bortezomib and heart failure: Case-report and review of the French Pharmacovigilance database. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, 28(3), 349–352. <https://doi.org/10.1111/fcp.12039>
40. Takamatsu, H., Yamashita, T., Kotani, T., Sawazaki, A., Okumura, H., & Nakao, S. (2010). Ischemic heart disease associated with bortezomib treatment combined with dexamethasone in a patient with multiple myeloma. *International Journal of Hematology*, 91(5), 903–906. <https://doi.org/10.1007/s12185-010-0586-9>
41. Dasanu, C. A. (2011). Complete heart block secondary to bortezomib use in multiple myeloma. *Journal of Oncology Pharmacy Practice*, 17(3), 282–284. <https://doi.org/10.1177/1078155210367839>
42. Reneau, J. C., Asante, D., van Houten, H., Sangaralingham, L. R., Buadi, F. K., Lerman, A., et al. (2017). Cardiotoxicity risk with bortezomib versus lenalidomide for treatment of multiple myeloma: A propensity matched study of 1,790 patients. *American Journal of Hematology*, 92(2), E15–E17. <https://doi.org/10.1002/ajh.24599>
43. Xiao, Y., Yin, J., Wei, J., & Shang, Z. (2014). Incidence and risk of cardiotoxicity associated with bortezomib in the treatment of cancer: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 9(1), Article e87671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087671>
44. Rückrich, T., Kraus, M., Gogel, J., Beck, A., Ovaa, H., Verdoes, M., et al. (2009). Characterization of the ubiquitin-proteasome system in bortezomib-adapted cells. *Leukemia*, 23(6), 1098–1105. <https://doi.org/10.1038/leu.2009.8>
45. Berenson, J. R., Hilger, J. D., Yellin, O., Dichmann, R., Patel-Donnelly, D., Boccia, R. V., et al. (2014). Replacement of bortezomib with carfilzomib for multiple myeloma patients progressing from bortezomib combination therapy. *Leukemia*, 28(7), 1529–1536. <https://doi.org/10.1038/leu.2014.27>
46. Parlati, F., Lee, S. J., Aujay, M., Suzuki, E., Levitsky, K., Lorens, J. B., et al. (2009). Carfilzomib can induce tumor cell death through selective inhibition of the chymotrypsin-like activity of the proteasome. *Blood*, 114(16), 3439–3447. <https://doi.org/10.1182/blood-2009-05-223677>
47. Kuhn, D. J., Chen, Q., Voorhees, P. M., Strader, J. S., Shenk, K. D., Sun, C. M., et al. (2007). Potent activity of carfilzomib, a novel, irreversible inhibitor of the ubiquitin-proteasome pathway, against preclinical models of multiple myeloma. *Blood*, 110(9), 3281–3290. <https://doi.org/10.1182/blood-2007-01-065888>

48. Arastu-Kapur, S., Anderl, J. L., Kraus, M., Parlati, F., Shenk, K. D., Lee, S. J., et al. (2011). Nonproteasomal targets of the proteasome inhibitors bortezomib and carfilzomib: A link to clinical adverse events. *Clinical Cancer Research*, 17(9), 2734–2743. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-10-1950>
49. Siegel, D., Martin, T., Nooka, A., Harvey, R. D., Vij, R., Niesvizky, R., et al. (2013). Integrated safety profile of single-agent carfilzomib: Experience from 526 patients enrolled in 4 phase II clinical studies. *Haematologica*, 98(11), 1753–1761. <https://doi.org/10.3324/haematol.2013.089334>
50. Siegel, D. S., Dimopoulos, M. A., Ludwig, H., Facon, T., Goldschmidt, H., Jakubowiak, A., et al. (2018). Improvement in overall survival with carfilzomib, lenalidomide, and dexamethasone in patients with relapsed or refractory multiple myeloma. *Journal of Clinical Oncology*, 36(8), 728–734. <https://doi.org/10.1200/JCO.2017.76.5032>
51. Dimopoulos, M. A., Goldschmidt, H., Niesvizky, R., Joshua, D., Chng, W. J., Oriol, A., et al. (2017). Carfilzomib or bortezomib in relapsed or refractory multiple myeloma (ENDEAVOR): An interim overall survival analysis of an open-label, randomised, phase 3 trial. *The Lancet Oncology*, 18(10), 1327–1337. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(17\)30578-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(17)30578-8)
52. Atrash, S., Tullos, A., Panozzo, S., Bhutani, M., Van Rhee, F., Barlogie, B., et al. (2015). Cardiac complications in relapsed and refractory multiple myeloma patients treated with carfilzomib. *Blood Cancer Journal*, 5(1), Article e272. <https://doi.org/10.1038/bcj.2014.93>
53. Waxman, A. J., Clasen, S., Hwang, W. T., Garfall, A., Vogl, D. T., Carver, J., et al. (2018). Carfilzomib-associated cardiovascular adverse events: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncology*, 4(3), Article e174519. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2017.4519>
54. Fakhri, B., Fiala, M. A., Shah, N., Vij, R., & Wildes, T. M. (2020). Measuring cardiopulmonary complications of carfilzomib treatment and associated risk factors using the SEER-Medicare database. *Cancer*, 126(4), 808–813. <https://doi.org/10.1002/cncr.32601>
55. Brandes, R. P. (2014). Endothelial dysfunction and hypertension. *Hypertension*, 64(5), 924–928. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03575>
56. Bringhen, S., Milan, A., D'Agostino, M., Ferri, C., Wäsch, R., Gay, F., et al. (2019). Prevention, monitoring and treatment of cardiovascular adverse events in myeloma patients receiving carfilzomib: A consensus paper by the European Myeloma Network and the Italian Society of Arterial Hypertension. *Journal of Internal Medicine*, 286(1), 63–74. <https://doi.org/10.1111/joim.12882>
57. Chauhan, D., Tian, Z., Zhou, B., Kuhn, D., Orlowski, R., Raje, N., et al. (2011). In vitro and in vivo selective antitumor activity of a novel orally bioavailable proteasome inhibitor MLN9708 against multiple myeloma cells. *Clinical Cancer Research*, 17(16), 5311–5321. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-11-0476>
58. Garderet, L., Cavo, M., Kumar, S., Touzeau, C., Buadi, F. K., Laubach, J. P., et al. (2016). Oral ixazomib, lenalidomide, and dexamethasone for multiple myeloma. *The New England Journal of Medicine*, 374(17), 1621–1634. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1516282>
59. Siegel, D. S., Martin, T., Wang, M., Vij, R., Jakubowiak, A. J., Lonial, S., et al. (2012). A phase 2 study of single-agent carfilzomib (PX-171-003-A1) in patients with relapsed and refractory multiple myeloma. *Blood*, 120(14), 2817–2825. <https://doi.org/10.1182/blood-2012-05-425934>
60. Dimopoulos, M. A., Roussou, M., Gavriatopoulou, M., Psimenou, E., Ziogas, D., Eleutherakis-Papayiakovou, E., et al. (2017). Cardiac and renal complications of carfilzomib in patients with multiple myeloma. *Blood Advances*, 1(7), 449–454. <https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2016003269>
61. Hasinoff, B. B., Patel, D., & Wu, X. (2017). Molecular mechanisms of the cardiotoxicity of the proteasomal-targeted drugs bortezomib and carfilzomib. *Cardiovascular Toxicology*, 17(3), 237–250. <https://doi.org/10.1007/s12012-016-9378-7>
62. Skrypnyk, I. M., Maslova, G. S., & Lymanets, T. V. (2016). [Ischemic heart disease as a risk factor of the anthracycline-induced cardiotoxicity]. *Vrachebnoe delo*, (5–6), 47–52.
63. Gulati, A., Jabbour, A., Ismail, T. F., Guha, K., Khwaja, J., Raza, S., et al. (2013). Association of fibrosis with mortality and sudden cardiac death in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy. *JAMA*, 309(9), 896–908. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.1363>
64. Visseren, F., Mach, F., Smulders, Y. M., Carballo, D., Koskinas, K. C., Bäck, M., et al. (2021). 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*, 42(34), 3227–3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>
65. Lyon, A. R., Dent, S., Stanway, S., Earl, H., Brezden-Masley, C., Cohen-Solal, A., et al. (2020). Base-line cardiovascular risk assessment in cancer patients scheduled to receive cardiotoxic cancer therapies: A position statement and new risk assessment tools from the Cardio-Oncology Study Group of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology in collaboration with the International Cardio-Oncology Society. *European Journal of Heart Failure*, 22(11), 1945–1960. <https://doi.org/10.1002/ehfj.1920>
66. Grandin, E. W., Ky, B., Cornell, R. F., Carver, J., & Lenihan, D. J. (2015). Patterns of cardiac toxicity associated with irreversible proteasome inhibition in the treatment of multiple myeloma. *Journal of Cardiac Failure*, 21(2), 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2014.11.008>
67. Yang, E. H., Courtney, C., Garg, V., Fradley, M. G., & Schiller, G. J. (2018). Recurrent heart failure with preserved ejection fraction associated with carfilzomib administration for multiple myeloma. *Cardio-Oncology*, 4, Article 2. <https://doi.org/10.1186/s40959-018-0028-z>

68. Cornell, R. F., Ky, B., Weiss, B. M., Dahm, C. N., Gupta, D. K., Du, L., et al. (2019). Prospective study of cardiac events during proteasome inhibitor therapy for relapsed multiple myeloma. *Journal of Clinical Oncology*, 37(22), 1946–1955. <https://doi.org/10.1200/JCO.19.00231>
69. Panasenko, M. O., Samura, B. B., & Dotsenko, S. Y. (2022). [Value of P-selectin in the prognosis of cardiovascular events in patients with multiple myeloma]. *Current Issues in Pharmacy and Medicine: Science and Practice*, 15(2), 186–191. <https://doi.org/10.14739/2409-2932.2022.2.259829>
70. Panasenko, M. O., Samura, B. B., & Dotsenko, S. Y. (2022). [Circulating sST2 and prognosis of cardiovascular events in remission of multiple myeloma]. *Pathologia*, 19(2), 110–115. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2022.2.259260>
71. Imam, F., Al-Harbi, N. O., Al-Harbia, M. M., Korashy, H. M., Ansari, M. A., Sayed-Ahmed, M. M., et al. (2017). Rutin attenuates carfilzomib-induced cardiotoxicity through inhibition of NF- κ B, hypertrophic gene expression and oxidative stress. *Cardiovascular Toxicology*, 17(1), 58–66. <https://doi.org/10.1007/s12012-015-9356-5>
72. Zhang, S., Meng, T., Liu, J., Zhang, X., & Zhang, J. (2015). Cardiac protective effects of dexrazoxane on animal cardiotoxicity model induced by anthracycline combined with trastuzumab is associated with upregulation of calpain-2. *Medicine*, 94(4), Article e445. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000445>
73. Al-Harbi, N. O. (2016). Carfilzomib-induced cardiotoxicity mitigated by dexrazoxane through inhibition of hypertrophic gene expression and oxidative stress in rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 26(3), 189–195. <https://doi.org/10.3109/15376516.2016.1143071>
74. Imam, F., Al-Harbi, N. O., Al-Harbi, M. M., Ansari, M. A., Almutairi, M. M., Alshammari, M., et al. (2016). Apremilast reversed carfilzomib-induced cardiotoxicity through inhibition of oxidative stress, NF- κ B and MAPK signaling in rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 26(9), 700–708. <https://doi.org/10.1080/15376516.2016.1236425>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Samura Borys

MD, PhD, DSc, Professor, Department of Internal Medicine 3

*Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University**samura.b.b@zsmu.edu.ua*

ORCID: 0000-0002-4311-1806

Panasenko Mariia

MD, PhD, Assistant, Department of Internal Medicine 3

*Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University**Panasenko.M.A@zsmu.edu.ua*

ORCID: 0000-0002-2619-3846

Samura Tetiana

MD, PhD, Associate Professor, Department of Clinical Pharmacology, Pharmacy,

Pharmacotherapy and Cosmetology

*Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University**samuratetiana@gmail.com*

ORCID: 0000-0001-8252-0074

Укр.

Самура Борис Борисович

доктор медичних наук, професор кафедри внутрішніх хвороб 3

*Запорізький державний медико-фармацевтичний університет**samura.b.b@zsmu.edu.ua*

ORCID: 0000-0002-4311-1806

Панасенко Марія Олександрівна

доктор філософії, асистент кафедри внутрішніх хвороб 3

*Запорізький державний медико-фармацевтичний університет**Panasenko.M.A@zsmu.edu.ua*

ORCID: 0000-0002-2619-3846

Самура Тетяна Олександрівна

кандидат медичних наук, доцент кафедри клінічної фармакології, фармації,

фармакотерапії і косметології

*Запорізький державний медико-фармацевтичний університет**samuratetiana@gmail.com*

ORCID: 0000-0001-8252-0074

Дата надходження статті: 21.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 07.04.2026

Дата прийняття статті: 17.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

СТОМАТОЛОГІЯ

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-6>

УДК 616.314:004.8

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
В СТОМАТОЛОГІЧНІЙ ОСВІТІ ТА ПРАКТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ
СТОМАТОЛОГА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Білінський О. Я., Слинько Ю. О., Данко Е. М., Ізай М. Е., Гангур І. Ю.

MODERN APPROACHES TO THE APPLICATION OF DIGITAL
TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTAL
EDUCATION AND PRACTICE (LITERATURE REVIEW)

Oleksandr Bilynskyi, Yuliya Slynko, Elvira Danko, Milan Izay, Ivan Hanhur

Анотація

Актуальність. Цифрові технології та штучний інтелект все активніше входять не тільки у повсякденне життя кожної людини, але і в медицину, зокрема й у стоматологічну практику та освіту. Особливо швидко розвиваються технології штучного інтелекту, які відкривають нові можливості для навчання майбутніх стоматологів і полегшують роботу лікарів на практиці. Штучний інтелект уже використовують для аналізу рентгенівських знімків, прогнозування результатів лікування та створення індивідуальних планів стоматологічного лікування. Впровадження систем інтелектуального навчання та віртуальної реальності в стоматологічну освіту та використання штучного інтелекту в практиці є не лише сучасною та актуальною темою, а й необхідною умовою підготовки майбутніх фахівців в стоматології, здатних ефективно працювати в умовах сучасної цифрової медицини. **Мета дослідження.** Проаналізувати можливості та перспективи застосування штучного інтелекту в системі підготовки студентів стоматологічних факультетів, а також оцінити його вплив на підвищення ефективності клінічної практики лікарів-стоматологів у контексті цифровізації медичної галузі. **Матеріали та методи.** З метою формування первинної вибірки наукових джерел було здійснено пошук публікацій із використанням сервісу Google Scholar, PubMed, ResearchGate, а також електронних баз провідних рецензованих журналів з набором ключових слів. **Результати досліджень та їх обговорення.** Аналіз доступних систематичних оглядів свідчить, що використання штучного інтелекту в навчанні студентів стоматологів підвищує якість навчання, а використання в клінічній практиці покращує точність діагностики, сприяючи персоналізованому підходу та більш ефективному лікуванню пацієнтів. **Висновки.** Використання штучного інтелекту в роботі лікаря-стоматолога допомагає покращити діагностику та планування, оскільки дозволяє автоматично аналізувати діагностичні зображення та створювати персоналізовані плани лікування. Застосування цифрових протоколів та автоматизованих технологій дозволяє розробляти особисті плани лікування, що збільшує їх ефективність. Незважаючи на переваги, успішне застосування таких технологій вимагає ретельної перевірки моделей, адаптації до індивідуальних клінічних потреб та врахування етичних і правових аспектів.

Ключові слова: штучний інтелект, цифрові технології, навчальні симулятори, інновації у стоматології, цифрова медицина, віртуальна реальність.

Abstract

Background. Digital technologies and artificial intelligence are increasingly entering not only the everyday life of every person, but also medicine, in particular dental practice and medical education. Artificial intelligence technologies are developing especially rapidly, which open up new opportunities for training future dentists and facilitate the work of doctors in practice. Artificial intelligence is already used to analyze X-ray images, predict treatment outcomes and create individual dental treatment plans. The introduction of intelligent learning systems and virtual reality into dental education and the use of artificial intelligence in practice is not only a modern and relevant topic, but also a necessary condition for training future specialists in dentistry, capable of working effectively in the conditions of modern digital medicine. **The purpose of the work.** To analyse the possibilities and prospects of applying artificial intelligence in the training system of dental students, as well as to evaluate



their impact on enhancing the effectiveness of clinical practice among dentists within the context of digital transformation in healthcare. **Materials and methods.** In the course of the study, scientific developments published on the research platforms Google Scholar and PubMed were analyzed. Semantic analysis of sources were used. The methodological basis of the study was a systematic approach. **Results and discussions.** Analysis of available systematic reviews suggests that the use of artificial intelligence in the education of dental students increases the quality of education, and use in clinical practice improves diagnostic accuracy, contributing to a personalized approach and more effective treatment of patients. **Conclusions.** The use of artificial intelligence in the work of a dentist helps to improve diagnostics and planning, as it allows for automatic analysis of diagnostic images and the creation of personalized treatment plans. The use of digital protocols and automated technologies allows for the development of personalized treatment plans, which increases their effectiveness. Despite the advantages, the successful application of such technologies requires careful validation of models, adaptation to individual clinical needs, and consideration of ethical and legal aspects.

Key words: artificial intelligence, digital technology, clinical simulation, dental innovation, medical technology, virtual reality.

1. Вступ

Цифрові технології в медицині сьогодні змінюють спосіб діагностики, лікування та контролю стану пацієнтів, що призводить до покращення якості клінічних рішень та ефективності лікування. Серед методів, які мають особливу важливість у цьому процесі, особливо виділяються способи візуалізації, зокрема рентгенографія, магнітно-резонансна томографія та ультразвук, які забезпечують чіткі зображення структур щелепно-лицевої області, дозволяючи виявляти різні захворювання на ранніх етапах.

Віртуальна реальність поступово впроваджується в навчання лікарів, дозволяючи створювати клінічні ситуації, вдосконалювати практичні навички та розвивати здатність до клінічного мислення у складних ситуаціях без небезпеки для життя чи здоров'я пацієнта. Електронні медичні карти роблять зберігання та передачу клінічної інформації простішими, що дозволяє спеціалістам працювати ефективніше та швидше приймати правильні рішення. Дистанційна медицина покращує можливості отримання медичної допомоги для людей, які живуть віддалено, забезпечує швидкі консультації та постійний контроль за пацієнтами, особливо тим, хто страждає хронічними хворобами [8, 12, 37, 43].

Штучний інтелект (ШІ) має величезний потенціал у медицині, як інструмент для аналізу медичних зображень, виявлення патологій та підтримки діагностичних рішень. Він дозволяє рано виявляти захворювання, автоматично оцінювати ризики та передбачувати перебіг захворювання [4].

Технології штучного інтелекту в Україні так само активно застосовуються у медичній сфері, зокрема для діагностики та обробки зображень, що покращує якість медичних послуг. Для подальшого розвитку цього напрямку необхідні інвестиції, підготовка кваліфікованих спеціалістів та створення відповідної нормативно-правової бази [34].

2. Методологія та методи дослідження

Дослідження було організовано у форматі ретроспективного аналізу наукових робіт, які відповідали поставленій меті. З метою формування первинної вибірки публікацій пошук статей проводився з використанням сервісу Google Академія, PubMed та набору наступних ключових слів: «штучний інтелект», «цифрові технології», «навчальні симулятори», «інновації у стоматології», «цифрова медицина», «віртуальна реальність».

Під час аналізу відібраних публікацій було досліджено наступні категорії:

- Педагогічний потенціал ШІ в системі медичної та стоматологічної освіти.
- Методологічні основи застосування цифрових технологій у медицині.
- Клінічне використання ШІ у сучасній стоматологічній практиці.
- Інноваційні розробки та стратегічні перспективи впровадження ШІ у стоматології.

3. Результати та обговорення

У сучасних умовах цифровізації інтеграція технологій штучного інтелекту (ШІ) у медичну освіту й практику відкриває нові можливості для формування клінічних навичок і підвищення ефективності лікування [32].

Штучний інтелект у сфері охорони здоров'я визначається як сукупність цифрових технологій та алгоритмічних рішень, що імітують інтелектуальні функції людини – зокрема здатність навчатися, аналізувати, приймати рішення та адаптуватися до нових даних. Його застосування у медицині охоплює широкий спектр завдань: від автоматизованої інтерпретації діагностичних зображень до прогнозування перебігу захворювань і підтримки клінічного рішення.

Згідно з даними Journal of Family Medicine and Primary Care, штучний інтелект можна визначити як «використання комп'ютерів та технологій для імітації інтелектуальної поведінки та критичного мислення, порівнянного

з людським» [2]. Компанія IBM також підкреслює роль ІІІ як інструменту обробки медичних даних і генерації інсайтів, що покращують якість лікування та досвід пацієнтів [15].

Стоматологічна практика, за своєю суттю технічно орієнтована, наразі переживає значні зміни під впливом глобальної цифровізації системи охорони здоров'я. Інтенсивний розвиток інформаційних технологій відкриває принципово нові горизонти для впровадження інноваційних рішень у даній галузі [18]. Використання штучного інтелекту в стоматології можна розділити за наступними напрямками: діагностика, клінічні прийняття рішень, планування лікування та прогнозування результатів [19].

У діагностиці ІІІ використовується для аналізу рентгенографічних зображень, виявлення карієсу, захворювань пародонту та інших патологій, що дозволяє виявляти проблеми на ранніх стадіях і зменшувати навантаження на стоматологів [11]. Наприклад, системи на основі глибокого навчання демонструють високу точність у виявленні стоматологічних захворювань, що сприяє покращенню якості діагностики та лікування [28].

При плануванні лікування інформаційні технології допомагають створювати персоналізовані плани, враховуючи індивідуальні особливості пацієнта, що особливо актуально в ортодонтії чи імплантології [13, 30, 31].

Впровадження штучного інтелекту у стоматологічну освіту стало одним із ключових трендів цифрової трансформації вищої медичної школи у світі та Україні. Використання інтелектуальних освітніх технологій дозволяє не лише оптимізувати процеси викладання предмету, але й персоналізувати навчання, адаптуючи його до індивідуальних потреб кожного окремого студента. Освітні платформи на базі штучного інтелекту сприяють активному залученню студентів до навчального процесу, підвищують якість засвоєння матеріалу та дозволяють створювати сценарії навчання, наближені до клінічної практики, що особливо важливо в медицині та стоматології [36, 40].

Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати успішність студента, виявляти прогалини в знаннях та пропонувати індивідуалізовані рекомендації щодо подальшого навчання. Такий підхід підвищує ефективність підготовки майбутніх стоматологів, оскільки дозволяє формувати клінічні навички в середовищі, що моделює реальні клінічні ситуації.

На сьогоднішній день стоматологічні симулятори на основі віртуальної або доповненої

реальності можуть імітувати різноманітні стоматологічні втручання з високим рівнем точності, що дає змогу студентам неодноразово практикувати маніпуляції без будь якого ризику для пацієнта [7, 38, 39, 42].

Симулятор доповненої реальності Simodont Dental Trainer, який забезпечує високореалістичне віртуальне середовище з детальною 3D-візуалізацією та точним гаптичним зворотним зв'язком дозволяє студентам відчувати різницю між різними тканинами зуба (емаль, дентин і пульпа), під час виконання процедур. Дана система підтримує імпортування даних КТ-сканів та рентгенологічних знімків пацієнтів, що дає змогу створювати індивідуалізовані тренувальні сценарії [38]. Симулятор SIM to CARE Dente це програма, яка поєднує елементи змішаної реальності та дозволяє студентам взаємодіяти з віртуальними пацієнтами в реальному часі. Вона підтримує завантаження внутрішньоротових сканів, що сприяє персоналізованому навчанню, в той же час викладачі можуть створювати власні клінічні кейси та відстежувати прогрес студентів через інтегровану панель керування [39].

Інший симулятор практичної діяльності (Virteasy Dental) з гаптичним зворотним зв'язком надає студентам широкий вибір віртуальних стоматологічних процедур, включаючи реставрацію, ендодонтію, протезування та імплантологію. Віртуальна система дозволяє завантажувати внутрішньоротові скани та створювати індивідуальні навчальні сценарії, що покращує якість навчального процесу [42], а симулятор Cranio Catch надає студентам освітню платформу, яка використовує ІІІ для створення адаптивних навчальних модулів та надання миттєвого зворотного зв'язку. Такий підхід дозволяє студентам практикувати процедури в безпечному середовищі, отримуючи персоналізовані рекомендації для покращення своїх навичок [7].

Дослідження, проведене в 2024 році Y. Algarni та колегами, показало, що використання VR-технологій значно підвищує ефективність навчання в стоматології. Студенти, які використовували технології віртуальної реальності для тренування мануальних навичок, досягли кращих результатів у порівнянні з тими, хто практикував на звичайних гіпсових або полімерних моделях. Отриманих результат був пов'язаний з можливістю повторювати процедури до досягнення бажаного результату [1]. Для тренування процедур на звичайних моделях або живих пацієнтах потрібен великий обсяг витратних матеріалів, тоді як VR може імітувати необмежену кількість ситуацій. За допомогою таких технологій

студенти можуть удосконалювати свої навички на моделях, які в точності відповідають реальним пацієнтам [21]. Схожі результати були отримані під час дослідження, проведеного в медичному університеті м. Керманшах (Mansoori M., 2022). Було відмічено, що використання віртуальних технологій відіграє ефективну роль у створенні динамічного, привабливого та успішного навчального середовища для студентів медичних спеціальностей [26].

Віртуальна реальність дозволяє студентам виконувати численні практичні навички без обмежень часу або ресурсів. В процесі навчання ІІІ здатен оцінювати результати клінічних вправ, надаючи студенту зворотний зв'язок у режимі реального часу, а застосування чат-ботів і віртуальних асистентів на базі ІІІ унаочнює складні клінічні концепції, полегшує підготовку до іспитів і сприяє повторенню матеріалу в зручному для студента темпі. Це скорочує навантаження на викладача та одночасно підвищує об'єктивність оцінювання [23].

Незважаючи на переваги та значний потенціал, впровадження сучасних технологій у стоматологічну освіту має ряд обмежень. Однією з головних проблем є брак належного технічного забезпечення в окремих освітніх закладах. Не менш важливим є етичний аспект використання ІІІ оскільки існує ризик формування залежності студентів від алгоритмів, що може негативно вплинути на розвиток клінічного мислення, здатності до критичного аналізу та самостійного прийняття рішень [6]. Ще однією проблемою є порушення питання щодо конфіденційності персональних і навчальних даних, які аналізуються ІІІ-системами, що вимагає відповідного регулювання на законодавчому рівні [33].

Віртуальна реальність дозволяє студентам виконувати численні практичні навички без обмежень часу або ресурсів, але використання VR в стоматологічному навчанні має певні обмеження. Одним із головних є висока вартість впровадження таких технологій. Система VR та необхідне програмне забезпечення можуть вимагати значних інвестицій, що є проблемою для багатьох навчальних закладів, особливо в країнах з обмеженими ресурсами [5]. Іншим викликом є потреба в адаптації традиційних навчальних програм до використання нових технологій. Багато викладачів та студентів ще не мають достатнього досвіду роботи з VR, що може потребувати додаткового часу на навчання та освоєння технології.

Штучний інтелект (ІІІ) поступово стає невід'ємним інструментом у клінічній практиці сучасного стоматолога, особливо в галузі діагностики. Його застосування особливо актуальне для автоматизованого аналізу візуалізаційних даних, таких як рентгенограми, комп'ютерна томографія (КТ), конусно-променева комп'ютерна томографія (cone-beam computed tomography, CBCT) та інтраоральне 3D-сканування. Основою функціонування ІІІ в цьому контексті є нейронні мережі, принцип роботи яких забезпечує здатність до розпізнавання патернів. Ця властивість дозволяє ідентифікувати патологічні зміни в межах складних візуалізаційних структур із вражаючою точністю. В певних клінічних випадках, діагностична ефективність ІІІ не лише доповнює людські когнітивні можливості, а й демонструє потенціал до їхнього перевершення [10, 36].

Глибоке навчання (deep learning, DL), особливо з використанням згорткових нейронних мереж (convolutional neural networks, CNN), демонструє ефективність у виявленні каріозних уражень, периапікальних уражень, періодонтальних дефектів та втрати кісткової тканини на панорамних рентгенограмах і при КПКТ-обстеженнях [14].

Системний аналіз Lee J. H. та колег показало, що модель CNN досягла точності понад 90% у виявленні проксимального карієсу на прицільних знімках контактних поверхонь [22].

У сфері КТ і КПКТ, штучний інтелект також використовується для сегментації анатомічних структур, таких як нижньощелепний канал, гайморові пазухи або кореневі канали. Автоматична сегментація не лише знижує ризик лікарської помилки, але й прискорює планування хірургічних втручань, таких як імплантація або видалення ретинуваних зубів [3]. У дослідженні Jaskari et al. було продемонстровано, що алгоритми глибокого навчання можуть точно сегментувати щелепні структури на КПКТ зображеннях, забезпечуючи високу узгодженість з експертними оцінками [17].

Інтраоральне 3D-сканування також інтегрується із ІІІ для виявлення стирання зубів, тріщин емалі або порушень прикусу. Деякі сучасні сканери використовують вбудовані алгоритми машинного навчання (machine learning, ML), які автоматично виділяють аномальні ділянки та будують цифрову модель щелепи із діагностичними примітками [25]. Це особливо важливо в ортодонтії, ортопедії та цифровій стоматології, де точність і швидкість створення моделей має вирішальне значення.

У хірургічній стоматології, зокрема імплантології, ІІІ використовується на етапі цифрового планування, дозволяючи створити віртуальні 3D-моделі щелеп, визначити оптимальне положення імплантів, враховуючи анатомічні особливості пацієнта, щільність кістки та положення анатомічно важливих структур, таких як: нижньощелепний канал, гайморові пазухи, тощо [9]. Алгоритми глибокого навчання можуть автоматично сегментувати анатомічні об'єкти та генерувати шаблони хірургічних навігаційних шаблонів із високою точністю, що сприяє зменшенню операційного часу та підвищенню безпеки процедури [17, 24].

У ортопедичній стоматології використання CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing) та ІІІ дозволяє автоматизувати процес моделювання та виготовлення ортопедичних конструкцій – коронок, мостів, вінірів, з урахуванням оклюзійних взаємозв'язків, естетичних параметрів та індивідуальної морфології зубів [25]. Алгоритми можуть аналізувати тисячі клінічних випадків, щоб рекомендувати найкращу форму реставрації або шлях її створення з мінімальними втручаннями [16].

Ортодонтичне планування також зазнає трансформацій завдяки штучному інтелекту. Системи на основі машинного навчання можуть проводити автоматичну оцінку прикусу, передбачати зміни у положенні зубів під впливом брекет-систем або елайнерів, генерувати симульовані результати лікування та моделювати фази переміщення зубів [20]. Такі програми, як Invisalign ClinCheck або uLab Systems, активно застосовують алгоритми предиктивного моделювання для створення індивідуальних протоколів вирівнювання зубів [29].

Клінічні дослідження демонструють високу ефективність застосування ІІІ в умовах реальної стоматологічної практики. Так, за результатами дослідження S. K. Satapathy та співавтори, у пацієнтів, яким проводили імплантацію з використанням попереднього цифрового планування на основі ІІІ, було зафіксовано статистично значуще зниження частоти хірургічних ускладнень порівняно з традиційними методами планування [35]. У свою чергу, Maspero С. та колеги довели, що впровадження автоматизованих цифрових протоколів у ортодонтичну практику сприяє суттєвому скороченню тривалості лікування, а також підвищенню точності прогнозування кінцевих результатів [27].

Незважаючи на численні переваги, широке впровадження ІІІ у клінічну практику

супроводжується певними викликами. Важливими залишаються питання валідації моделей на різноманітних клінічних даних, етичні аспекти автоматизації діагностики, а також необхідність навчання лікарів правильній інтерпретації результатів, отриманих за допомогою ІІІ [41].

4. Висновки

Впровадження технологій штучного інтелекту в клінічну стоматологічну практику сприятиме значному підвищенню якості діагностики та терапії, зокрема завдяки автоматизованій обробці даних та цифровому плануванню хірургічних, терапевтичних та ортодонтичних втручань. Використання алгоритмів глибокого навчання для аналізу рентгенівських знімків, КТ і 3D-сканів забезпечує високу точність і зменшує ризики лікарських помилок. Цифрові протоколи та CAD/CAM-технології дозволяють створювати персоналізовані плани лікування з урахуванням анатомічних особливостей пацієнта, що сприяє зниженню тривалості лікування та підвищенню прогнозованості результатів. Клінічні кейси демонструють: імплантація з використанням цифрового планування ІІІ супроводжується зменшенням ускладнень, а автоматизовані протоколи суттєво скорочують термін ортодонтичного лікування. Незважаючи на переваги, успішне застосування таких технологій вимагає ретельної перевірки моделей, адаптації до індивідуальних клінічних потреб та врахування етичних і правових аспектів. Подальший розвиток цифрової стоматології та удосконалення відповідних медичних стандартів значною мірою залежить від тісної міждисциплінарної взаємодії між клініцистами, інженерами-розробниками та представниками нормативно-правових органів.

Перспективи подальших досліджень включають вивчення можливості використання штучного інтелекту, як допоміжного інструменту в навчанні та практичній діяльності лікаря-стоматолога.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Згода на публікацію

Автори ознайомлені з результатами і схвалили остаточний варіант рукопису.

Використання штучного інтелекту здійснювалося виключно для мовного редагування.

Первинні дані та матеріали представлені вибіркою літературних джерел переважно за останні роки дослідження.

проведення цього дослідження та підготовку статті.

Інформація про фінансування. Автори не отримували окремого фінансування на

Внесок авторів

Всі автори мають рівноцінний внесок у написання статті.

REFERENCES

1. Algarni, Y.A., Saini, R.S., Vaddamanu, S.K., Quadri, S.A., Gurumurthy, V., Vyas, R., Baba, S.M., Avetisyan, A., Mosaddad, S.A., & Heboyan, A. (2024). The impact of virtual reality simulation on dental education: A systematic review of learning outcomes and student engagement. *Journal of dental education*, 88, 1–14.
2. Amisha, Malik, P., Pathania, M., Rathaur, V.K.. (2019). Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(7), 2328–2331.
3. Arik, S.O., Ibragimov, B., Xing, L. (2017). Fully automated quantitative cephalometry using convolutional neural networks. *Journal of Medical Imaging*, 4(1), 014501.
4. Badawy, M.K., Carrion, D., Mahesh, M. (2025). Medical physicists at the forefront of multidisciplinary AI integration in healthcare. *Phys Med*, 135, 105007.
5. Baniasadi, T., Ayyoubzadeh, S.M., Mohammadzadeh, N. (2020). Challenges and Practical Considerations in Applying Virtual Reality in Medical Education and Treatment. *Oman Medical Journal*, 35(3), e125.
6. Claman, D., Sezgin, E. (2024). Artificial Intelligence in Dental Education: Opportunities and Challenges of Large Language Models and Multimodal Foundation Models. *JMIR Medical Education*, 10, e52346.
7. CranioCatch. (n.d.). AI in Dentistry Education. Доступно на: <https://www.cranio catch.com/en/blogs/ai-dentistry-education> (Активне посилання на період 15.03.2026).
8. Dunkel, L., Fernandez-Luque, L., Loche, S., Savage, M.O. (2021). Digital technologies to improve the precision of paediatric growth disorder diagnosis and management. *Growth Hormone & IGF Research*, 59, 101408.
9. Elgarba, B.M., Fontenele, R.C., Tarce, M., Jacobs, R. (2024). Artificial intelligence serving pre-surgical digital implant planning: A scoping review. *Journal of dentistry*, 143, 104862.
10. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B. et al. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29.
11. Gao, S., Wang, X., Xia, Z., Zhang, H., Yu, J., Yang, F. (2025). Artificial Intelligence in Dentistry: A Narrative Review of Diagnostic and Therapeutic Applications. *Med Sci Monit*, 8(31), e946676.
12. Goumballa, N., de-Oliveira, F., Frandon, J., Coisy, F., Goupil, J., Longueville, F., Daladouire, C., Grandpierre, R.G., Beregi, J.P. (2025). Trends in radiology requests and emergency admissions: a 10-year retrospective study in a university hospital. *J Epidemiol Popul Health*, 73(3), 203108.
13. Gracea, R.S., Winderickx, N., Vanheers, M., Hendrickx, J., Preda, F., Shujaat, S., Cadenas de Llano-Pérula, M., Jacobs R. (2025). Artificial intelligence for orthodontic diagnosis and treatment planning: A scoping review. *Journal of dentistry*, 152, 105442.
14. Hung, M., Voss, M.W., Rosales, R.M. et al. (2019). Application of machine learning for diagnostic prediction in dental care: A systematic review. *PLOS ONE*, 16(5), e0251521.
15. IBM Corporation. (2024). IBM Think. Artificial Intelligence in Medicine. <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence-medicine> (Активне посилання на період 15.03.2026).
16. Iosif, L., Țăncu, A.M., Amza, O.E., Gheorghe, G.F., Dimitriu, B., Imre, M. (2024). Artificial intelligence in prosthetic dentistry: A narrative review Bridging Established Knowledge and Innovation Gaps Across Regions and Emerging Frontiers. *Prosthesis*, 6(6), 1281–1299.
17. Jaskari, J., Sahlsten, J., Järnstedt, J. et al. (2020). Deep Learning Method for Mandibular Canal Segmentation in Dental Cone Beam Computed Tomography Volumes. *Scientific reports*, 10(1), 5842.
18. Joda, T., Waltimo, T., Probst-Hensch, N., Pauli-Magnus, C., Zitzmann, N.U. (2019). Health Data in Dentistry: An Attempt to Master the Digital Challenge. *Public Health Genomics*, 22(1–2), 1–7.
19. Khanagar, S.B., Al-Ehaideb, A., Maganur, P.C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H.A., Sarode, S.C., Bhandi, S. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry – A systematic review. *Journal of dental sciences*, 16(1), 508–522.
20. Kunz, F., Stellzig-Eisenhauer, A., Zeman, F., Boldt, J. (2020). Artificial intelligence in orthodontics : Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network. *Journal of orofacial orthopedics*, 81(1), 52–68.
21. Lampropoulos, G., Kinshuk. (2024). Virtual reality and gamification in education: a systematic review. *Education Tech Research Dev*, 72, 1691–1785.
22. Lee J.H., Kim D.H., Jeong S.N., Choi S.H. (2018). Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Journal of Dentistry*, 77, 106–111.
23. Lee, S.J., Poon, J., Jindarojanakul, A., Huang, C.C., Viera, O., Cheong, C. W., Lee, D. (2025). Artificial intelligence in dentistry: Exploring emerging applications and future prospects. *Journal of Dentistry*, 155, 105648.

24. Mangano, F.G., Admakin, O., Lerner, H., Mangano, C. (2023). Artificial intelligence and augmented reality for guided implant surgery planning: A proof of concept. *Journal of dentistry*, 133, 104485.
25. Mangano, F.G., Veronesi, G., Hauschild, U., et al. (2016). Trueness and precision of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. *PLOS ONE*, 11(9), e0163107.
26. Mansoori, M., Azizi, S.M., Mirhosseini F. et al. (2022). A study to investigate the effectiveness of the application of virtual reality technology in dental education. *BMC Med Educ*, 22, 457.
27. Maspero, C., Abate, A., Cavagnetto, D., El Morsi, M., Fama, A., Farronato, M. (2020). Available Technologies, Applications and Benefits of Teleorthodontics. A Literature Review and Possible Applications during the COVID-19 Pandemic. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1891.
28. Mohammad-Rahimi, H., Motamedian, S.R., Rohban, M.H., Krois, J., Uribe, S.E., Mahmoudinia, E., Rokhsad, R., Nadimi, M., Schwendicke, F. (2022). Deep learning for caries detection: A systematic review. *Journal of dentistry*, 122, 104115.
29. Monill-González, A., Rovira-Calatayud, L., d'Oliveira, N.G., Ustrell-Torrent, J.M. (2021). Artificial intelligence in orthodontics: Where are we now? A scoping review. *Orthodontics & craniofacial research*, 24(2), 6–15.
30. Pauwels, R. (2026). Artificial Intelligence in Dental Diagnostics and Treatment Planning: General Principles, Current State, and Future Perspectives. *Aktuel Nordisk Odontologi*, 51(1), 7–23.
31. Rajan, R.S., Kumar, H.S., Sekhar, A., Nadakkavukaran, D., Feroz, S.M., Gangadharappa, P. (2024). Evaluating the Role of AI in Predicting the Success of Dental Implants Based on Preoperative CBCT Images: A Randomized Controlled Trial. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 16(1), 886–888.
32. Ramesh, A.N., Kambhampati, C., Monson, J.R., Drew, P.J. (2004). Artificial intelligence in medicine. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 86(5), 334–8.
33. Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. (2021). UNESCO. Доступно на: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455> (Активне посилання на період 15.03.2026).
34. Saenko, M. S. (2022). Shtuchnyi intelekt: sutnist, suchasnyi stan rozvytku ta mozhlyvosti yoho zastosuvannya u medytsyni. *Development of natural sciences as a basis of new achievements in medicine*, 270–275.
35. Satapathy, S. K., Kunam, A., Rashme, R., Sudarsanam, P.P., Gupta, A., Kumar, H. S. K. (2024). AI-Assisted Treatment Planning for Dental Implant Placement: Clinical vs AI-Generated Plans. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 16(1), 939–941.
36. Schwendicke, F., Samek, W., Krois J. (2020). Artificial intelligence in dentistry: Chances and challenges. *Journal of Dental Research*, 99(7), 769–774.
37. Siddharthan, I.J., Huang, C., Kumar, P., Rubin, J.E., White, R.S., Mehta, N., Jotwani, R. (2025). Virtual Reality for Pre-Procedural Planning of Interventional Pain Procedures: A Real-World Application Case Series. *J Clin Med*, 14(9), 3019.
38. Simodont Dental Trainer. (n.d.). Доступно на: <https://www.simodontdentaltrainer.com/> (Активне посилання на період 15.03.2026).
39. SIMtoCARE Dente. (n.d.). Simtocare – Dental Simulation Solutions. Доступно на: <https://www.simtocare.com> (Активне посилання на період 15.03.2026).
40. Thurzo, A., Strunga, M., Urban, R., Surovková, J., Afrashtehfar, K.I. (2023). Impact of Artificial Intelligence on Dental Education: A Review and Guide for Curriculum Update. *Education Sciences*, 13(2), 150.
41. Topol, E.J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25, 44–56.
42. Virteasy Dental. (n.d.). HRV Simulation. Доступно на: <https://virteasy.com/virteasy-dental> (Активне посилання на період 15.03.2026).
43. Waller M., Stotler C. (2018). Telemedicine: a Primer. *Current Allergy and Asthma Reports*, 18(10), 54.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Bilynskiy Oleksandr

Doctor of Philosophy in Dentistry, Associate Professor at the Department of Restorative Dentistry

Uzhhorod National University

olexander.bilinskij@uzhnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0081-2346

Укр.

Білінський Олександр Ярославович

доктор філософії, доцент кафедри терапевтичної стоматології ННІСЛІМ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

olexander.bilinskij@uzhnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0081-2346

Slynko Yuliya

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
of the Department of Restorative Dentistry
Uzhgorod National University
yuliia.slynko@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9718-5202

Danko Elvira

Doctor of Philosophy in Dentistry, Associate
Professor at the Department of Restorative
Dentistry
Uzhhorod National University
elvira.danko@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-3997-9311

Izay Milan

Senior Lecturer at the Department of Pediatric
Dentistry
Uzhhorod National University
milan.izay@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-5636-9614

Hanhur Ivan

Senior Lecturer at the Department of Restorative
Dentistry
Uzhhorod National University
ivan.hanhur@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0651-0653

Слинько Юлія Олександрівна

кандидат медичних наук, завідувач кафедри
терапевтичної стоматології ННІСЛМ
*ДВНЗ «Ужгородський національний
університет»*
yuliia.slynko@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9718-5202

Данко Ельвіра Михайлівна

доктор філософії, доцент кафедри терапевтичної
стоматології ННІСЛМ
*ДВНЗ «Ужгородський національний
університет»*
elvira.danko@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-3997-9311

Ізай Мілан Ернестович

старший викладач кафедри дитячої стоматології
ННІСЛМ
*ДВНЗ «Ужгородський національний
університет»*
milan.izay@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-5636-9614

Гангур Іван Юрійович

старший викладач кафедри терапевтичної
стоматології ННІСЛМ
*ДВНЗ «Ужгородський національний
університет»*
ivan.hanhur@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0651-0653

Дата надходження статті: 19.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 03.04.2026

Дата прийняття статті: 10.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

КЛІНІКО-МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ПОВНИХ ЗНІМНИХ ПЛАСТИНКОВИХ ПРОТЕЗІВ НА СЛИЗОВУ ОБОЛОНКУ ПРОТЕЗНОГО ЛОЖА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Локота Є. Ю., Локота Ю. Є., Вовчок Р. В., Кайла М. І.

CLINICOPATHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE EFFECTS OF COMPLETE DENTURES ON THE DENTURE-BEARING MUCOSA (LITERATURE REVIEW)

Evgen Lokota, Yuriy Lokota, Ruslan Vovchok, Marianna Kayla

Анотація

Актуальність. Знімні пластмасові протези розглядаються як комплексні подразники, що чинять на слизову оболонку протезного ложа (СОПЛ) та її рецепторний апарат механічний, хіміко-токсичний, сенсибілізуючий і термоізолюючий вплив. Інтенсивність і характер цього впливу визначаються фізико-хімічними властивостями базисних матеріалів, конструктивними особливостями протеза, точністю його виготовлення та тривалістю експлуатації. **Мета дослідження:** узагальнення та аналіз літературних даних щодо впливу повних знімних пластинкових протезів на слизову оболонку протезного ложа. **Матеріали та методи.** Здійснено аналітичний огляд 20 наукових джерел, у яких висвітлено результати досліджень впливу повних знімних протезів на слизову оболонку протезного ложа. **Результати та їх обговорення.** Аналіз літературних джерел показав, що повні знімні пластинкові протези можуть спричиняти розвиток запальних і дистрофічних змін слизової оболонки протезного ложа. Основними чинниками негативного впливу є механічна травматизація тканин, незадовільна гігієна порожнини рота, наявність залишкового мономеру в базисних матеріалах та тривале користування протезами. Встановлено, що порушення правил догляду за протезами сприяє накопиченню мікрофлори та розвитку запальних реакцій слизової оболонки. **Висновки.** Одним із найбільш важливих чинників етіології та патогенезу запальних процесів є незадовільний стан гігієни порожнини рота. Також до причин непереносимості базисних матеріалів та розвитку запальних реакцій можна віднести залишковий мономер. Такі стани будуть відноситися до хіміко-токсичних запалень та іншим ускладненням з боку СОПЛ.

Ключові слова: протезне ложе, знімні зубні протези, слизова оболонка.

Abstract

Background. Removable acrylic dentures are regarded as complex irritative agents exerting mechanical, chemical-toxic, sensitizing, and thermo-insulating effects on the mucosa of the denture-bearing area and its receptor apparatus. The intensity and nature of these effects are determined by the physicochemical properties of the denture base materials, the prosthesis's structural design, the accuracy of its fabrication, and the duration of clinical use. **Purpose.** To summarize and critically analyze the available literature regarding the effects of complete removable plate dentures on the mucosa of the denture-bearing area. **Materials and Methods.** An analytical review of 20 scientific sources addressing the effects of complete removable dentures on the mucosa of the denture-bearing tissues was conducted. **Results and Discussion.** The analysis of literature sources demonstrated that completely removable plate dentures may contribute to the development of inflammatory and dystrophic changes in the mucosa of the prosthetic bed. The main factors contributing to adverse effects include mechanical trauma to tissues, poor oral hygiene, the presence of residual monomer in denture base materials, and prolonged denture wear. It was established that inadequate denture hygiene promotes the accumulation of microflora and contributes to the development of inflammatory reactions of the mucous membrane. **Conclusions.** Inadequate oral hygiene represents one of the principal etiological and pathogenetic factors contributing to the development of inflammatory processes in the denture-bearing tissues. In addition, residual monomer released from denture base materials is recognized as a potential causative factor in material intolerance and the initiation of inflammatory reactions. Such pathological conditions are generally classified as chemically induced toxic inflammatory lesions and may lead to a spectrum of complications involving the mucosa of the denture-bearing area.

Key words: prosthetic bed, removable dentures, mucous membrane.

1. Вступ

Однією з ключових проблем клініки ортопедичної стоматології є характер взаємодії тканин протезного ложа з матеріалами, що

використовуються для виготовлення повних знімних пластинкових протезів. Під час створення таких конструкцій широко застосовують акрилові базисні стоматологічні матеріали,



використання яких нерідко пов'язують із розвитком алергічного стоматиту [1].

Функціональні порушення рецепторного апарату клінічно проявляються відчуттям печіння, поколювання, сухості та болем у ділянці опорних тканин протезного ложа. У частини пацієнтів патологічні відчуття поширюються на кінчик і спинку язика, губи та щоки, що інколи зумовлює неможливість користування ортопедичними конструкціями.

Алергічні протезні стоматити за механізмом розвитку належать до алергічних реакцій сповільненого типу. Клінічно вони проявляються у вигляді контактного стоматиту з поширенням патологічного процесу на слизову оболонку протезного поля та шкірні покриви. Головним етіологічним чинником є сенсibilізація організму до органічних компонентів (метилметакрилату) і неорганічних складових (барвників, наповнювачів, пластифікаторів), що входять до складу базисних матеріалів для виготовлення повних знімних пластинкових протезів.

Протезні стоматити частіше діагностуються у жінок віком понад 50 років, що пов'язують зі зниженням захисно-бар'єрної функції епітелію, переважно в ділянці твердого піднебіння. Рідше патологічний процес локалізується в зоні альвеолярного відростка верхньої щелепи і вкрай рідко і в поодиноких випадках – в ділянці альвеолярної частини нижньої щелепи. При цьому у одного й того самого пацієнта локалізація, інтенсивність та площа запальних змін можуть варіювати в різні періоди користування протезом [2, 3, 4].

У літературі також зустрічаються твердження щодо зниження актуальності проблеми взаємодії протеза і протезного ложа в сучасних умовах.

Клінічно осередкове запалення слизової оболонки протезного ложа при користуванні знімними протезами проявляється у вигляді поодиноких або множинних ділянок точкової гіперемії, інколи – у формі більших еритематозних плям без чіткої закономірності щодо розміру та локалізації. У процесі прогресування патологічних змін на тлі набряку та розпушення слизової оболонки формуються кровоточиві ерозії, декубітальні виразки, а також гіперпластичні розростання, що супроводжуються больовим синдромом. Поверхневі осередкові запальні зміни частіше локалізуються в ділянці залозистої зони, вуздечок, перехідних складок та альвеолярних гребенів. Декубітальні виразки переважно розташовуються в зоні перехідних складок і по лінії «А», рідше – в ділянці альвеолярних гребенів і твердого піднебіння [5].

Папіломатозні розростання найчастіше виявляються у центральній частині твердого піднебіння. Дифузне запалення характеризується аналогічними клінічними ознаками, однак охоплює всю поверхню протезного ложа, чітко відповідаючи його межах. Слизова оболонка набуває вишнево-червоного забарвлення, стає набряклою та розрихленою. Запальні зміни без порушення цілісності епітеліального покриву зазвичай спостерігаються у пацієнтів протягом перших 1–3 років користування знімними протезами.

Формування ерозій і гіперпластичних процесів частіше відбувається через 3 і більше років експлуатації конструкцій, що пов'язують із виникненням невідповідності між поверхнею базису та рельєфом протезного ложа [6].

До основних причин розвитку осередкового запалення належать недостатня фіксація і балансування протеза, наявність шорсткості та пористості базису, а також його неточна відповідність анатомічному рельєфу протезного ложа. Останнє зумовлене усадкою пластмаси під час полімеризації, яка становить 0,02–0,5%, що сприяє механічному подразненню тканин, виникненню макрозсвів і нерівномірному розподілу жувального тиску на опорні структури.

Етіологія дифузного запалення слизової оболонки протезного ложа переважно має хіміко-токсичний або алергічний характер. Зазначається, що навіть удосконалення технології полімеризації акрилових пластмас та зменшення вмісту залишкового мономеру не завжди забезпечують клінічне покращення у пацієнтів із розлитими хіміко-токсичними ураженнями [7].

Існує також позиція, згідно з якою механічні чинники не відіграють провідної ролі, а запальні зміни можуть виникати навіть за умов високої якості виготовлення протезів, що пояснюється загальним станом організму пацієнта та його реактивністю [5].

Важливим чинником розвитку запальних процесів є незадовільний гігієнічний стан порожнини рота. Контамінація поверхні акрилових протезів мікроорганізмами та продуктами їх метаболізму сприяє зниженню місцевого імунітету та формуванню осередку хронічної токсикоінфекції, що може зумовлювати як локальні, так і загальні патологічні зміни [8].

Суттєву роль у розвитку протезних стоматитів відіграє адсорбція поверхнею акрилових протезів частинок їжі, медикаментозних речовин, мікрофлори та її токсинів, унаслідок чого протези поступово набувають антигенних властивостей і потребують заміни або переробки.

Однією з провідних причин непереносимості базисних матеріалів та розвитку запальних реакцій вважається залишковий мономер – метилметакрилат, який може міститися в пластмасі в концентрації 0,2–5,2% навіть за умов тривалої полімеризації та зберігатися в матеріалі до 12 місяців. Інші компоненти базисних пластмас (гідрохінон – 0,01%, бензоїлпероксид – 0,2–0,5% тощо) зазвичай вважаються малотоксичними через низьку концентрацію, а барвники – біологічно індіферентними внаслідок їх слабкої розчинності. Клінічно такі стани відповідають картині контактного хіміко-токсичного неспецифічного запалення, що проявляється гіперемією, точковими крововиливами, набряком, сухістю, печінням і парестезіями слизової оболонки та язика. У поодиноких випадках можливі системні алергічні реакції у вигляді екземи, глоситу, набряку губ, гострих дерматитів або бронхіальної астми [5, 6, 8, 9].

Окремо зазначається роль негативного тиску під базисом протеза, який може чинити несприятливий вплив на тканини протезного ложа. Виділяють атрофічну та гіпертрофічну форми протезного стоматиту.

Атрофічна форма характеризується розвитком еритеми та атрофії слизової оболонки на значній площі опорних тканин. Морфологічно визначається багатошаровий плоский незроговілий епітелій із витонченим шипуватим шаром, місцями з явищами акантозу. У сполучнотканинній основі виявляється лімфогістіоцитарна інфільтрація, іноді з проникненням макрофагів у товщу епітелію. Гіпертрофічна форма характеризується ознаками продуктивного запалення з вираженою еритемою, локалізованою переважно в центральній частині твердого піднебіння та на вершині альвеолярного гребеня, а також інтенсивним ростом дріжджоподібних грибів [10, 11, 12, 13].

Мікробіологічні дослідження мазків із поверхні знімних протезів з акрилових пластмас, проведені в різні терміни після ортопедичного лікування, засвідчили наявність грибів роду *Candida* у всіх пацієнтів, причому їх кількість зростала пропорційно тривалості користування протезами.

Реакція слизової оболонки протезного ложа на вплив акрилових конструкцій має реактивно-приспосувальний характер у 67,5% випадків і патологічний – у 32,5%.

Під час тривалого користування (2–8 років) спостерігається потовщення епітеліального шару та витончення власної пластинки слизової оболонки.

Цитологічні дослідження методом люмінесцентної мікроскопії відбитків слизової

оболонки після повного знімного протезування виявили підвищення десквамації епітеліальних клітин, збільшення кількості незрілих форм і наявність бактеріальних включень. У ранні терміни після протезування відзначалося збільшення площі клітин, їх периметра та діаметра, що пов'язують із подразнювальною дією протеза, проліферативними процесами та запальною реакцією. У віддалені терміни спостерігалось покращення цитологічної картини, що свідчить про формування адаптаційних механізмів [11, 14, 15, 16].

У пацієнтів із тривалим користуванням протезами з поліметилметакрилату розвиток протезного стоматиту супроводжувався достовірним підвищенням запально-деструктивного стану, особливо при ерозивно-запальних формах. Частота нормальних значень при інтактній слизовій оболонці становила 91,8%, тоді як при травматичному стоматиті – 29%, а при контактно-алергічному – 34% [17, 18, 19, 20].

2. Висновки

Аналізуючи літературні джерела, можна дійти висновку, що багатьма дослідженнями доведено наявність патологічних змін під дією знімних пластмасових протезів. Виявлено їх залежність від якості виготовлення протеза, термінів користування, гігієни порожнини рота, реактивності організму хворого. Будучи комбінованими подразниками, знімні ортопедичні конструкції надають механічний, хіміко-токсичний, сенсibiliзуючий і термоізолюючий вплив, що веде до їх запалення і подальшої атрофії.

Перспективи подальших досліджень. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні механізмів взаємодії акрилових базисних матеріалів із тканинами протезного ложа, зокрема ролі залишкового мономера, мікробної контамінації та індивідуальної реактивності організму у розвитку протезних стоматитів. Доцільним є проведення клініко-лабораторних досліджень щодо вдосконалення технологій полімеризації базисних пластмас, розробки біосумісних матеріалів та оптимізації профілактичних заходів для зниження частоти ускладнень при користуванні повними знімними пластинковими протезами.

Обмеження дослідження. Обмеженням дослідження є те, що робота ґрунтується переважно на аналізі літературних джерел без проведення власного клінічного чи експериментального дослідження. Крім того, результати різних авторів можуть відрізнятися

залежно від методів дослідження, характеристик вибірки пацієнтів, термінів користування протезами та типів застосованих базисних матеріалів.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

Не використовувався.

Первинні дані та матеріали

Первинні дані та матеріали дослідження представлені у використаних літературних джерелах. Додаткові матеріали можуть

бути надані авторами за обґрунтованим запитом.

Інформація про фінансування

Дослідження виконано без фінансової підтримки.

Внесок авторів

Локота Є. Ю. – концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних;

Локота Ю. Є. – концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, відповідальність за статистичний аналіз, написання статті, остаточне затвердження статті,

Вовчок Р. В. – критичний огляд, айла М. І. – збір та аналіз даних, написання статті.

REFERENCES

1. Sylenko, B. Yu., Dvornyk, V. M., & Sylenko, Yu. I. (2021). Conditional tissue condition in patients with prosthetic dentists in the process of orthopedic treatment with prostheses modified by nanomater. *Ukrainian Dental Almanac*, (4), 20–25. [in Ukrainian].
2. Feller, L., Wood, N. H., Khammissa, R. A., & Lemmer, J. (2017). Review: Allergic contact stomatitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 123(5), 559–565. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2017.02.007>
3. Forkel, S., Schubert, S., Corvin, L., Heine, G., Lang, C. C. V., Oppel, E., et al. (2024). Contact allergies to dental materials in patients. *British Journal of Dermatology*, 190(6), 895–903. <https://doi.org/10.1093/bjd/ljad525>
4. Stanev, E., & Dencheva, M. (2024). Thermovisiographic study of epicutaneous testing with dental haptens in different concentrations. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 77(7), 978–985. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.07.04>
5. Rozhko, M. M., Nespriadko, V. P., & Paliichuk, I. V. (2020). Prosthetic dentistry. Vseukrainske spetsializovane vydavnytstvo "Medytyna". [in Ukrainian].
6. Paliichuk, I. V. (2012, September 28). Analysis of oral mucosa complications in patients using removable plate dentures. In *Innovative technologies in dentistry* (pp. 18–19). Ternopil, Ukraine: I. Horbachevsky Ternopil State Medical University. [in Ukrainian].
7. Senchakovich, Yu. V., Yeroshenko, H. A., Kazakova, K. S., & Bilash, S. M. (2014). Effect of methacrylate on salivary gland function. *World of Medicine and Biology*, (1(43)), 181–185. [in Ukrainian].
8. Demkovych, A., Kalashnikov, D., Hasiuk, P., Zubchenko, S., & Vorobets, A. (2023). The influence of microbiota on the development and course of inflammatory diseases of periodontal tissues. *Frontiers in Oral Health*, 4, 1237448. <https://doi.org/10.3389/froh.2023.1237448>
9. Sidielnikova, L. F., & Dudnikova, M. O. (2011). Substantiation of the choice of means and methods of individual oral hygiene in patients with halitosis in different clinical situations. *Dental News*, (4), 33–36. [in Ukrainian].
10. Makeiev, V. F., Skalskyi, V. R., Hunovska, R. P., & Hunovskyi, Ya. R. (2019). Static crack resistance evaluation of polymeric materials for the manufacture of bases for removable dentures. *Actual Dentistry*, (2(96)), 102–106. [in Ukrainian].
11. Odud, M. P. (2018). Cytological features of the buccal epithelium in the use of different types of partial removable plate dentures and patients' quality of life. *Dental News*, 2(95), 40–43. [in Ukrainian].
12. Nidzelskyi, M. Ya., Davydenko, V. Yu., Davydenko, H. M., Kuznetsov, V. V., & Sokolovska, V. M. (2014). Comparative characteristics of residual monomer level in acrylic removable denture bases manufactured by different polymerization technologies. *Bulletin of Problems in Biology and Medicine*, 2(108), 45–48. [in Ukrainian].
13. Prots, H. B. (2020). Comprehensive methods of surgical preparation of patients for orthopedic rehabilitation depending on the condition of prosthetic bed tissues [Abstract of dissertation]. Ivano-Frankivsk National Medical University. [in Ukrainian].
14. Rozhko, S. M., Kutsyk, R. V., & Paliichuk, I. V. (2021). Formation of biofilms by representatives of the oral microflora on the surfaces of basic materials. *Zaporozhye Medical Journal*, 23(4(127)), 547–554. [in Ukrainian].
15. Paliichuk, I. V. (2015). Analysis of the use of different types of orthopedic constructions and their impact on the oral mucosa. *Dental News*, 2(83), 13–16. [in Ukrainian].

16. Paliichuk, I. V. (2015). The role of oral microbiocenosis and local immunity factors in the pathogenesis of denture stomatitis. *Actual Dentistry*, (3), 90–93. [in Ukrainian].
17. Yanishen, I. V., Zapara, P. S., Fedotova, O. L., Khlistun, N. L., & Saliya, L. G. (2022). Study of hemodynamics of the mucous membrane of the prosthetic area at the stages of treatment of patients with removable dentures according to the improved technique. *Pol Merkur Lekarski*, 50(295), 13–15.
18. Paliichuk, I. V. (2012). Dynamics of local immunity and oral microbiocenosis in long-term treatment with removable plate dentures in patients prone and not prone to denture stomatitis. *Galician Medical Journal*, 19(1), 51–55. [in Ukrainian].
19. Pinchukova, A. A., & Rudenko, O. V. (2014). Changes in oral microflora associated with wearing complete removable plate dentures. *Young Scientist*, (3), 146–149. [in Ukrainian].
20. Chulak, L. D., & Zverkhanovskyi, O. A. (2014). Clinical substantiation for a new method for prevention and treatment of prosthetic stomatitis with edentulous jaws. *Odesa Medical Journal*, (4), 74–77. [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Lokota Evgen

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Orthopedic Dentistry
Educational and Scientific Institute of Dentistry and Laboratory Medicine, Uzhhorod National University
ievgenii.lokota@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2353-2179

Lokota Yuriy

Doctor of Philosophy in the field of health care, specialty "Dentistry", Associate Professor at the Department of Orthopedic Dentistry
Educational and Scientific Institute of Dentistry and Laboratory Medicine, Uzhhorod National University
urij.lokota@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-4959-8141

Vovchok Ruslan

Dental Clinic Doctor V.L.Dent
vovcokruslan@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4391-3910

Kayla Marianna

Head of the Department of SRSVR, NNCPAKVK
Uzhhorod National University
maryana.kayla@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0009-0002-0956-944X

Укр.

Локота Євген Юрійович

кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри ортопедичної стоматології
Навчально-науковий інститут стоматології та лабораторної медицини, ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
ievgenii.lokota@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2353-2179

Локота Юрій Євгенович

доктор філософії в галузі охорона здоров'я за спеціальністю «Стоматологія», доцент кафедри ортопедичної стоматології
Навчально-науковий інститут стоматології та лабораторної медицини, ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
urij.lokota@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-4959-8141

Вовчок Руслан Васильович

лікар стоматологічної клініки V.L.Dent
vovcokruslan@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4391-3910

Кайла Маріанна Іванівна

завідувачка відділу СРСВР, ННЦПАКВК
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
maryana.kayla@uzhnu.edu.ua
ORCID: 0009-0002-0956-944X

Дата надходження статті: 06.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 23.03.2026

Дата прийняття статті: 30.03.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-8>
 УДК 614.23:616.314:331.101.3

ОЦІНКА СИСТЕМИ МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ ЛІКАРІВ-СТОМАТОЛОГІВ ТА ШЛЯХИ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

Різник Ю. Б., Чухрай І. Л., Громовик Б. П., Різник С. С.

EVALUATION OF THE WORK MOTIVATION SYSTEM OF DENTISTS AND APPROACHES FOR ITS IMPROVEMENT

Yuriy Riznyk, Iryna Chukhray, Bohdan Hromovyk, Svitlana Riznyk

Анотація

Актуальність. Ефективне управління персоналом є одним із ключових чинників сталого розвитку закладів охорони здоров'я в умовах трансформації системи медичної допомоги, зростання конкуренції на ринку медичних послуг та підвищення вимог з боку пацієнтів. Мотивація персоналу розглядається як фундаментальний елемент, що забезпечує відповідність роботи команди цінностям закладу та пацієнтоорієнтованому підходу. Питання трудової мотивації медиків є об'єктом уваги світової наукової спільноти. Міжнародний досвід свідчить, що мотиваційний профіль стоматолога еволюціонує: якщо на етапі вибору професії часто домінують фінансова безпека та престиж, то в процесі практичної діяльності на перший план виходять концепція «стоматології як способу життя», гнучкість графіка та автономія. Вітчизняні дослідники також наголошують на необхідності модернізації управлінських підходів через впровадження економічної незалежності медичних центрів та покращення технічного оснащення. Проте, попри значну кількість теоретичних напрацювань, механізми адаптації цих моделей до умов сучасних українських медичних закладів різних форм власності потребують глибшого емпіричного аналізу. **Метою роботи** є оцінка рівня задоволеності лікарів-стоматологів чинною системою мотивації праці та обґрунтування напрямів її вдосконалення на основі результатів анкетного опитування. **Матеріали і методи.** Дослідження проведено із застосуванням соціологічних та аналітичних методів. Основним методом збору первинної інформації було анкетне опитування, яке дозволило отримати узагальнену оцінку мотиваційних чинників та ставлення респондентів до чинної мотиваційної політики роботодавців. Матеріалом дослідження були результати анкетного опитування 33 практикуючих стоматологів. **Результати та їх обговорення.** Результати продемонстрували, що хоча рівень заробітної плати залишається пріоритетним стимулом для 87,9% респондентів, лише 6,1% опитаних повністю задоволені поточною оплатою праці. Виявлено критичний дефіцит системного матеріального заохочення: понад 70% лікарів взагалі не отримують премій чи бонусів. Водночас зафіксовано високу значущість нематеріальних факторів, таких як можливості професійного розвитку (63,8%) та мікроклімат у колективі (57,6%). Проблемою є низька прозорість мотиваційної політики: лише 15,2% учасників вважають чинну систему справедливою та відкритою. Загалом, майже половина респондентів (48,4%) оцінили наявну систему стимулювання негативно. На основі отриманих даних розроблено пірамідальну модель мотивації, яка інтегрує матеріальний фундамент з нематеріальними, організаційними, професійними, психологічними та інформаційними компонентами. **Висновки.** Проведене анкетне дослідження підтвердило наявність суттєвого дисбалансу між очікуваннями лікарів-стоматологів та детермінованими управлінськими практиками. Запропонована пірамідальна модель мотивації, яка поєднує всі види стимулів та інформаційну прозорість, спрямована на підвищення ефективності праці, зниження плинності кадрів, формування лояльності персоналу та покращення якості стоматологічних послуг завдяки високій вмотивованості медичного персоналу.

Ключові слова: мотивація праці, лікар-стоматолог, анкетне опитування, інформаційна прозорість, професійне вигорання, управління персоналом.

Abstract

Background. Effective personnel management is one of the key factors for the sustainable development of healthcare facilities in the context of the transformation of the healthcare system, increasing competition in the healthcare services market, and growing patient expectations. Staff motivation is considered a fundamental element that ensures the alignment of the team activities with the institution's values and the patient-centered approach. The issue of work motivation among medical professionals has attracted considerable attention from the global scientific community. International studies indicate that the motivational profile of a dentist evolves: while financial security and prestige often dominate at the stage of career choice, the concept of "dentistry as a lifestyle," schedule flexibility, and autonomy come to the forefront during professional practice. Researchers in Ukraine also emphasize the need to modernize management approaches through the introduction of economic independence of healthcare facilities and the improvement of technical infrastructure. However, despite a significant number of theoretical developments, the mechanisms for adapting these models to the conditions of modern Ukrainian healthcare facilities with different ownership structures require deeper empirical analysis. **Purpose** of the study is to assess



dentists' level of satisfaction with the current work motivation system and to substantiate the directions for its improvement based on the results of a questionnaire. **Materials and Methods.** The study was conducted using sociological and analytical methods. The main method of collecting the primary information was a questionnaire survey, which allowed obtaining a generalized assessment of motivational factors and respondents' attitude to the current motivational policy of employers. The study material was the results of a questionnaire survey of 33 practicing dentists. **Results.** The study surveyed 33 practicing dentists. The results showed that although the salary remains the primary incentive for 87.9% of respondents, only 6.1% of respondents are completely satisfied with their current remuneration. The study revealed a critical lack of systematic financial incentives: more than 70% of doctors receive no bonuses or incentives. At the same time, non-material factors were also highly significant, such as opportunities for professional development (63.8%) and team climate (57.6%). Low transparency of the motivational policy was identified as a problem: only 15.2% of participants considered the current system to be fair and transparent. In general, almost half of respondents (48.4%) assessed the existing incentive system negatively. Based on these findings, the authors developed a pyramid model of motivation that integrates a material foundation with intangible, organizational, professional, psychological, and informational components. **Conclusions.** The questionnaire study confirmed the presence of a significant imbalance between the expectations of dentists and the current management practices. The proposed pyramid model of motivation, which combines all types of incentives and information transparency, is aimed at increasing work efficiency, reducing staff turnover, fostering employee loyalty, and improving the quality of dental services through the high motivation of medical staff.

Key words: work motivation, dentists, questionnaire survey, information transparency, professional burnout, personnel management.

1. Вступ

Ефективне управління персоналом є одним із ключових чинників сталого розвитку закладів охорони здоров'я в умовах трансформації системи медичної допомоги, зростання конкуренції на ринку медичних послуг та підвищення вимог пацієнтів. Лікарі-стоматологи належать до професіоналів, діяльність яких пов'язана зі значним психоемоційним навантаженням, високим рівнем відповідальності та перманентною потребою у підвищенні кваліфікації. За таких умов питання формування ефективної системи мотивації праці набуває особливої актуальності. Недостатня увага до мотиваційних аспектів може призводити до зниження якості медичної допомоги та втрати кадрового потенціалу. Численні міжнародні й вітчизняні дослідження засвідчують, що стоматологи входять до групи медичних працівників із підвищеним ризиком розвитку професійного вигорання та порушень психічного здоров'я в умовах щоденної практики. Пандемія COVID-19 суттєво посилила цю негативну тенденцію [10].

Сучасна парадигма управління людськими ресурсами в галузі охорони здоров'я розглядає мотивацію не просто як сукупність внутрішніх спонукань, а як складну багаторівневу систему, що визначає як ефективність клінічної практики та якість надання медичних послуг, так і рівень професійного вигорання фахівців.

В основі будь-якої професійної діяльності лежить психологічна класифікація потреб, яку Михайло Туган-Барановський описував як єдність матеріальних та духовних потреб: від прагнення до економічного добробуту до моральних і культурних чинників, що забезпечують самореалізацію та суспільну значущість праці [6].

У стоматології, яка традиційно вважається однією з найбільш престижних та високооплачуваних медичних спеціальностей, мотиваційний профіль персоналу демонструє унікальне поєднання альтруїстичних прагнень та прагматичних орієнтацій на статус і фінансову стабільність [2]. Успішне функціонування стоматологічної клініки безпосередньо залежить від здатності керівництва не лише залучати, а й утримувати вмотивованих фахівців. Мотивація розглядається як фундаментальний елемент, що забезпечує відповідність роботи команди цінностям закладу та пацієнтоорієнтованому підходу [8].

Формування майбутнього стоматологічної галузі починається на етапі вибору професії абітурієнтами. Дослідження, проведені в різних країнах продемонстрували як універсальні, так і специфічні, зокрема пов'язані з культурою, чинники мотивації.

Наукові розвідки, проведені в Ірландії показали, що основними мотиваційними факторами, що вплинули на рішення обрати стоматологічну кар'єру, були альтруїзм, фінансова безпека та незалежність [5].

Водночас інше дослідження, яке було проведене у трьох університетах Малайзії продемонструвало, що основною причиною вибору спеціальності стали професійні міркування: інтерес до здоров'я порожнини рота та прагнення працювати в секторі охорони здоров'я. Це контрастувало з попередніми даними щодо студентів-випускників у цій же країні, де пріоритет зміщувався або до академічних, або до суто економічних чинників (фінансова вигода та легкість працевлаштування). Подібна тенденція, де ключовим стимулом кар'єрного вибору виступають саме економічні стимули, була зафіксована і під час вивчення мотиваційного профілю майбутніх стоматологів у Ємені [1].

Така трансформація пріоритетів від матеріальних очікувань на етапі навчання до пошуку професійно-особистісного паритету в реальній практиці простежується і в діяльності вже досвідчених фахівців. Результати опитування, проведеного у Великій Британії, яке мало на меті визначити фактори, що сприяють мотивації стоматологів, показали, що традиційні матеріальні стимули поступово втрачають свою головну роль у забезпеченні довгострокової лояльності персоналу. Натомість на перший план висувається концепція «стоматології як способу життя», де бажане місце розташування, гнучкість робочого графіка та мінімізація адміністративного виснаження стають визначальними факторами запобігання невдоволеності роботою. Важливим детермінантом виступає автономія, а також психологічний клімат у колективі та відчуття приналежності до професійної спільноти, що підтримує прагнення до безперервного навчання. Одночасно з цим, такі чинники як страх перед судовими позовами, надмірна бюрократизація процесів, несправедлива винагорода за роботу, недостатній час для роботи з пацієнтами, відсутність доступу до якісного обладнання/відсутність інвестицій у нього діють як потужні демотиватори, що вступають у пряме протиріччя з внутрішньою потребою лікаря у професійній самореалізації та спокої [7]. Засвідчено, що стоматологи первинної медичної допомоги NHS/Health Service в Англії, Північній Ірландії, Шотландії та Уельсі мають високий ризик вигорання, тривоги та депресії через стресові вимоги роботи [4].

У дослідженні, проведеному українськими вченими, присвяченому аналізу організації роботи Стоматологічного медичного центру НМУ імені А. А. Богомольця, особливу увагу приділено вивченню думки практикуючих стоматологів щодо чинників, які впливають на ефективність діяльності закладу та професійну мотивацію персоналу. Встановлено, що стоматологи вважають ключовими напрямками покращення організації роботи центру підвищення якості післядипломної підготовки, оснащення сучасним лікувальним та діагностичним обладнанням, забезпечення організаційної, академічної й фінансової автономії центру, впровадження сучасних стоматологічних технологій, посилення економічної та правової незалежності, розвиток механізмів державно-приватного партнерства, упровадження економічної мотивації персоналу, створення системи моніторингу якості медичної допомоги та реалізацію програмних ініціатив кафедр для підвищення

ефективності послуг. Отримані дані свідчать про невідповідність чинної моделі організації та управління сучасним економічним умовам і необхідність її комплексної модернізації як важливої передумови підвищення професійної мотивації стоматологів [3].

Показово, що в Україні найбільш затребуваними професійними якостями стоматологів для роботодавців є прагнення до постійного професійного розвитку та самовдосконалення, здатність розпізнавати професійні помилки, вміння працювати в команді, впевненість і амбітність [9].

Таким чином, сучасна мотиваційна модель у стоматології є багатовекторною системою, де стабільний дохід є лише базовою гігієнічною умовою, тоді як справжня залученість фахівця формується через гармонійне поєднання кар'єрного росту з особистісним розвитком.

Проте, попри значну кількість теоретичних напрацювань, механізми адаптації цих моделей до умов сучасних українських закладів різної форми власності потребують глибшого емпіричного вивчення.

Метою роботи є оцінка рівня задоволеності лікарів-стоматологів чинною системою мотивації праці та обґрунтування напрямів її вдосконалення на основі результатів анкетного опитування.

2. Матеріали та методи дослідження

Дослідження рівня задоволеності лікарів-стоматологів системою мотивації праці проведено із застосуванням соціологічних та аналітичних методів. Основним методом збору первинної інформації було анкетне опитування, яке дозволило отримати узагальнену оцінку мотиваційних чинників та ставлення респондентів до чинної мотиваційної політики роботодавців.

Опитування здійснювалося за допомогою структурованої анкети, що складалася з двох блоків. Перший блок містив запитання паспортного характеру та був спрямований на збір соціально-демографічних даних респондентів, зокрема спеціалізації, стажу професійної діяльності та типу закладу охорони здоров'я, у якому вони працюють. Другий блок анкети охоплював питання, спрямовані на визначення рівня задоволеності умовами оплати праці, системою матеріального та нематеріального стимулювання, а також оцінку поінформованості працівників щодо мотиваційної політики закладу, в якому вони здійснюють професійну діяльність. Дослідження проводилося на засадах анонімності та добровільності участі. Період проведення

дослідження – з 21.08.2025 р. до 21.10.2025 р.

Надійність вибірки верифіковано розрахунком мінімально необхідної кількості респондентів за формулою [11]: $n_{\min} = 0,5 \times 3\alpha + 5$, де $n_{\min}$ – мінімально необхідна кількість респондентів, α – допустимий рівень похибки. Валідація вибірки ($n = 33$) за умови допустимого рівня похибки ($\alpha = 0,05$; 5%) свідчить про її репрезентативність для даного дослідження.

3. Результати

За результатами анкетного опитування встановлено, що переважну частку респондентів становлять лікарі-стоматологи терапевтичного профілю, які складають понад три чверті всієї вибірки (рис. 1). Окремі учасники поєднують декілька спеціалізацій, що свідчить про багатofункціональність професійної діяльності стоматологів та потребу у гнучких підходах до мотивації праці.

Аналіз розподілу респондентів за стажем роботи за спеціальністю показав, що

більшість опитаних (66,7%) мають понад 10 років професійного досвіду (рис. 2). Це дозволяє вважати отримані оцінки достатньо обґрунтованими, оскільки вони базуються на тривалому практичному досвіді роботи в галузі стоматології.

Більшість опитаних стоматологів (69,7%) працюють у державних/комунальних закладах. Частка фахівців у приватному секторі становить 42,4%, а тих, хто веде індивідуальну практику – 12,1%. Варто врахувати, що частина респондентів поєднує роботу в закладах різних форм власності.

Дослідження чинників, що мотивують лікарів-стоматологів, показало, що основним вектором залишається рівень заробітної плати (рис. 3). На його значущість вказали 87,9% опитаних. Водночас важливу роль відіграють можливості професійного розвитку (63,6%) та сприятливий мікроклімат у колективі (57,6%). Менш значущими виявилися такі чинники, як премії, гнучкий графік роботи та визнання з боку керівництва. Слід зауважити, що

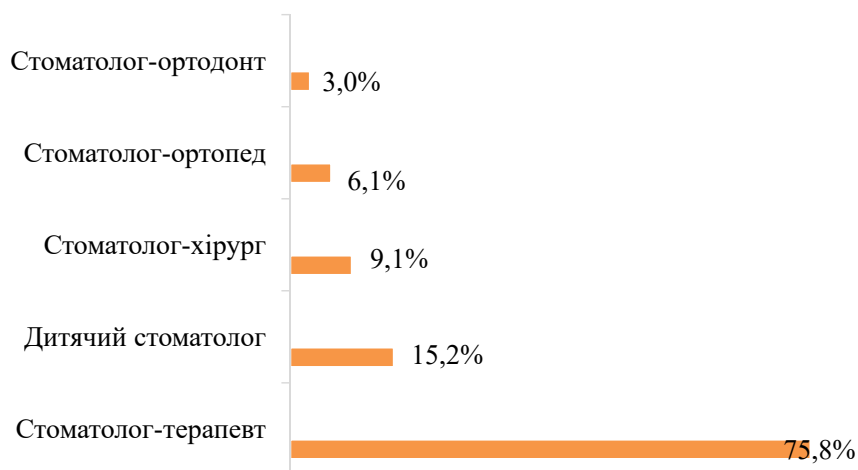


Рис. 1. Структура опитаних стоматологів за спеціальністю

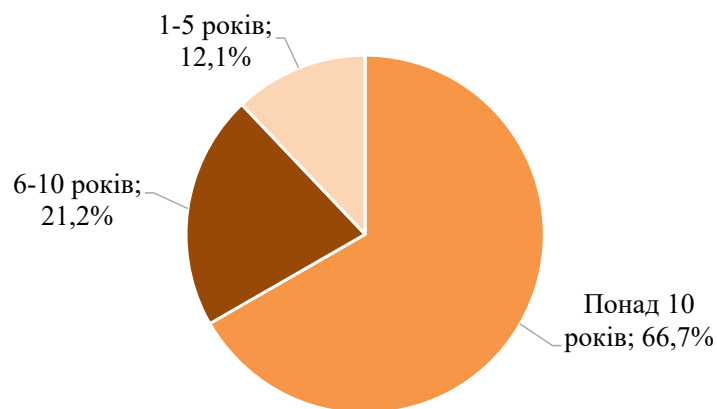


Рис. 2. Розподіл респондентів за стажем роботи за спеціальністю

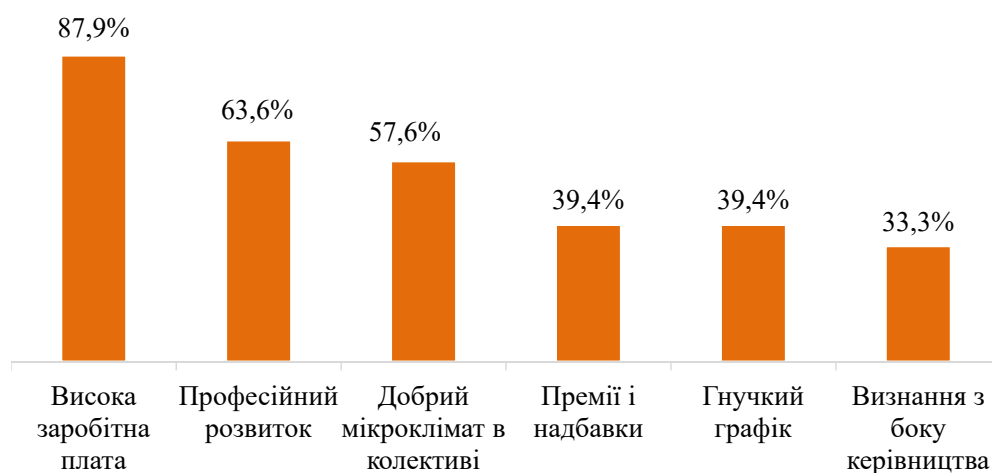


Рис. 3. Структура мотиваційних чинників професійної діяльності респондентів

на це запитання респонденти могли обрати декілька варіантів відповідей.

Рівень задоволеності оплатою праці оцінювався за п'ятибальною шкалою. Найбільша частка респондентів (30,3%) оцінила рівень заробітної плати на середньому рівні (3 бали), що вказує на помірну задоволеність (рис. 4). Водночас 21,2% опитаних висловили повну незадоволеність рівнем оплати праці, тоді як лише 6,1% респондентів оцінили її як повністю задовільну.

Аналіз додаткового матеріального стимулювання засвідчив латентний характер системи преміювання: жоден із респондентів не отримує бонусів на регулярній основі. Переважна більшість учасників опитування (понад 70%) засвідчила відсутність додаткового матеріального стимулювання, а для решти опитаних такі виплати мають епізодичний характер.

Оцінювання рівня задоволеності такими нематеріальними складниками мотивації, як грамоти, подяки, безоплатна участь у заходах безперервного професійного розвитку, показало переважно середній рівень задоволеності

респондентів (рис. 5). Це свідчить про формальний характер застосування нематеріальних стимулів у діяльності стоматологічних закладів.

Важливою умовою ефективності мотиваційної системи є її транспарентність та зрозумілість для персоналу. За результатами опитування лише 15,2% респондентів вважають систему мотивації у закладі охорони здоров'я, де вони працюють, справедливою та відкритою, тоді як близько половини опитаних (45,5%) оцінюють її як частково зрозумілу або непрозору, а решта – негативно оцінюють її відкритість.

Результати оцінювання загального рівня задоволеності мотиваційною політикою роботодавця показали, що найбільша частка стоматологів (33,3%) перебуває у стані часткової задоволеності, тоді як лише 18,3% зазначили високий або повний рівень задоволеності. Водночас 48,4% респондентів оцінили чинну систему мотивації негативно (1–2 бали), що вказує на потребу її перегляду та вдосконалення.

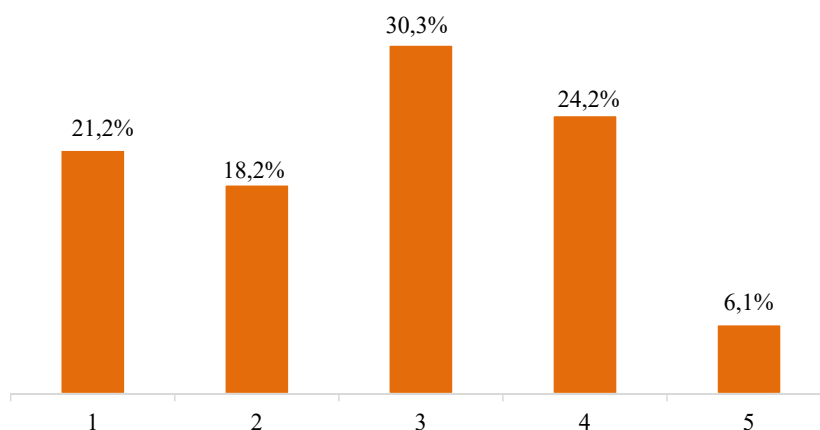


Рис. 4. Результати оцінювання рівня задоволеності заробітною платою

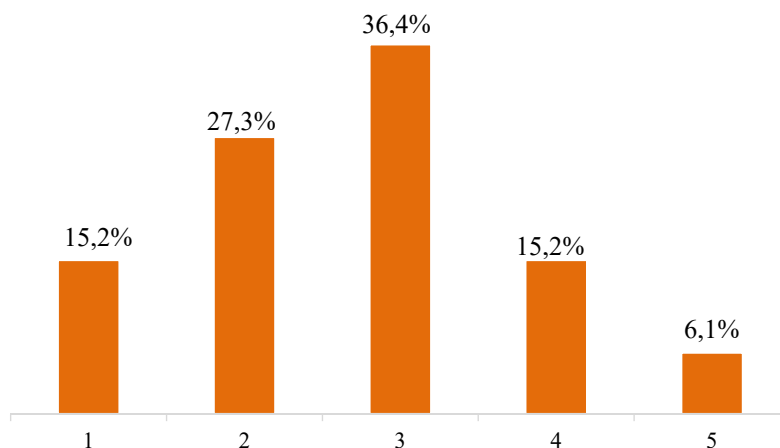


Рис. 5. Результати оцінювання рівня задоволеності нематеріальною складовою мотивування

На основі результатів анкетного опитування запропоновано пірамідальну модель мотиваційної системи лікарів-стоматологів, у якій базовим елементом виступає матеріальна мотивація, доповнена нематеріальними, організаційними, професійно-освітніми, соціально-психологічними та інформаційними компонентами (рис. 6).

Матеріальна мотивація базується на забезпеченні конкурентного рівня заробітної плати та впровадженні прозорої системи преміювання. Особлива увага приділяється механізму відсоткових заохочень, що корелюються з обсягом наданих медичних послуг. Нематеріальна мотивація фокусується на використанні таких інструментів, як публічне визнання досягнень, корпоративні нагороди та дозволяє фахівцю відчувати свою значущість. Організаційна мотивація включає впровадження гнучких графіків, раціональний розподіл навантаження та модернізацію робочих місць (сучасне оснащення

кабінетів). Професійна мотивація є інвестицією в інтелектуальний капітал установи. Вона передбачає системне навчання, підтримку участі у конференціях та організацію стажувань у партнерських клініках. Психологічна мотивація зосереджена на створенні здорової атмосфери всередині колективу. Вона включає розвиток навичок командної взаємодії, проведення тимбілдингів та вибудовування горизонтальних зв'язків. Особлива роль відводиться профілактиці мобінгу та налагодженню відкритого діалогу з керівництвом. Інформаційна мотивація передбачає чіткі правила нарахування премій; зворотний зв'язок між адміністрацією і працівниками та, що найважливіше, щорічні опитування персоналу щодо їхньої задоволеності.

Формування довіри до управлінських рішень та зниження відчуття несправедливості забезпечується інформаційною прозорістю, тобто відкритістю критерії оцінювання, зрозумілістю правил і справедливістю.



Рис. 6. Пірамідальна модель мотивації

Обговорення. Результати проведеного анкетного опитування свідчать про невідповідність між когнітивними очікуваннями практикуючих стоматологів та фактичними підходами до менеджменту в стоматологічних клініках. Хоча для переважної більшості респондентів (87,9%) пріоритетним залишається рівень заробітної плати, на відміну від тенденцій, зафіксованих у Великій Британії, де матеріальні стимули поступово поступаються місцем концепції «стоматології як способу життя», реальний рівень задоволеності оплатою праці є вкрай низьким – лише 6,1%. Цей чинник у поєднанні з відсутністю регулярного преміювання у понад 70% опитаних створює підґрунтя для професійного вигорання та зниження лояльності до роботодавця. Проте висока значущість нематеріальних чинників, таких як професійний розвиток (63,8%) та мікроклімат у колективі (57,6%), підтверджує, що сучасний стоматолог прагне до гармонійного поєднання економічної вигоди та професійної самореалізації.

Особливої уваги заслуговує проблема низької інформаційної прозорості: лише 15,2% учасників вважають чинну систему мотивації справедливою. Це підтверджує тезу про те, що навіть за наявності певних стимулів, відсутність зрозумілих критеріїв їх розподілу девальвує їхню мотивувальну функцію. Запропонована пірамідальна модель мотивації покликана нівелювати цей дисбаланс шляхом системної інтеграції матеріального фундаменту з багаторівневою структурою нематеріальних стимулів, де особлива роль відводиться інформаційній прозорості та психологічній підтримці персоналу як критичним чинникам формування лояльності.

Таким чином, трансформація системи управління в стоматологічних закладах повинна відбуватися шляхом переходу від формального матеріального стимулювання до комплексної моделі, де прозорість та підтримка професійного зростання лікарів-стоматологів є невід’ємними компонентами стратегії розвитку закладу охорони здоров’я.

4. Висновки

Анкетне дослідження показало наявність суттєвого дисбалансу між очікуванням лікарів-стоматологів та детермінованими управлінськими практиками. Розроблено пірамідальну модель мотиваційної системи, яка інтегрує матеріальний, нематеріальний, організаційний, професійний, психологічний та інформаційний компоненти. Їхня взаємодія, регульована інформаційною прозорістю, мінімізує відчуття несправедливості та сприяє

формуванню довіри й лояльності персоналу. Модель спрямована на підвищення ефективності праці, зниження плинності кадрів та покращення якості надання стоматологічних послуг завдяки високій вмотивованості медичного персоналу.

Перспективи подальших досліджень. Перспективи подальших досліджень пов’язані з поглибленим аналізом ефективності впровадження систем мотивації персоналу, зокрема запропонованої пірамідальної моделі, у стоматологічних клініках різних форм власності. Важливим напрямом є оцінювання їхнього впливу на показники якості медичної допомоги й економічні результати діяльності закладів охорони здоров’я.

Обмеження дослідження. Обмеженням даної роботи є відносно невелика чисельність вибіркової сукупності (33 особи). Хоча такий обсяг вибірки уможливорює формулювання репрезентативних загальних висновків щодо ключових тенденцій мотивації, він утруднює проведення глибшого аналізу окремих сегментів (зокрема, порівняння результатів залежно від форми власності закладу охорони здоров’я чи вузької спеціалізації лікарів). Окрім того, звужується можливість екстраполяції отриманих даних на всю генеральну сукупність професіоналів в межах країни. Означені рамки не нівелюють цінність отриманих результатів, проте обумовлюють доцільність розширення вибірки у подальших дослідженнях для верифікації запропонованої моделі.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Первинні дані та матеріали

Дані будуть надані за обґрунтованим запитом.

Інформація про фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Внесок авторів

Різнюк Юрій Богданович – аналіз літератури, підготовка анкети та проведення

анкетування, опрацювання даних, написання статті;

Чухрай Ірина Любомирівна – ідея та дизайн дослідження, валідація анкети, написання та редагування тексту статті;

Громовик Богдан Петрович – концептуалізація та методологія дослідження, перегляд та редагування рукопису статті;

Різник Світлана Степанівна – підготовка анкети та проведення анкетування.

REFERENCES

1. Abdul Hamid, N. F., Jaafar, A & Lim, T. W. (2025). Factors Influencing the Selection of Dentistry as a Career Among Prospective Candidates: A Multicentre Cross-Sectional Study. *Eur J Dent Educ.*, 29(1), 19–28. doi: 10.1111/eje.13044.
2. Ahmed, M. S., Hassan, F., & Sabih, M. (2021). Strength of Motivation among Public and Private Dental Students for the Field of Education: A Comparative and Correlational Study. *J Coll Physicians Surg Pak*, 34(04), 461–465. doi: 10.29271/jcsp.2021.04.461.
3. Chopchik, V. D. (2019). Problemy ta shliakhy vdoskonalennia orhanizatsii roboty universytetskoho stomatolohichnoho tsentru za rezultatamy sotsiolohichnoho opytuvannia stomatolohiv [Problems and ways to improve the organization of the work of the university dental center based on the results of a sociological survey of dentists]. *Medychni perspektyvy*, 24(3), 122–129. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2019.3.1818> [in Ukrainian].
4. Dentists' Working Patterns, Motivation and Morale – 2018/19 and 2019/20. NHS Digital. 2020. URL: <https://digital.nhs.uk/data-and-information/publications/statistical/dental-working-hours>.
5. Hannigan, A., Hallssey, J. & Harrington, M. (2024). Motivational factors for choosing dentistry as a career: A survey of undergraduate dental students in Ireland. *Journal of the Irish Dental Association*. <https://doi.org/10.58541/001c.94409>.
6. Hirniak, O. M. (2016). Motyvatsiia pratsi u spadshchyni M. Tuhana-Baranovskoho, yii suchasnyi rozvytok i praktychne zastosuvannia [Motivation of work in the heritage of m. Tuhana-Baranovskyi, its modern development and practical application]. *Naukovi zapysky [Ukrainskoi akademii drukarstva]*, 2(53), 198–204. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_2016_2_25 [in Ukrainian].
7. Holloway, J. A., & Chestnutt, I. G. (2024). It's not just about the money: recruitment and retention of clinical staff in general dental practice – part 1: dentists. *Primary Dental Journal*, 13(1), 38–54. DOI: 10.1177/2050168424123221.
8. Kuniqi, D. E., Prifti, D. M., & Kurti, F. (2024). Dental Practice Management and Strategies for Success. *South Eastern European Journal of Public Health*, XXV, 1084–1087. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.2320>.
9. Mazur, I., Hasiuk, N., & Skrypnyk, I. (2024). Stomatolohichna osvita v Ukraini ochyma robotodavtsiv kriz pryzmu yikhnoho osobystoho dosvidu: sohodennia ta perspektyvy [Dental education in Ukraine via the eyes of employers through the prism of their personal experience: present and prospects]. *Oral and General Health*, 5(3), 135–149. <https://doi.org/10.22141/ogh.5.3.2024.202> [in Ukrainian].
10. Mental health and well-being for oral health professionals and dental students. World Dental Federation. (2024). *International Dental Journal*, 74(1), 159–160. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2023.10.005>.
11. Pankevych, O. B. & Hromovyk, B. P. (2025). Otsiniuvannia vplyvu chynnykiv zovnishnoho i vnutrishnoho seredovyshcha na farmatsevychnu bezpeku derzhavy [Assessment of the influence of external and internal environmental factors on the pharmaceutical safety of the state]. *Farmatsevychnyi chasopys*, 1, 57–64. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2025.1.15106> [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Riznyk Yuriy

PhD

State Nonprofit Company Danylo Halytsky Lviv

National Medical University

prodental24@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9611-1175

Chukhray Iryna

PhD, associate professor

State Nonprofit Company Danylo Halytsky Lviv

National Medical University

iryna_chukhray@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4122-2182

Укр.

Різник Юрій Богданович

кандидат медичних наук

ДНТ «Львівський національний медичний

університет імені Данила Галицького»

prodental24@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9611-1175

Чухрай Ірина Любомирівна

кандидат фармацевтичних наук, доцент

ДНТ «Львівський національний медичний

університет імені Данила Галицького»

iryna_chukhray@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4122-2182

Hromovyk Bohdan

DSc Professor

State Nonprofit Company Danylo Halytsky Lviv

National Medical University

hromovyk@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6459-6021

Riznyk Svitlana

PhD, associate professor

Private higher education institution

"Lviv medical university"

rizsvit@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3557-1984

Громовик Богдан Петрович

доктор фармацевтичних наук, професор

ДНТ «Львівський національний медичний

університет імені Данила Галицького»

hromovyk@gmail.com

ORCID: 0000-0002-6459-6021

Різник Світлана Степанівна

кандидат медичних наук, доцент

ВПНЗ «Львівський медичний університет»

rizsvit@gmail.com

ORCID: 0000-0002-3557-1984

Дата надходження статті: 12.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 30.03.2026

Дата прийняття статті: 07.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-9>

УДК 616.314-089.843:611.716.4

КЛІНІКО-АНАТОМІЧНЕ ОБҐРУНТОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОРОТКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕНТАЛЬНИХ ІМПЛАНТАТІВ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ КІСТКОВОЇ ТКАНИНИ

Савчук О. В., Якименко Р. О., Обідняк В. З., Лобур М. О., Луценко А. О.

CLINICALLY AND ANATOMICALLY SUBSTANTIATED USE OF SHORT CYLINDRICAL DENTAL IMPLANTS IN CONDITIONS OF BONE DEFICIENCY

Oleg Savchuk, Ruslan Iakymenko, Vasyl Obidniak, Mykyta Lobur, Artem Lutsenko

Анотація

Мета. Оцінити ефективність використання коротких циліндричних імплантатів у пацієнтів із дефіцитом кісткової тканини та обґрунтувати вибір хірургічної тактики з урахуванням анатомічної та морфометричної мінливості. **Матеріали та методи.** Проведено аналіз клінічного випадку встановлення короткого циліндричного імплантата в умовах вираженої атрофії після травматичної екстракції. Використано дані КТ, методіку розщеплення альвеолярного паростку та морфометричні параметри щелепно-лицевої ділянки, описані у роботах Якименка Р.О., Вовка О.Ю., Онашка Ю.М. **Результати.** Встановлено стабільний функціональний та морфологічний результат: досягнуто первинної стабільності імплантата, сформовано достатній кістковий об'єм без НКР, отримано стабільний м'якотканинний контур та відсутність резорбції через 6 місяців після навантаження. **Висновки.** Короткі циліндричні імплантати є ефективною альтернативою кістковим реконструкціям у випадках дефіциту кісткової тканини. Врахування анатомічної мінливості та морфометричних параметрів нижньої щелепи дозволяє індивідуалізувати хірургічний протокол та мінімізувати ризики.

Ключові слова: короткі імплантати, анатомічна мінливість, морфометрія, дефіцит кістки, розщеплення відростку, Bicon.

Summary

Purpose. To evaluate the effectiveness of short cylindrical implants in patients with limited bone volume and to substantiate the surgical protocol based on anatomical and morphometric variability. **Materials and methods.** A clinical case involving placement of a short cylindrical implant in conditions of severe ridge atrophy following traumatic extraction was analyzed. CBCT data, ridge-splitting technique, and morphometric characteristics of the maxillofacial region described by Yakymenko R.O., Vovk O.Yu., and Onashko Yu.M. were used as reference criteria. **Results.** Stable functional and morphological outcomes were achieved: high primary stability, adequate bone volume achieved without GBR, stable soft-tissue contours, and absence of marginal bone loss after 6 months of loading. **Conclusions.** Short cylindrical implants represent an effective alternative to bone augmentation in cases of significant bone deficiency. Incorporating anatomical and morphometric variability into planning allows safe, individualized, and minimally invasive treatment.

Key words: short implants, anatomical variability, morphometry, bone deficiency, ridge splitting, Bicon.

1. Вступ

Успішність сучасної дентальної імплантації значною мірою залежить від здатності хірурга враховувати анатомічну та морфологічну мінливість щелепно-лицевої ділянки. Морфометричні дослідження Якименка Р.О., Вовка О.Ю. та Онашка Ю.М. демонструють значну варіацію ширини альвеолярного відростка, товщини кортикальних пластинок, а також топографії нижньощелепного каналу та ментальної петлі. Ці фактори визначають вибір діаметра, довжини та конструкції імплантата, а також впливають на безпеку хірургічного втручання.

Проблема ускладнюється у пацієнтів, які перенесли травматичну екстракцію. У таких випадках резорбція має нерівномірний характер, а зниження горизонтального об'єму може перевищувати 40–50%. Пацієнт нерідко відмовляється від НКР чи блокових трансплантатів через їх травматичність, вартість або негативний досвід попередніх хірургічних втручань. За даними сучасних клінічних оглядів, застосування коротких імплантатів у таких ситуаціях стає обґрунтованою та доказово підтвердженою альтернативою.

Система Bicon є однією з найперших платформ безгвинтової стабілізації з унікальною



платоподібною поверхнею та справжнім конусом Морзе. Біомеханічні властивості дозволяють розмішувати імпланти у вузьких гребенях без необхідності значного кісткового приросту.

2. Матеріали та методи

1. Морфометричний аналіз

За даними Якименка Р.О., Вовка О.Ю., Онашка Ю.М. оцінено:

- ширину альвеолярного відростка;
- структуру кістки (товщина кортикальних пластинок);
- ризикові топографічні зони.

2. КТ-обстеження

Обстеження включало:

- горизонтальний дефіцит;
- висота кістки та відстань до нижньощелепного каналу.

3. Хірургічний протокол

- п'єзохірургічне розщеплення альвеолярного паростка;
- встановлення короткого імплантата Bicon 4.0×6.0 мм;
- формувач ясен через 4 місяці;
- інтраоральне сканування;
- встановлення цирконієвої коронки.

3. Результати та обговорення

Огляд літератури. Морфометричні дослідження Якименка Р.О. та Вовка О.Ю. доводять, що ширина альвеолярного відростка в ділянці молярів нижньої щелепи може варіювати від 3,5 до 7 мм, що критично впливає на вибір імплантата. Вузькі гребені (<4 мм) потребують або аугментації, або мінімально інвазивного розщеплення.

Травматичні екстракції супроводжуються різким зниженням кісткового об'єму, що корелює зі змінами, описаними Онашком та

Дубиною в дослідженнях анатомічної мінливості нижньої щелепи.

Короткі імпланти довели ефективність у численних метааналізах: рівень успішності коливається в межах 94–97%. Їх перевага полягає у можливості уникнути НКР, синус-ліфтингу або блокової пластики.

Клінічний випадок. Пацієнт, 30 років, звернувся зі скаргами на утруднене жування та відсутність зуба 3.6, видаленого травматично 5 років тому. В інших клініках запропоновано НКР та взяття ретромолярних блоків, проте пацієнт відмовився через негативний досвід травматичного хірургічного втручання при видаленні даного зуба.

Діагностика: проведено КПКТ дослідження та ОПТГ.

Хірургічний етап:

- проведено п'єзохірургічне розщеплення за принципом «greenstick»;
- встановлено Bicon 4.0×6.0 мм.

Протезування:

- через 4 місяці – встановлення формувача ясен;
- через 2 тижні після встановлення формувача ясен – сканування;
- встановлено коронку з діоксиду цирконію.

4. Результати

Через 6 місяців функціонального навантаження: імплантат стабільний; резорбція відсутня; жувальна ефективність відновлена; скарг не надходило.

5. Обговорення

Представлений випадок демонструє, що короткі імпланти Bicon є оптимальним рішенням у ситуаціях вираженої атрофії, коли пацієнт не готовий до інвазивних



Рис. 1. Ортопантомограма (ОПТГ) на етапі первинної діагностики

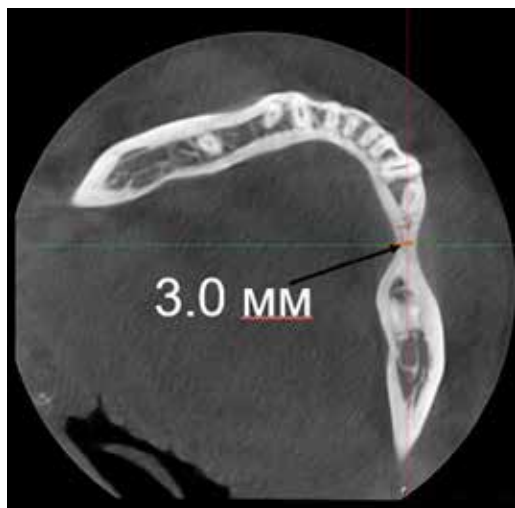


Рис. 2. КПКТ: горизонтальна ширина альвеолярного гребеня – 3,0 мм

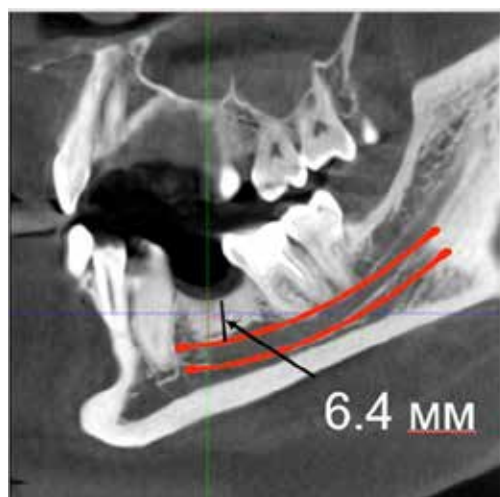


Рис. 3. КПКТ: висота кістки та відстань до нижньощелепного каналу – 6,4 мм

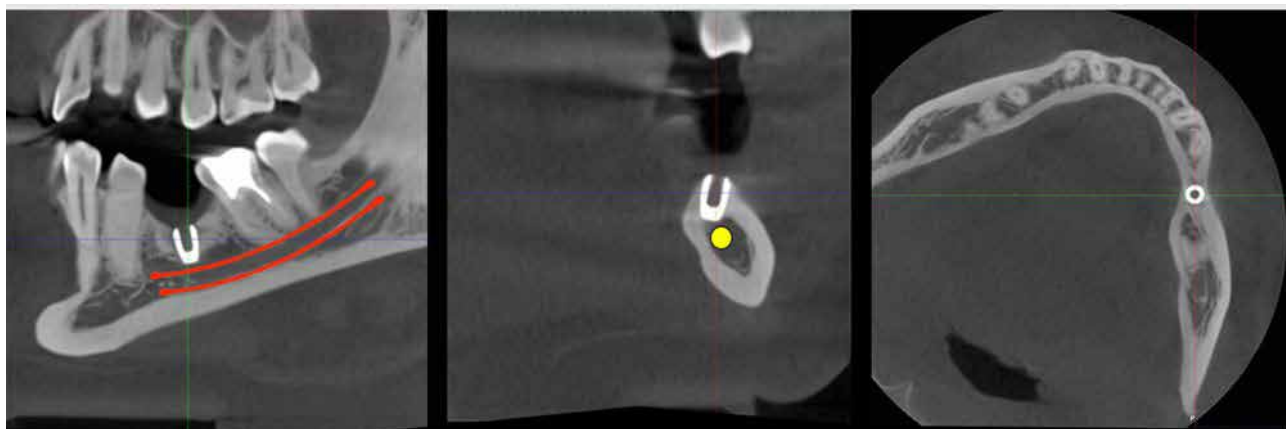


Рис. 4. Позиціонування короткого імплантата Bicon 4.0×6.0 мм (сагітальна, коронарна та аксіальна проєкції КПКТ)

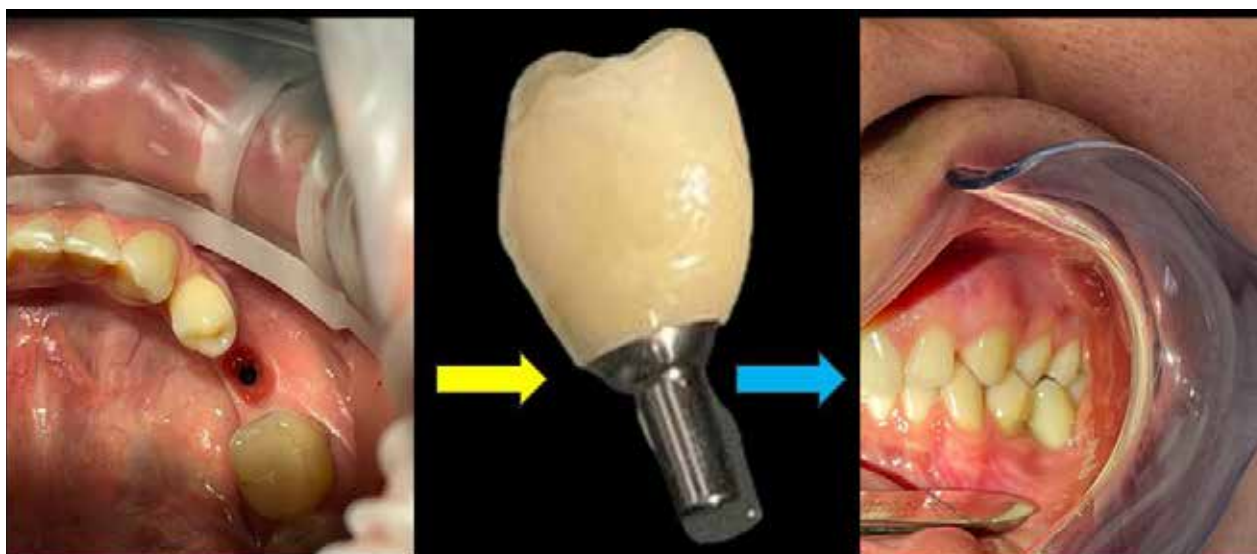


Рис. 5. Етапи протезування: формування м'якотканинного контуру, цирконієва коронка на абатменті та фінальний клінічний результат



Рис. 6. Контрольна ортопантомограма (ОПТГ) через 6 місяців функціонального навантаження

реконструктивних процедур. Їх застосування базується на: морфометричних дослідженнях українських авторів; перевагах платоподібного дизайну; мінімальному ризику ушкодження анатомічних структур.

П'єзохірургічне розщеплення гребеня забезпечує достатній простір для імплантата без ризику перелому пластинки.

6. Висновки

- Морфометрична анатомічна мінливість визначає покази до застосування коротких імплантатів.
- Короткі циліндричні імплантати Vison є клінічно обґрунтованою альтернативою НКР.
- Розщеплення гребеня у поєднанні з коротким імплантатом дозволяє уникнути складних реконструкцій.
- Клінічний випадок підтверджує довготривалу стабільність такої методики.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Дані будуть надані за обґрунтованим запитом.

Використання штучного інтелекту

Під час підготовки даної статті автори використовували інструмент штучного інтелекту Claude (Anthropic, модель Claude Opus 4.8) для мовностилістичного редагування тексту та оптимізації структури рукопису. Штучний інтелект не застосовувався для аналізу клінічних даних, інтерпретації результатів чи формулювання наукових висновків. Усі результати, інтерпретації та висновки верифіковані й перевірені авторами особисто, які несуть повну відповідальність за зміст праці.

Внесок авторів

Савчук Олег Володимирович: концептуалізація, методологія, керівництво, написання – рецензування та редагування;

Якименко Руслан Олегович: концептуалізація, дослідження, валідація, написання – рецензування та редагування;

Обідняк Василь Зіновійович: методологія, валідація, написання – рецензування та редагування;

Лобур Микита Олексійович: збір даних, написання – підготовка оригінальної чернетки;

Луценко Артем Олександрович: збір даних, написання – підготовка оригінальної чернетки.

REFERENCES

1. Lekholm, U., & Zarb, G. (1985). Tissue-integrated prostheses. Quintessence.
2. Esposito, M., Pellegrino, G., Pistilli, R., & Felice, P. (2011). Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws: prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One-year results from a pilot randomised clinical trial. *European Journal of Oral Implantology*, 4(1), 21–30.
3. Uehara, P. N., Matsubara, V. H., Igai, F., Sesma, N., Mukai, M. K., & Araujo, M. G. (2018). Short dental implants (≤ 7 mm) versus longer implants in augmented bone area: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The Open Dentistry Journal*, 12, 354–365. <https://doi.org/10.2174/1874210601812010354>
4. Thoma, D. S., Haas, R., Sporniak-Tutak, K., Garcia, A., Taylor, T. D., & Hämmerle, C. H. (2018). Randomized controlled multicentre study comparing short dental implants (6 mm) versus longer dental implants (11–15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures: 5-year data. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(12), 1465–1474. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13025>
5. Naenni, N., Sahrmann, P., Schmidlin, P. R., Attin, T., Wiedemeier, D. B., Sapata, V., Hämmerle, C. H. F., & Jung, R. E. (2018). Five-year survival of short single-tooth implants (6 mm): a randomized controlled clinical trial. *Journal of Dental Research*, 97(8), 887–892. <https://doi.org/10.1177/0022034518758036>
6. Misch, C. E. (2007). *Contemporary Implant Dentistry* (3rd ed.). Mosby.
7. Якименко, Р.О., & Вовк, О.Ю. (2019). Морфометрія щелепно-лицевої ділянки. *Вісник стоматології*, 4, 12–18.
8. Онашко, Ю.М., Дубина, С.О., & Вовк, О.Ю. (2020). Анатомічна мінливість нижньої щелепи. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*, 19(2), 45–52.
9. Emfietzoglou, R., & Dereka, X. (2024). Survival rates of short dental implants (≤ 6 mm) used as an alternative to longer (> 6 mm) implants for the rehabilitation of posterior partial edentulism: a systematic review of RCTs. *Dentistry Journal*, 12(6), 185. <https://doi.org/10.3390/dj12060185>
10. Rossi, F., Botticelli, D., Cesaretti, G., De Santis, E., Storelli, S., & Lang, N. P. (2016). Use of short implants (6 mm) in a single-tooth replacement: a 5-year follow-up prospective randomized controlled multicenter clinical study. *Clinical Oral Implants Research*, 27(4), 458–464. <https://doi.org/10.1111/clr.12564>
11. Pommer, B., Frantal, S., Willer, J., Posch, M., Watzek, G., & Tepper, G. (2011). Impact of dental implant length on early failure rates: a meta-analysis of observational studies. *Journal of Clinical Periodontology*, 38(9), 856–863. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2011.01750.x>
12. Guljé, F. L., Abrahamsson, I., Chen, S., Stanford, C., Zadeh, H., & Palmer, R. (2013). Implants of 6 mm vs. 11 mm lengths in the posterior maxilla and mandible: a 1-year multicenter randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 24(12), 1325–1331. <https://doi.org/10.1111/clr.12001>
13. Felice, P., Pistilli, R., Piattelli, M., Soardi, E., Corvino, V., & Esposito, M. (2012). Posterior atrophic jaws rehabilitated with prostheses supported by 5×5 mm implants with a nanostructured calcium-incorporated titanium surface or by longer implants in augmented bone. *European Journal of Oral Implantology*, 5(2), 149–161.
14. Calvo-Guirado, J. L., Gomez-Moreno, G., Lopez-Mari, L., Guardia, J., Martinez-Gonzalez, J. M., & Barone, A. (2011). Ridge expansion of atrophic posterior mandible with short implant placement: a 3-year follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 13(4), 330–340. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2009.00221.x>
15. Anitua, E., Alkhraist, M. H., Pinas, L., Begona, L., & Orive, G. (2014). Implant survival and crestal bone loss around extra-short implants supporting a fixed denture. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 29(3), 682–689. <https://doi.org/10.11607/jomi.3460>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Oleg Savchuk

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Dean of the Medical and Dental Faculty
Institute of Medical and Pharmaceutical Sciences
Interregional Academy of Personnel Management
kab413@ukr.net
ORCID: 0000-0001-5771-3990

Ruslan Iakymenko

PhD, Associate Professor at the Department of
Dentistry
Interregional Academy of Personnel Management
yakymenko.rus@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8260-1560

Савчук Олег Володимирович

доктор медичних наук, професор
декан медико-стоматологічного факультету
Інститут медичних та фармацевтичних наук
Міжрегіональна Академія управління персоналом
kab413@ukr.net
ORCID: 0000-0001-5771-3990

Якименко Руслан Олегович

PhD, доцент кафедри стоматології
Міжрегіональна Академія управління персоналом
yakymenko.rus@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8260-1560

Vasyl Obidniak

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
at the Department of Orthopedic Dentistry
Ivano-Frankivsk National Medical University
novodent.if@gmail.com
ORCID: 0009-0001-8313-7269

Mykyta Lobur

Higher Education Applicant Educational and
Scientific Institute of Dentistry
Bogomolets National Medical University (NMU)
E-mail: nikitalobur1337@gmail.com
ORCID: 0009-0003-2997-1900

Artem Lutsenko

Higher Education Applicant Educational and
Scientific Institute of Dentistry
Bogomolets National Medical University
temaslutsenko@gmail.com
ORCID: 0009-0003-4147-4050

Обідняк Василь Зіновійович

кандидат медичних наук, доцент
кафедри ортопедичної стоматології
Івано-Франківський національний медичний
університет
novodent.if@gmail.com
ORCID: 0009-0001-8313-7269

Лобур Микита Олексійович

здобувач вищої освіти ННІ Стоматології
Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця
E-mail: nikitalobur1337@gmail.com
ORCID: 0009-0003-2997-1900

Луценко Артем Олександрович

здобувач вищої освіти ННІ Стоматології
Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця
temaslutsenko@gmail.com
ORCID: 0009-0003-4147-4050

Дата надходження статті: 23.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 10.04.2026

Дата прийняття статті: 17.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

ФАРМАЦІЯ, ПРОМИСЛОВА ФАРМАЦІЯ

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-10>
UDC 547.732:543.242.3:543.42.062:543.257

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF THE IODOMETRIC METHOD FOR THE QUANTITATIVE DETERMINATION OF AMOXICILLIN

Svitlana Karpova, Olga Antonenko

РОЗРОБКА ТА ВАЛІДАЦІЯ КІЛЬКІСНОГО ВИЗНАЧЕННЯ АМОКСИЦИЛІНУ ЙОДОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Карпова Світлана Павлівна, Антоненко Ольга Василівна

Abstract

Background. The development of new methods for quantitative determination of penicillin's remains relevant. The developed method of quantitative determination of Amoxicillin can be used to develop analytical regulatory documentation for medicinal products, as well as in the practice of state laboratories for quality control of medicinal products and central factory laboratories of pharmaceutical enterprises. **Purpose.** Development of new improved unified method for the quantitative determination of Amoxicillin (Amox) by redox titration. **Materials and Methods.** The object of the study was Amox sodium powder in vials for the preparation of an injection solution («Amoxicillin Sodium Salt», 1000 mg). Peroxomonosulfate acid as triple potassium salt $2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ (Oxone®) of “extra pure” qualification was used as oxidant. The redox titration method was used to develop a method for the quantitative determination of amoxicillin in a substance and a medicinal product using potassium caroate as an analytical reagent (KHSO_5). **Results.** The kinetics and stoichiometry of the S-oxidation reaction of Amox with potassium caroate in aqueous solutions were investigated by iodometric titration. A unified methodology was developed and the possibility of qualitative determination of Amox in pure substance and drug using potassium caroate was investigated by redox titration method. At pH 2-4 for 1 mole of penicillin, 1 mole of KHSO_5 is consumed, the quantitative interaction is achieved within a time of more than 1 minute (observation time). The results obtained according to the recommended procedure for seven repeated titrations of mixtures of different concentrations. $\text{RSD} = 0.85\%$, $\delta = (+ 0.16)\%$. **Conclusions.** Using the redox titration method, a method for the quantitative determination of Amox in the substance was developed and the drug product have been developed using potassium caroate as an analytical reagent (KHSO_5). The possibility of analytical determination of Amox by the biologically active part of the molecule is shown, the proposed methods give reproducible and accurate results.

Key words: oxidation, redox titration method, validation, potassium caroate, amoxicillin.

Анотація

Актуальність. Розробка нових методик кількісного визначення пеніцилінів залишається актуальною. Розроблена нова методика кількісного визначення амоксициліну може бути використана для розробки аналітичної нормативної документації на лікарські засоби, а також у практиці державних лабораторій з контролю якості лікарських засобів та центральних заводських лабораторій фармацевтичних підприємств. **Мета роботи.** Розробка нової вдосконаленої уніфікованої методики кількісного визначення амоксициліну методом окисно-відновного титрування. **Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження був порошок натрій амоксициліну у флаконах для приготування розчину для ін'єкцій («Амоксициліну натрієва сіль», 1000 мг). Як окисник використовували пероксомоносульфатну кислоту у вигляді потрійної калієвої солі $2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ кваліфікації “extra pure” (Oxone®). Використовували метод окисно-відновного титрування для розроблення методики кількісного визначення амоксициліну в субстанції та лікарському засобі з використанням калій кароату як аналітичного реагенту (KHSO_5). **Результати та їх обговорення.** Було досліджено кінетику та стехіометрію реакції S-окиснення амоксициліну за допомогою калій кароату у водних розчинах методом йодометричного титрування. Розроблено уніфіковану методику та досліджено можливість кількісного визначення методом окисно-відновного титрування амоксициліну в чистій речовині субстанції та препараті з використанням калій кароату. При pH 2-4 на 1 моль пеніциліну витрачається 1 моль KHSO_5 , кількісна взаємодія досягається протягом 1 хвилини (час спостереження). Результати отримані згідно з рекомендованою процедурою для семи повторних титрувань сумішей різної концентрації. $\text{RSD} = 0.85\%$, $\delta = (+ 0.16)\%$. **Висновки.** Використовуючи метод окисно-відновного титрування,



була розроблена методика кількісного визначення амоксициліну в субстанції та лікарському засобі з використанням калій кароату як аналітичного реагенту ($KHSO_3$). Показано можливість аналітичного визначення амоксициліну за біологічно активною частиною молекули, запропонована методика має високу відтворюваність та точність результатів.

Ключові слова: окиснення, окисно-відновне титрування, валідація, калій кароат, амоксицилін.

1. Introduction

The defining feature of penicillins is their core structure, known as the penicillin nucleus or 6-aminopenicillanic acid (6-APA), which consists of a β -lactam ring fused to a thiazolidine ring, and this unique bicyclic system is essential for their antibacterial action by interfering with bacterial cell wall synthesis. Amoxicillin (Amox) is a type of penicillin antibiotic. It's used to treat bacterial infections, such as chest infections (including pneumonia) and dental abscesses. It can also be used together with other antibiotics and medicines to treat stomach ulcers. The IUPAC name for Amox is sodium (indicates it's the sodium salt form) (2S,5R,6R)-6-[[[(2R)-2-amino-2-(4-hydroxyphenyl)acetyl]amino]-3,3-dimethyl-7-oxo-4-thia-1-azabicycloheptane-2-carboxylate, a precise chemical description of its complex structure, highlighting the sodium ion and the specific stereochemistry (2S, 5R, 6R, 2R) of the Amox molecule, with its thiazolidine and beta-lactam rings, linking to the hydroxyphenylglycine side chain. Amox, an acid stable, semisynthetic drug belongs to a class of antibiotics called the Penicillins. It is shown to be effective against a wide range of infections caused by wide range of gram-positive and gram-negative bacteria. Amox is an aminopenicillin created by adding an extra amino group to penicillin to battle antibiotic resistance. This drug is indicated for the treatment of infections caused by susceptible isolates of selected bacteria, specifically those that are beta-lactamase-negative, including ear, nose, and throat infections, *Helicobacter pylori* eradication, lower respiratory and urinary tract infections, acute bacterial sinusitis, and skin and structure infections [2].

In a highly acidic environment, penicillins undergo a number of chemical reactions that lead to the formation of inactive decomposition products. Fig. 1 shows the first stage, Penicilloic acid is formed. The process is initiated by protonation of the nitrogen atom of the lactam ring.

β -Lactam antibiotics (BLAs) are among the most important and widely used antimicrobials worldwide and are comprised of a large family of compounds, obtained by chemical modifications of the common scaffolds. Usually, these modifications include the addition of active groups, but less frequently, molecules were synthesized in which either two β -lactam rings were joined to create a single bifunctional compound, or the azetidinone ring was joined to another antibiotic scaffold or another molecule with a different activity, in order to create a molecule bearing two different pharmacophoric functions. Fig. 2 shows another hydrolysis pathway for the conversion of penicillic acid to penylic acid with subsequent decarboxylation and hydrolytic ring opening and the formation of penylic acid [8].

Penicillins are a type of β -lactam antibiotic consisting of a four-membered β -lactam ring bound to a five-membered thiazolidine ring. This two-ring system causes distortion of the β -lactam amide bond, resulting in decreased resonance stabilization and increased reactivity. β -lactams inhibit the formation of peptidoglycan cross-links within bacterial cell walls by targeting penicillin-binding proteins or PBPs. Consequently, the bacterial cell wall becomes weak and cytolysis occurs. Resistance to β -lactam antibiotics occurs in the presence of cells containing plasmid

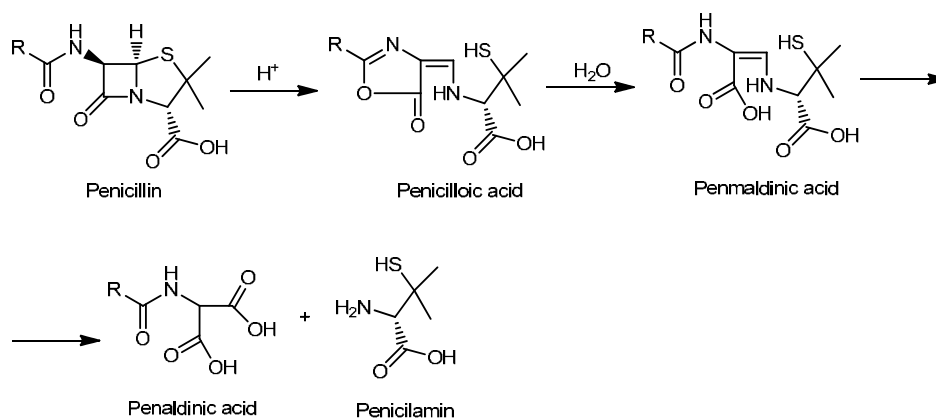


Fig. 1. Stages of formation Penaldinic acid and Penicilamin

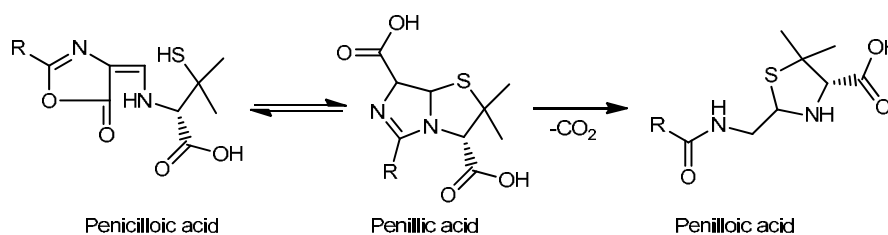


Fig. 2. Stages of formation Penilloic acid

encoded extended spectrum β -lactamases or ESBLs. Antibiotics are often used in clinical in vitro tests known as antimicrobial susceptibility tests or ASTs to determine their efficacy against certain bacterial species. They are tested against gram-negative and gram-positive bacteria using panels, discs, and MIC strips by medical microbiologists. ASTs decrease the risk of using an antibiotic against bacteria exhibiting resistance to it, and the results are used in clinical settings to determine which antibiotic(s) to prescribe for various infections [9].

The quantitative determination of drugs penicillin series becomes more and more important. The control of the quality and quantity is one of the obligatory steps for manufacturing medicines. The number of medicines produced increases from year to year and the quality of the drugs have to be controlled. Therefore, the development of new procedures that are easy to perform and cost-effective is of great interest. The procedures proposed should be unified, selective, sensitive, and precise, and they should be validated by the monograph "Validation of analytical methods" of the State Pharmacopoeia of Ukraine (SPhU). European Pharmacopoeia (EPH) penicillin quantitative determination is performed by high performance liquid chromatography (HPLC). International Pharmacopoeia recommends to determine penicillin summary in semisynthetic penicillin by neutralization method after preparation hydrolysis by excess of sodium hydroxide titrated solution at heating [10].

The analysis of literary data shows that a promising direction of scientific research is to find out the possibility of carrying out the analysis of penicillins. The methods that are currently used to determine penicillins in pharmaceutical preparations have been reviewed. They include analytical measurement and appliance, equipment designed to perform a specific task in dependency of detection methods.

Iodometry is a type of redox (reduction-oxidation) titration. It is a method of volumetric chemical analysis that relies on the transfer of electrons between reacting species. Specifically, iodometry is an indirect redox titration method used to determine the concentration of an oxidizing agent in a solution.

The process involves two main steps that constitute the overall redox reaction:

Iodine Liberation. An excess amount of potassium iodide (KI) is added to a known volume of the sample containing the oxidizing agent (analyte). The oxidizing agent reacts with the iodide ions (I^-) to liberate a proportional amount of free iodine (I_2).

Titration. The liberated iodine is then titrated with a standard solution of a reducing agent, usually sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), using a starch indicator. The reaction consumes the iodine, and the endpoint is signaled by the disappearance of the characteristic deep blue color of the starch-iodine complex.

The amount of sodium thiosulfate used to consume the liberated iodine allows for the calculation of the original concentration of the oxidizing agent in the sample. Iodometry is distinct from iodimetry, which is a direct redox titration where a reducing agent (analyte) is directly titrated with a standard iodine solution. Both are subtypes of redox titrations. Classical iodometry of penicillin's hydrolysis products (penicilloic acids) is a recognized, basic, though lengthy, method for its quantitative determination, relying on the reaction of these products with excess iodine, which is then back-titrated with thiosulfate; it's a traditional redox titration used in pharmacopoeias, though modern, faster techniques (like spectrophotometry or enzyme sensors) exist, notes [11].

International Pharmacopoeia recommends to determine penicillin summary in semisynthetic penicillin by neutralization method after preparation hydrolysis by excess of sodium hydroxide titrated solution at heating. According to State Pharmacopoeia of Ukraine (SPhU) and European Pharmacopoeia (EPH) penicillin quantitative determination is performed by high performance liquid chromatography (HPLC). Well, described in scientific articles methods of potentiometry titration, amperometry, high-performance liquid chromatography (HPLC), voltammetry, polarographic analysis, micelle electrokinetic capillary, spectrophotometry, chemiluminescence, redox titration, electrophoresis and others [1, 3–7, 12–22] for

the quantitative determination of penicillin drugs.

The issue of quantitative determination of penicillins does not lose its relevance. Most of the known methods for the quantitative determination of penicillins are reduced to the determination of the final products of their hydrolytic cleavage, which are obtained at the previous stage of analysis. They are long-lasting and require heating.

Redox titrations can be used to quantify penicillin by oxidizing the antibiotic, often in a process that involves alkaline hydrolysis followed by reaction with an oxidizing agent like iodine or a potassium caroate (KHSO_5) based reagent. In an iodometric method, the penicillin is oxidized by iodine, and the amount of iodine consumed is determined indirectly by back-titrating with a reducing agent such as sodium thiosulfate. In methods using (KHSO_5), the penicillin is oxidized directly, and the amount of reagent used is determined by titration.

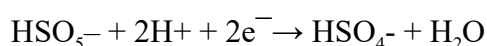
The developed redox titration method is time saving, simple, accurate, economic, sensitive and reproducible, can be used in quality control laboratories. Also, the principal advantages of the present method are that it is rapid and enough precise comparing with other methods of assay [23, 24].

2. Materials and methods

All the materials were of analytical reagent grade, and the solutions were prepared with double-distilled water.

For the research, Amoxicillin sodium salt of pharmacopoeial purity, a dry sterile powder in vials (1,0 g) for injection «Amoxicillin Sodium Salt», CAS Number 34642-77-8, Catalog Number A-551-1, Jiangxi Bolai Pharmacy Co., Ltd, China. Potassium caroate was obtained from commercial sources and used as an oxidant in the form of a triple potassium salt ($2\text{KHSO}_5 \cdot \text{KHSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$, “Oxone”) of “extra pure” grade with an active oxygen content of 4.5%. The choice of the reagent was due to its availability, fairly good solubility and stability in aqueous solutions, and a relatively high oxidizing ability.

The reagent is used due to its availability, good solubility and stability in water, also its relatively high oxidation ability. Standard electrode potential for semireaction



is 1.81 V.

As a standard sample of Amoxicillin sodium salt, we used the substance of Amox of pharmacopoeial purity with the content of the main substance of 98.5%.

Sodium thiosulfate solution, $2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. An ampoule of a standard titer of sodium thiosulfate with an exact concentration of $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ was diluted five times with distilled water.

Solution of potassium iodide, 5%. A weighed portion of 5.0 g of potassium iodide was dissolved in 50 mL of distilled water, and the solution was diluted to the volume in a 100 mL volumetric flask at 20°C .

Sulfuric acid, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. An ampoule of a standard titer of sulfuric acid with an exact concentration of $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ was diluted with distilled water.

Solution of potassium caroate (0.02 mol/l) in water was prepared by dissolving 0.615 g of potassium caroate in double distilled water, transferring the solution into a 100-ml volumetric measuring flask, diluting to volume and mixing at $+20^\circ\text{C}$. Solution concentration is determined by iodometric titration. 10.00 ml of prepared solution was transferred to 100-ml measuring flask, diluted. 10.00 ml of prepared solution was transferred into titration flask, 1 ml of $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ sulfuric acid solution and 1 ml of 5% potassium iodide were added. The excess of iodine was titrated with $2 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ sodium thiosulfate.

Titration. The titer of the Amox solution studied was determined using a 10 mL microburette with an accuracy of $\pm 0.01 \text{ mL}$ filled with a titrant to the zero mark.

Redox titration method. Close 850 mg (accurate weight) of the powder of the Amox sodium salt studied was dissolved in 70 mL of water in a 100 mL volumetric flask at 20°C , and diluted to the volume. Using a pipette, 10 mL of the resulting Amox solution was taken and transferred to a 100 mL volumetric flask, 10.0 mL of a $2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KHSO_5 solution was added with stirring, and diluted to the volume with distilled water at 20°C . Using a pipette, 10 mL of the reaction mixture was taken and transferred to a 100 mL flask, acidified with 1 mL of a $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 solution, and 2 mL of a 5% potassium iodide solution was added with vigorous stirring. The displaced iodine was immediately titrated with a standard $2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ sodium thiosulfate solution. In parallel, under the same conditions, a control experiment is carried out (without the Amox solution studied).

3. Results and Discussion

By the method of reverse redox titration of KHSO_5 residue was determined that 1 mol of KHSO_5 is used per 1 mol of Amox. The reaction finishes during 1 min and stays for 30 min (observation time at pH 2-4). The transformation

scheme of analytical determination of Amox is given on Fig.3.

The content of $C_{16}H_{18}N_3NaO_5S$ (X , in%) was calculated by the formula:

$$X = \frac{0.02 \cdot K \cdot 387.39 \cdot (V_0 - V) \cdot 100 \cdot 100\%}{2 \cdot 1000 \cdot m_s \cdot (100 - w_{H_2O})},$$

where V_0 – is the volume of sodium thiosulfate solution in the control experiment, mL;

V – is the volume of sodium thiosulfate solution studied, mL;

387.39 – is the molar mass of Amoxicillin sodium salt anhydrous, $g \cdot mol^{-1}$;

K – is the correction coefficient for the concentration of sodium thiosulfate solution to $0.0200 mol \cdot L^{-1}$;

m_s – is the weighed portions of Amox, g.

The results of the analysis of the Amox drug by redox titration are shown in Table 1. The relative standard deviation did not exceed 0.85% ($\delta = + 0.16\%$).

4. Conclusions

The possibility of analytical determination of Amox by the biologically active part of the molecule (alicyclic sulfur and β -lactam ring) is shown, the proposed methods give reproducible and accurate results. The developed method have good specificity and allow determining the content of the main component of Amox, avoiding the influence of impurities. The results of

accuracy and precision are in good agreement with the results obtained by the reference method. Using the redox titration method, a method for the quantitative determination of Amox in the substance was developed and the drug product have been developed using potassium caroate as an analytical reagent ($KHSO_5$). The developed method of quantitative determination of Amox can be used to develop analytical regulatory documentation for medicinal products, as well as in the practice of state laboratories for quality control of medicinal products and central factory laboratories of pharmaceutical enterprises.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується розробка нових методик кількісного визначення цілої низки пеніцилінів, які матимуть ряд переваг перед уже відомими: дадуть можливість визначати їх у значно менших кількостях, ніж фармакопейним методом йодометрії, що будуть придатні для того самого інтервалу визначуваних концентрацій.

Обмеження дослідження. Обмеження цього дослідження полягають у тому, що можуть бути використані тільки для препаратів пеніцилінового ряду, які за хімічною будовою є похідними 6-амінопеніциляної кислоти (6-АПК) – конденсованої системи тіазолідинового і чотириланкового β -лактамового циклів, які різняться між собою радикалом R ацилу, з'єднаним з аміногрупою 6-АПК.

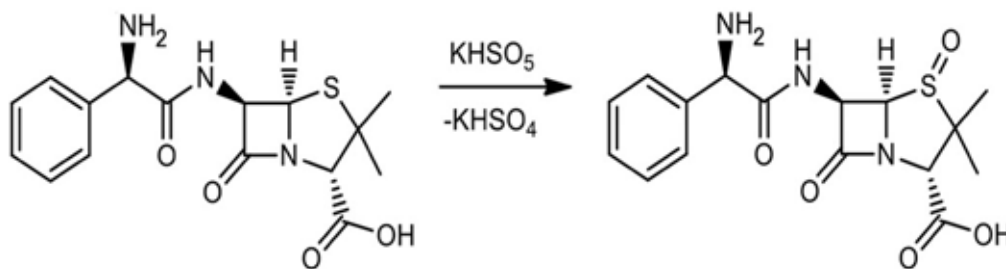


Fig. 3. The scheme of S-oxidation of Amox by potassium caroate

Table 1

Results of the quantitative determination of Amoxicillin by redox titration in the Amox drug by the reaction with potassium caroate ($P = 0.95$, $n = 7$)

Amoxicillin taken, mg	Found		Results of processing statistical data
	m	%	
935.0 ^[a]	944.3	94.4	$\bar{x} = 936.5$ (93.6%) $S = \pm 7.98906$ $S_x = \pm 3.01958$ $\Delta\bar{x} = \pm 7.39797$ $RSD = \pm 0.85\%$ $\varepsilon = \pm 0.79\%$ $\delta^{[b]} = + 0.16\%$
	927.1	92.7	
	929.4	92.9	
	942.5	94.3	
	928.3	92.8	
	938.6	93.9	
	945.2	94.5	

Note: [a] The Amox content indicated in the quality certificate (μ); [b] $\delta = (\bar{x} - \mu) \times 100\% \times \mu^{-1}$

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів (фінансового чи особистого), який міг би вплинути на результати, викладені в цій статті.

Використання штучного інтелекту

При написанні статті штучний інтелект не використовували в жодному з пунктів.

Первинні дані та матеріали

Основою для наукового емпіричного дослідження є результати лабораторних експериментів, вимірювань, відповідних розрахунків.

Інформація про фінансування

Це дослідження не отримало жодного конкретного гранту від фінансових організацій у державному, комерційному чи некомерційному секторах (самофінансування).

Внесок авторів

С. П. Карпова: розробка методики кількісного дослідження, збір літературних джерел, формулювання анотацій та висновків;

О. В. Антоненко: статистична обробка результатів, підготовка графіків та таблиць.

Разом автори проводили експериментальну частину, критично оформлювали зміст статті, схвалили остаточний варіант рукопису перед поданням до друку.

REFERENCES

1. Abdelrahman, M., Naguib, I., Elsayed, M. (2018). Chromatographic methods for quantitative determination of ampicillin, dicloxacillin and their impurity 6-aminopenicillanic acid. *Journal of Chromatography Science*, 56(3), 209–215. doi.org/10.1093/chromsci/bmx101.
2. Armoudjian, Y., Lin, Q., Lammens, B. (2023). Sensitive and rapid method for the quantitation of amoxicillin in minipig plasma and milk by LC-MS/MS: a contribution from the IMI ConcePTION project. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 123, 107264. doi.org/10.1016/j.vascn.2023.107264.
3. Asan, A., Seddiq, N. (2022). A Simple spectrophotometric determination of amoxicillin in drug samples. *Journal of the Turkish Chemical Society*, 9(2), 423–432. doi.org/10.18596/jotcsa.978686.
4. Dubenska, L., Blazheyevskiy, M., Plotyca, S. (2017). Voltammetric methods for the determination of Pharmaceuticals. *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 12(2), 61–75. doi.org/10.17721/moca.2017.61–75.
5. El-Desoky, H., Ghoneim, E., Ghoneim, M. (2005). Voltammetric behavior and assay of the antibiotic drug cefazolin sodium in bulk form and pharmaceutical formulation at a mercury electrode. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 39(5), 1051–1056. doi.org/10.1016/j.jpba.2005.05.020.
6. Fazelirad, H., Ranjbar, M., Taher, M.A. (2015). Preparation of magnetic multi-walled carbon nanotubes for an efficient adsorption and spectrophotometric determination of amoxicillin. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 21, 889–892. doi.org/10.1016/j.jiec.2014.04.028.
7. Ismail, F., Adeloju, S. (2010). Galvanostatic entrapment of penicillinase into polytyramine films and its utilization for the potentiometric determination of penicillin. *Sensors*, 10(4), 2851–2868. doi.org/10.3390/s100402851.
8. Karpova, S., Zhuravel, I., Kolisnyk, S., Kryskiv, O., Krutskikh, T., Maslov, O. (2024). Analytical approach of kinetic-spectrophotometric and redox titration methods in the quantitative determination of ticarcillin. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 6, 81–88. doi.org/10.32434/0321-4095-2024-157-6-81-88.
9. Kaur, S., Rao, R., Nanda, S. (2011). Amoxicillin: a broad spectrum antibiotic. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(3), 30–37. www.researchgate.net/publication/304704877.
10. Keij, F.M., Schouwenburg, S., Kornelisse, R.F., Preijers, T., Mir, F. (2023). Oral and intravenous amoxicillin dosing recommendations in neonates: a pooled population pharmacokinetic study. *Clinical Infectious Diseases*, 77(11), 1595–1603. doi.org/10.1093/cid/ciad432.
11. Li, K., Mohammed, M., Zhou, Y. (2020). Recent progress in the development of immobilized penicillin G acylase for chemical and industrial applications: a mini-review. *Polymers for Advanced Technologies*, 31(3), 368–388. doi.org/10.1002/pat.4791.
12. Liu, Q., Liu, L., Yuan, Y., Xie, F. (2023). A validated UHPLC-MS/MS method to quantify eight antibiotics in quantitative dried blood spots in support of pharmacokinetic studies in neonates. *Antibiotics*, 12(2), 199. doi.org/10.3390/antibiotics12020199.
13. Matsumoto, H., Shiotani, A., Graham, D. (2019). Current and Future Treatment of Helicobacter pylori Infections. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1149, 211–225. doi.org/10.1007/5584-2019-367.
14. Page-Sharp, M., Yoo, O., Salman, S., Davis, T. (2024). Validation and Application of a Dried Blood Spot Amoxicillin Assay. *Chromatographia*, 87, 493–501. doi.org/10.1007/s10337-024-04341-z.
15. Rosa, M., Verdino, A., Soriente, A. (2021). The odd couple(s): an overview of beta-lactam antibiotics bearing more than one pharmacophoric group. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(2), 617–638. doi.org/10.3390/ijms22020617.
16. Rusu, A., Antonoaea, P., Ciurba, A. (2019). Development of a rapid capillary zone electrophoresis method to quantify levofloxacin and meloxicam from transdermal therapeutic systems. *Studia Universitatis Babes-Bolyai Chimia*, 64 (1), 219–231. doi.org/10.24193/subbchem.2019.1.18.

17. Simon, B., Hancu, G., Gyéresi, A. (2014). Application of capillary electrophoresis to the simultaneous determination and stability study of four extensively used penicillin derivatives. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50(3), 521–527. doi.org/10.1590/S1984-82502014000300010.
18. Soares, A.L., Montanha, M.C., Alcantara, CDS. (2021). Pharmacokinetics of amoxicillin in obese and nonobese subjects. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 87(8), 3227–3233. doi.org/10.1111/bcp.14739.
19. Stredansky, M., Pizzariello, A., Stredanska, S. (2000). Amperometric pH-sensing biosensors for urea, penicillin, and oxaloacetate. *Analytica Chimica Acta*, 415(1-2), 151–157. doi.org/10.1016/S0003-2670(00)00869-2.
20. United States Pharmacopeial Convention, Rockville, Maryland. (2015), 4. <https://search.worldcat.org/title/The-United-States-pharmacopeia:-the-national-formulary/oclc/933365422>.
21. Zhang S., Liao X., Ding T. (2024). Role of β -lactamase inhibitors as potentiators in antimicrobial chemotherapy targeting gram-negative bacteria. *Antibiotics*, 13(3), 260-280. doi.org/10.3390/antibiotics13030260.
22. Zhang, Y., Cui, G., Meng, Y., Wang, Y., Hun, X. (2021). Chemiluminescence assay for *Listeria monocytogenes* based on Cu/Co/Ni ternary nanocatalyst coupled with penicillin as generic capturing agent. *Luminescence*, 36(1), 11-19. doi.org/10.1002/bio.3908.
23. Zheng, F., Wang, S., Wen, S., Shen, M., Zhu, M., Shi, X. (2013). Characterization and antibacterial activity of amoxicillinloaded electrospun nano-hydroxyapatite/poly (lactic-coglycolic acid) composite nanofibers. *Biomaterials*, 34(4), 1402-1142. doi.org/10.1016/j.biomaterials.2012.10.071.
24. Zhou, Y., Gao, Y., Pang, S.Y., Jiang, J., Yang, Y., Ma, J., Guo, Q. (2018). Oxidation of fluoroquinolone antibiotics by peroxymonosulfate without activation: Kinetics, products, and antibacterial deactivation. *Water Research*, 145, 210-219. doi.org/10.1016/j.watres.2018.08.026.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Karpova Svitlana

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of General Chemistry
Kharkiv National Pharmaceutical University
za9594506@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7274-7750

Antonenko Olga

Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of General Chemistry
Kharkiv National Pharmaceutical University
antonenko.olya@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0369-6520

Укр.

Карпова Світлана Павлівна

кандидат фармацевтичних наук,
доцент кафедри загальної хімії
Харківський національний фармацевтичний університет
za9594506@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7274-7750

Антоненко Ольга Василівна

кандидат фармацевтичних наук, доцент
кафедри загальної хімії
Харківський національний фармацевтичний університет
antonenko.olya@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0369-6520

Дата надходження статті: 30.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 15.04.2026

Дата прийняття статті: 22.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

PHARMACEUTICAL CARE FOR PATIENTS WITH HYPERTENSIVE DISEASE: INTEGRATION OF THE CLINICAL PHARMACIST INTO PRIMARY HEALTH CARE

Anzhela Olkhovska, Konstantin Sokol, Olena Kupina, Andriy Berezniakov

ФАРМАЦЕВТИЧНА ДОПОМОГА ПАЦІЄНТАМ ІЗ ГІПЕРТОНІЧНОЮ ХВОРОБОЮ: ІНТЕГРАЦІЯ КЛІНІЧНОГО ФАРМАЦЕВТА У ПЕРВИННУ МЕДИЧНУ ДОПОМОГУ

Ольховська А., Сокол К., Купіна О., Березняков А.

Abstract

Background. One of the most prevalent non communicable diseases worldwide, including in Ukraine, and a leading risk factor for the development of cardiovascular complications associated with high mortality and disability, is hypertensive disease (arterial hypertension), which remains a major global public health problem. **Aim.** The aim of this study was to substantiate the feasibility of involving a clinical pharmacist in the management of pharmacotherapy for hypertensive disease (arterial hypertension), to improve patient routing at the primary health care level, and to develop practical recommendations for the integration of pharmaceutical care. **Materials and Methods.** The study materials included information sources as well as the regulatory and legal framework of the medical and pharmaceutical sectors related to pharmaceutical care for patients with arterial hypertension. The study was carried out using a complex of general scientific and special methods. **Results.** The feasibility of integrating a clinical pharmacist into the pharmacotherapy management of hypertensive disease (arterial hypertension) was substantiated, and the key roles and functions of the clinical pharmacist at the primary health care level were systematized. Based on a questionnaire survey of patients with arterial hypertension, the impact of clinical and pharmaceutical counseling provided by a clinical pharmacist on patients' awareness of antihypertensive pharmacotherapy, treatment adherence, and blood pressure self-monitoring practices was assessed. The irregular use of self-monitoring data for pharmacotherapy adjustment indicates the need to strengthen the role of the clinical pharmacist in the long-term follow-up and support of patients with arterial hypertension. A comparative analysis of organizational models for managing patients with arterial hypertension at the primary health care level was conducted, and their advantages and limitations were identified. The most promising direction for the development of patient management at the primary health care level involves a combination of a team-based approach, telemedicine and telepharmacy tools, and patient self-management, which is consistent with current public health strategies and the principles of sustainable health care system development. A clinical pathway for patients with arterial hypertension at the primary health care level and practical recommendations for the integration of pharmaceutical care are proposed. **Conclusions.** The integration of a clinical pharmacist into primary health care for patients with hypertensive disease (arterial hypertension) may contribute to more efficient use of national health care system resources, promote a culture of patient responsibility for personal health, and strengthen the sustainability of the socioeconomic determinants of Ukraine's public health system.

Key words: pharmaceutical care, clinical pharmacist, hypertensive disease, arterial hypertension, primary health care, pharmacotherapy management, clinical and pharmaceutical counseling, interdisciplinary collaboration, patient routing.

Анотація

Актуальність. Однією з найпоширеніших неінфекційних патологій у світі, враховуючи Україну, та провідним фактором ризику розвитку серцево-судинних ускладнень, що зумовлюють високу смертність та інвалідність населення, є гіпертонічна хвороба (артеріальна гіпертензія), яка залишається провідною глобальною проблемою громадського здоров'я. **Мета роботи** – обґрунтувати доцільність участі клінічного фармацевта у менеджменті фармакотерапії гіпертонічної хвороби (артеріальної гіпертензії) та удосконаленні маршрутизації пацієнтів з даною патологією на рівні первинної медичної допомоги й запропонувати практичні рекомендації щодо інтеграції фармацевтичної допомоги. **Матеріали та методи дослідження.** У якості матеріалів слугували інформаційні ресурси та нормативно-правова база медико-фармацевтичного спрямування щодо фармацевтичної допомоги пацієнтам з артеріальною гіпертензією. Дослідження виконано з використанням комплексу загальнонаукових та спеціальних методів. **Результати та їх обговорення.** Обґрунтовано інтеграцію клінічного фармацевта у менеджмент фармакотерапії гіпертонічної хвороби (артеріальної гіпертензії), систематизовано його основні ролі та функції на рівні первинної медичної допомоги. На підставі анкетного опитування пацієнтів з артеріальною гіпертензією проведено оцінку впливу клініко-фармацевтичного консультування клінічного фармацевта на рівень поін-

формованості пацієнтів з даною патологією щодо антигіпертензивної фармакоterapiї, їхньої прихильності до лікування, практики самоконтролю артеріального тиску. Нерегулярне використання результатів самоконтролю для корекції фармакоterapiї свідчить про потребу в посиленні ролі клінічного фармацевта у довготривалому супроводі пацієнтів з артеріальною гіпертензією. Проведено порівняльний аналіз організаційних моделей ведення пацієнтів з артеріальною гіпертензією на рівні первинної медичної допомоги, виявлені їх переваги та недоліки. Оптимальним напрямом розвитку ведення пацієнтів з артеріальною гіпертензією на рівні первинної медичної допомоги є поєднання командного підходу, телемедичних і телефармацевтичних інструментів та самоменеджменту хворих, що відповідає сучасним стратегіям громадського здоров'я та принципам сталого розвитку системи охорони здоров'я. Запропоновано клінічний маршрут пацієнта з артеріальною гіпертензією на рівні первинної медичної допомоги та практичні рекомендації щодо інтеграції фармацевтичної допомоги. **Висновки.** Інтеграція клінічного фармацевта у первинну медичну допомогу пацієнтам із гіпертонічною хворобою (артеріальною гіпертензією) буде сприяти оптимізації використання ресурсів вітчизняної системи охорони здоров'я, формуванню культури відповідального ставлення пацієнтів до власного здоров'я та зміцненню стійкості соціально-економічної детермінанти системи громадського здоров'я України.

Ключові слова: фармацевтична допомога; клінічний фармацевт; гіпертонічна хвороба; артеріальна гіпертензія; первинна медична допомога; менеджмент фармакоterapiї; клініко-фармацевтичне консультування; міждисциплінарна взаємодія; маршрутизація пацієнтів.

1. Problem statement

A strategically significant objective of a country's social policy is to ensure the provision of high-quality medical and pharmaceutical care to all segments of the population. Under current conditions, one of the most prevalent non-communicable diseases worldwide, including in Ukraine, and a leading risk factor for the development of cardiovascular complications that result in high mortality and disability rates among the population, is hypertensive disease (arterial hypertension), which remains a major global public health problem.

According to the World Health Organization (WHO), arterial hypertension affects approximately one third of the adult population worldwide. In Ukraine, the probability of death between the ages of 30 and 70 years from non-communicable diseases, particularly cardiovascular diseases, ranks first among causes of premature mortality. Reducing premature mortality from non-communicable diseases, including cardiovascular diseases, by one third by 2030 is one of the strategic objectives of the Sustainable Development Goals (SDGs), specifically Goal 3.4, established by the WHO [17, 31].

A substantial increase in the prevalence of arterial hypertension among the working-age population of Ukraine leads not only to medical but also to significant socio-economic consequences, including reduced labor productivity and increased healthcare system expenditures. Despite the availability of national programs and the implementation of governmental initiatives, the level of blood pressure control among patients receiving primary health care remains insufficient. The complexity of the situation is driven by limited economic access to modern antihypertensive medicines, low patient adherence to treatment, complexity of therapeutic regimens, comorbidity, insufficient

coordination and ineffective communication between healthcare professionals and patients, as well as the lack of a systematic approach to patient pathway management for individuals with arterial hypertension at the primary health care level. In this context, the integration of a clinical pharmacist into the primary health care team emerges as a promising approach to optimizing pharmaceutical care for patients with hypertensive disease. The involvement of a clinical pharmacist can enhance the effectiveness of arterial hypertension management through pharmacotherapy support, monitoring and control of drug-drug interactions, optimization of pharmacotherapy, implementation of patient education activities, and improvement of patient care pathways at the primary health care level [27]. However, within the national healthcare system, the role of clinical pharmacists remains insufficiently formalized and implemented.

2. Analysis of recent studies and publications

Issues related to optimizing the provision of pharmaceutical care to patients with cardiovascular diseases, including hypertensive disease, have recently received considerable attention and remain a constant focus of leading national pharmaceutical researchers. This is due to their contribution to improving the effectiveness of pharmacotherapy, reducing the risk of cardiovascular complications, increasing patient adherence to treatment, enhancing patients' quality of life, and ensuring the rational use of resources within the national healthcare system in the context of contemporary challenges. In particular, a group of authors [25] conducted a retrospective study on the consumption of medicines used for the treatment of arterial hypertension with the aim of further improving patient access to these medicines through the state reimbursement program. In study [9], the authors proposed approaches to

improving treatment compliance among patients with arterial hypertension. In publication [8], the process of pharmaceutical provision for patients with pulmonary hypertension was examined using the example of a specific city. In article [11], the authors analyzed the range of registered antihypertensive medicines available on the domestic pharmaceutical market and assessed their socio-economic affordability during pregnancy. Researchers in study [15] investigated pharmaceutical provision for patients with cardiovascular diseases within the framework of the governmental reimbursement program in order to evaluate its effectiveness in Ukraine. In study [2], the author substantiated the feasibility of expanding the pharmacist's functions within a comprehensive approach to the prevention of specific cardiovascular pathologies accompanied by comorbid conditions at the secondary and tertiary levels of healthcare delivery. The significant role of the clinical pharmacist in the management of arterial hypertension is supported by a growing body of scientific evidence obtained in various countries worldwide, highlighting the role and impact of pharmacists integrated into primary healthcare teams. In particular, publication [28] provides evidence of the importance of pharmaceutical care in the treatment of hypertension. The study demonstrates that pharmaceutical interventions have a positive effect on blood pressure control in patients with hypertension. Moreover, systematic reviews and meta-analyses indicate a statistically significant reduction in both systolic and diastolic blood pressure when clinical pharmacists are involved in patient care compared with standard treatment approaches, which is associated with a reduced risk of cardiovascular diseases in the long term. The authors in study [29] substantiated the involvement of pharmacists in the provision of care at the primary healthcare level, which ultimately leads to improved clinical outcomes in patients with hypertension. In randomized controlled trials, patients who received pharmaceutical care, including medication therapy review and individualized counseling, demonstrated significantly better blood pressure control, higher treatment adherence, and positive lifestyle-related behavioral changes compared with patients receiving standard care. The trend toward integrating pharmacists into multidisciplinary primary healthcare teams is becoming increasingly widespread in foreign countries, particularly in Canada, the United States of America, the United Kingdom, and Australia.

Interdisciplinary models of collaboration between pharmacists and primary healthcare

physicians involve shared patient management, the inclusion of pharmacists in pharmacotherapy-related decision-making, adjustment of medication regimens, and monitoring of treatment effectiveness. Evidence indicates that pharmacists are able to identify potential medication-related problems, perform dose adjustments, and provide recommendations that are frequently accepted by physicians, thereby enhancing the effectiveness of patient care [26].

Thus, considering international experience, clinical pharmacists within primary healthcare occupy a distinct professional role that creates prerequisites for expanding the scope of their functions within an interprofessional collaboration model. This model is aimed at the effective utilization, integration, and transformation of expert knowledge in the field of medicines into a valuable and reliable resource for physicians.

Contemporary international and national clinical guidelines, as well as recent professional standards, recognize pharmacists as key members of multidisciplinary teams in the management of chronic diseases, including hypertensive disease. Their role is described not only in the context of medication provision but also in terms of pharmaceutical care, which encompasses the evaluation of pharmacotherapy effectiveness, individualized patient counseling, and support for self-monitoring of blood pressure.

Studies by domestic researchers have highlighted challenges in providing pharmaceutical care to patients with hypertensive disease, including insufficient informational support for pharmacists, the need to enhance practical competencies in accordance with evidence-based medicine recommendations, and the necessity to formalize the role of pharmacists within state pharmaceutical care programs [7].

Despite a substantial body of research on pharmaceutical care for patients with cardiovascular diseases, the rationale for integrating clinical pharmacists into primary healthcare for the provision of medical and pharmaceutical care to patients with hypertensive disease, following the specific directions outlined in our study, has either not been addressed or has been explored only fragmentarily. The above considerations determined the relevance of this study and defined its aim, objectives, structure, and the logical sequence of the research.

Objective of the study. Based on the identified challenges and analysis of current scientific evidence, the aim of this work was to substantiate the feasibility of involving a clinical pharmacist in the management of pharmacotherapy for hypertensive disease (arterial hypertension), to

improve patient routing at the primary health care level, and to develop practical recommendations for the integration of pharmaceutical care.

3. Materials and methods

To achieve the outlined objectives, the study utilized medical and pharmaceutical informational resources related to pharmaceutical care for patients with arterial hypertension, including PubMed, Cochrane, Embase, and others. The legal and regulatory framework included the evidence-based clinical guideline «Arterial Hypertension» – KN 2024-1581, the unified clinical protocol for primary and specialized medical care «Hypertensive disease (Arterial Hypertension)» – GS 2024-1581, Ministry of Health of Ukraine orders, and international clinical guidelines and recommendations (ESC/ESH, WHO, ISH). The study was conducted using a combination of general scientific and specialized methods, enabling a systematic evaluation of the role of the clinical pharmacist in providing pharmaceutical care to patients with hypertensive disease within the primary healthcare setting.

Presentation of the main research material.

In the current context of healthcare system transformation and the increasing burden of non-communicable diseases, particularly hypertensive disease, the search for effective interdisciplinary models of care at the primary healthcare level has become especially relevant. Arterial hypertension, as a leading modifiable cardiovascular risk factor, is characterized by high prevalence, chronic progression, and significant dependence of clinical outcomes on the rationality and continuity of pharmacotherapy. Despite the availability of evidence-based clinical guidelines and a wide range of antihypertensive medications, the achievement of target blood pressure levels in real-world clinical practice remains insufficient. This is largely due to issues such as poor medication adherence, polypharmacy, drug–drug interactions, and the limited time available to primary care physicians for in-depth pharmacotherapy management. In this context, the integration of a clinical pharmacist as a specialist in medication therapy management into the primary healthcare team is considered a scientifically justified and practically feasible tool to improve the quality and safety of treatment for patients with hypertensive disease. Therefore, the present study focused on a systematic analysis of the potential role of clinical pharmacists in the management of pharmacotherapy for hypertensive disease (arterial hypertension), justification of their functional role within a multidisciplinary primary care team, and identification of strategies

to optimize pharmaceutical care, taking into account patient needs and current evidence-based medicine standards.

We have systematized the main roles and functions of clinical pharmacists in the management of hypertensive disease (arterial hypertension) at the primary healthcare level (Table 1), substantiated the rationale for involving this specialist, and assessed their impact on patient treatment outcomes.

Contemporary approaches to the management of patients with hypertensive disease are based on the concept of interdisciplinary collaboration, which предусматрює the involvement of healthcare professionals from various disciplines in the provision of care at the primary healthcare level [34,35]. In this context, the clinical pharmacist is regarded as an important member of the primary healthcare team, capable of providing pharmaceutical support for medication therapy aimed at improving its effectiveness, safety, and accessibility for patients with arterial hypertension. An analysis of current scientific evidence indicates that the integration of clinical pharmacists into the primary healthcare system aligns with the present challenges of managing chronic non-communicable diseases and the principles of patient-centered care [23,24].

One of the key areas of activity of the clinical pharmacist in the management of hypertensive disease is the assessment of the rationality of prescribed pharmacotherapy. The involvement of pharmacists in the analysis of treatment regimens enables the identification of potential drug–drug interactions, irrational combinations of antihypertensive medicines, duplication of therapy, and risks of adverse drug reactions. This is particularly relevant for patients with comorbid conditions who receive complex, multi-component medication regimens. In this regard, the clinical pharmacist performs the role of a medication safety expert, contributing to the optimization of pharmacotherapy and the reduction of medication-related risks [10,18,33].

An essential component of the integrated pharmaceutical care model is the participation of the clinical pharmacist in the individualization of treatment for patients with hypertensive disease. Taking into account patient age, comorbidities, cardiovascular risk, and lifestyle characteristics, the pharmacist can provide evidence-based recommendations regarding the selection of medicines, dose adjustments, and dosing regimens. Such a personalized approach enhances the effectiveness of antihypertensive therapy and facilitates the achievement of target blood pressure levels, as confirmed by the results of clinical studies and systematic reviews [20,21].

Table 1

Roles and functions of the clinical pharmacist in the management of hypertensive disease (arterial hypertension) at the primary healthcare level

Role of the Clinical Pharmacist in Disease Management	Key Functions of the Clinical Pharmacist	Expected Impact on Treatment Outcomes
Pharmacotherapy Assessment	Analysis of prescribed antihypertensive medications; identification of potential drug–drug interactions, therapy duplication, irrational combinations; evaluation of adherence to clinical guidelines	Increased safety of pharmacotherapy; reduced incidence of adverse drug reactions; optimization of treatment regimens
Pharmacotherapy Individualization	Consideration of age, comorbidities, concomitant diseases, and risk of complications; involvement in dose adjustments and selection of medications	Enhanced treatment effectiveness; achievement of target blood pressure levels
Clinical-Pharmaceutical Patient Counseling	Providing information on medication regimen, duration of therapy, possible side effects; explaining the importance of regular treatment	Improved patient adherence; reduced self-discontinuation of medications
Monitoring Treatment Adherence	Identifying causes of poor adherence (adverse effects, complex regimens, financial constraints); providing recommendations to simplify therapy	Enhanced compliance; stabilization of blood pressure
Educational Activities and Prevention	Informing patients about non-pharmacological measures (lifestyle modification, diet, physical activity); training in self-monitoring of blood pressure	Reduced cardiovascular risk; increased patient responsibility for their own health
Interdisciplinary Collaboration	Cooperation with primary care physicians; providing recommendations for therapy adjustments; involvement in shared patient management	Improved quality of medical care; harmonization of therapeutic decisions
Pharmacovigilance and Safety	Detection and documentation of adverse reactions to antihypertensive medications; participation in pharmacovigilance; informing the professional medical community	Reduced medication-related risks; improved drug safety

A particularly important aspect of the professional activity of the clinical pharmacist is clinical-pharmaceutical counseling and patient education. To assess the impact of clinical-pharmaceutical counseling on the level of patient awareness regarding antihypertensive pharmacotherapy, treatment adherence, and blood pressure self-monitoring practices, as well as to determine the role of the clinical pharmacist in improving blood pressure control and optimizing pharmaceutical care at the primary healthcare level, a patient questionnaire survey was conducted among individuals with hypertension at selected healthcare facilities in the city of Kharkiv. The majority of respondents reported having received clinical-pharmaceutical counseling; however, only 37% indicated that explanations regarding the mechanism of action of antihypertensive medicines were provided in a complete and comprehensible manner (Figure 1).

The results of the content analysis [19,22,30,36] and the questionnaire survey confirmed that low patient adherence to antihypertensive pharmacotherapy remains one of the leading causes of inadequate blood pressure control.

Despite the fact that the majority of patients reported having contact with a clinical pharmacist (Figure 1), only 37% perceived the counseling as comprehensive and understandable. A substantial proportion of respondents indicated the absence or insufficiency of discussion regarding adverse drug reactions and drug–drug interactions, which is a critical factor in the formation of treatment adherence. Systematic counseling on the rules of medication use, duration of treatment, possible adverse effects, and the necessity of continuous pharmacotherapy contributes to the development of a conscious and responsible patient attitude toward treatment. In addition, the clinical pharmacist plays an important role in the implementation of non-pharmacological interventions, including lifestyle modification, weight management, healthy dietary practices, and self-monitoring of blood pressure. It was found that an additional limiting factor in the effectiveness of hypertensive disease treatment is insufficiently developed skills in blood pressure self-monitoring. Regular home blood pressure monitoring is performed by less than half of the surveyed patients (42%),

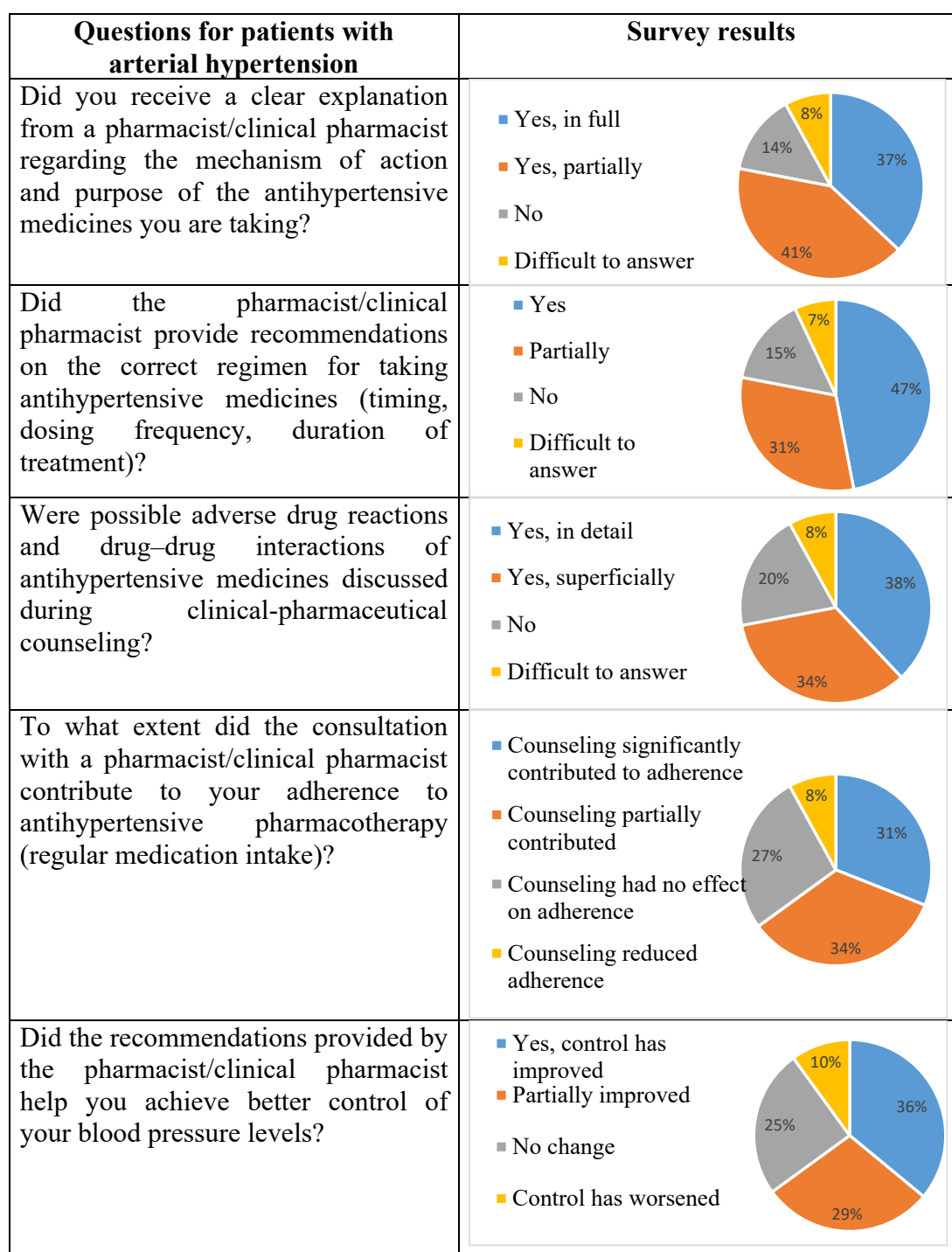


Fig. 1. Results of the questionnaire survey of patients with arterial hypertension

while only 28% keep a self-monitoring diary. The irregular use of self-monitoring results for pharmacotherapy adjustment indicates the need to strengthen the role of the clinical pharmacist in the long-term management of patients with arterial hypertension. Involving pharmacists in educational and counseling activities can increase patient awareness of the disease, non-pharmacological preventive measures, and the importance of regular blood pressure monitoring.

Collectively, these measures create prerequisites for improving long-term clinical outcomes, reducing the incidence of complications, and enhancing the quality of life of patients with hypertensive disease.

One of the key professional functions of the clinical pharmacist in the management of hypertensive disease is the systematic monitoring of patient adherence to prescribed antihypertensive therapy. This process is

considered multidimensional and includes the assessment of medication-taking regularity, adherence to dosing regimens, duration of treatment, and correct use of combination pharmacotherapy. By using validated adherence assessment tools (including questionnaires, analysis of medication dispensing data, and pharmacotherapeutic interviews), the clinical pharmacist identifies both intentional and unintentional non-adherence caused by adverse drug reactions, complex therapeutic regimens, insufficient patient knowledge of pharmacotherapy, or socio-economic factors. Based on the data obtained, the clinical pharmacist develops individualized adherence-enhancing strategies that include optimization of medication regimens, educational counseling, pharmacovigilance, and interdisciplinary communication with primary care physicians. It can be argued that the integration of clinical pharmacists into primary healthcare positively contributes to strengthening interprofessional collaboration between physicians and pharmaceutical professionals, which ultimately facilitates the achievement of target blood pressure levels, reduces the risk of cardiovascular complications, and improves the effectiveness of long-term hypertensive disease treatment. Effectively coordinated interdisciplinary communication between clinical pharmacists and primary care physicians enables more informed clinical decision-making and ensures continuity of care for patients with hypertensive disease.

Within the context of pharmacovigilance and pharmacotherapy safety, the clinical pharmacist plays a leading role in the identification, assessment, and prevention of adverse drug reactions in patients with chronic diseases, including hypertensive disease. Their activities are focused on the systematic analysis of individual treatment regimens, taking into account pharmacokinetic and pharmacodynamic properties of medications, potential drug-drug interactions, comorbid conditions, and age-related changes that may increase the risk of medication-related complications. The clinical pharmacist actively monitors safety by collecting and interpreting data on adverse effects, establishing causal relationships between antihypertensive drug use and observed reactions, and initiating pharmacotherapy adjustments through interdisciplinary collaboration with physicians. An important component of this activity is participation in national and local pharmacovigilance systems, increasing patient awareness of safe medication use and early recognition of adverse reactions, which collectively contributes to risk minimization,

improved quality of pharmaceutical care, and optimized clinical outcomes.

The defined roles of the clinical pharmacist in the management of hypertensive disease and the systematization of the main functional areas of their activity in providing pharmaceutical care to patients with arterial hypertension at the primary healthcare level reflect a transition from the traditional pharmacist role, focused primarily on medication dispensing, to a clinically oriented pharmaceutical practice model. This model involves active participation in medication therapy management, monitoring of effectiveness and safety, and fostering patient adherence to treatment. Of particular importance are functions related to pharmacotherapy individualization and pharmacovigilance, which directly influence the reduction of medication-related risks and the improvement of antihypertensive treatment outcomes. The outlined functions emphasize the importance of interdisciplinary collaboration within the primary healthcare system, consistent with contemporary approaches to managing chronic non-communicable diseases. The implementation of clinically oriented pharmacist functions confirms the feasibility and relevance of developing integrated pharmaceutical care models in primary healthcare.

An important element of the modern healthcare system that contributes to improving the quality, effectiveness, and safety of medical and pharmaceutical care is the clinical patient routeway.

The clinical routeway for patients with arterial hypertension at the primary healthcare level in Ukraine is based on the following documents: «The evidence-based clinical guideline «Arterial Hypertension» (KN 2024-1581) and the Unified Clinical Protocol for Primary and Specialized Medical Care «Hypertensive disease (Arterial Hypertension)» (GS 2024-1581), approved by the Ministry of Health of Ukraine.

The clinical guideline represents an adaptation for the Ukrainian healthcare system of the «ESH Guidelines for the Management of Arterial Hypertension developed by the Task Force of the European Society of Hypertension and endorsed by the European Renal Association (ERA) and the International Society of Hypertension (ISH)» (2023). This guideline was selected as an example of best practice in the provision of medical care for patients with arterial hypertension and is based on evidence-based medicine data regarding the effectiveness and safety of medical interventions, pharmacotherapy, and organizational principles of care delivery [13].

The Unified Clinical Protocol for Primary and Specialized Medical Care «Hypertensive

disease (Arterial Hypertension)», developed in accordance with modern evidence-based medicine requirements, addresses the principles of diagnosis, treatment, and prevention of hypertensive disease (arterial hypertension) in Ukraine from the perspective of continuity and sequencing of healthcare services. The protocol is based on the adapted evidence-based clinical guideline «Arterial Hypertension» [14].

Based on the content analysis [1,3,4,5,6,12,16,32], organizational models for the management of patients with arterial hypertension at the primary healthcare level were analyzed. A comparative characterization of these organizational models, along with their advantages and disadvantages, is presented in Table 2.

The analysis of organizational models for managing patients with arterial hypertension at the level of primary health care demonstrates that the classical physician-centered model is the easiest to implement; however, it fails to ensure an adequate level of effectiveness due to excessive physician workload and low patient adherence to treatment. In contrast, the team-based (multidisciplinary) model and the shared care model show higher effectiveness owing to a multidisciplinary approach, although they require additional resources and coordination. The conducted analysis of organizational models

for managing patients with arterial hypertension at the primary care level made it possible to identify key problems in existing patient routeways. The main challenges include limited access to medical care (in particular, the lack of cardiologists in rural and remote regions), insufficient communication between family physicians, cardiologists, and pharmacists/clinical pharmacists, and low patient adherence to therapy. From our perspective, models with active involvement of pharmacists and the use of digital technologies are particularly promising for Ukraine, as they improve access to care, enhance blood pressure control, and contribute to the development of a patient-centered health care system.

To improve the quality and accessibility of medical and pharmaceutical care, expanding the role of clinical pharmacists within the primary health care system is of strategic importance. Such an approach enables a reduction in physician workload, improves patient adherence to pharmacotherapy, facilitates timely identification of potential risks and adverse drug reactions associated with antihypertensive medications, and supports the integration of pharmaceutical care into a multidisciplinary team. This aligns with modern public health standards and the principles of sustainable development of the health care system.

Table 2

Comparative characteristics of organizational models for the management of patients with arterial hypertension at the primary healthcare level

Model	Characteristics	Advantages	Disadvantages
Classical model (physician-centered)	Patient management exclusively by a family physician	Simplicity of organization; clear and understandable for patients	High workload for the physician; low effectiveness in chronic disease management; poor patient adherence
Team-based (multidisciplinary) model	Involvement of a physician, nurse, pharmacist/clinical pharmacist, and, if needed, a cardiologist, dietitian, psychologist	Reduced physician workload; improved blood pressure control and quality of care	Requires additional resources and coordination
Shared care model	Joint follow-up by a family physician and a cardiologist	Optimal for high-risk patients; reduced complications	Limited availability of specialists, especially in rural areas
Model with active involvement of a clinical pharmacist	Pharmacist/clinical pharmacist monitors adherence, educates patients, and tracks drug–drug interactions	Increased adherence to therapy; reduced uncontrolled arterial hypertension	Requires expansion of pharmacists' /clinical pharmacists' competencies and improvement of the regulatory framework
Telemedicine / digital model	Use of mobile applications, online consultations, electronic patient records	Convenience; continuous monitoring; improved access in remote areas	Digital divide; need for technical infrastructure
Patient-oriented model (self-management)	Patients actively monitor blood pressure, keep diaries, and implement lifestyle changes	Enhances patient responsibility; supports long-term control	Requires high patient motivation; risk of poor adherence

In this context, particular attention should be paid to evidence-based clinical guidelines developed by the European Society of Cardiology (ESC) and the American Heart Association (AHA), as well as U.S. clinical guidelines for pharmacists on the management of patients with cardiovascular diseases, including pharmacist-led counseling aimed at rehabilitation and prevention of secondary cardiovascular complications. The ESC/AHA clinical guidelines incorporate principles of rational pharmacotherapy and consider potential drug–drug interactions. U.S. clinical guidelines for pharmacists provide more systematic guidance on medication use from the perspective of dosing, frequency and duration of administration, as well as potential drug interactions and adverse drug reactions. These documents emphasize the importance of collaborative practice between physicians and pharmacists within multidisciplinary teams [2].

The implementation of a multidisciplinary model with the active involvement of family physicians, nurses, clinical pharmacists, and, when necessary, cardiologists, dietitians, and psychologists is expected to reduce the workload of primary care physicians, improve the quality of blood pressure control, and decrease the risk of cardiovascular complications.

In the digital environment, the development of digital tools – such as electronic health records, telemedicine and telepharmacy services, mobile applications for blood pressure monitoring, and online platforms for ordering antihypertensive medications – plays a key role in improving the accessibility and effectiveness of medical and pharmaceutical care for patients with arterial hypertension. The implementation of electronic health records enables convenient and secure information exchange between patients and various health care professionals, facilitates data integration, and supports timely clinical decision-making. Telemedicine consultations allow patients to receive prompt support regardless of geographical location, reduce the burden on primary care services, and contribute to the early detection of complications. Telepharmacy enables patients with arterial hypertension to receive remote pharmaceutical counseling, timely adjust therapy, and monitor adverse effects of antihypertensive medications. This approach improves adherence to pharmacotherapy, enhances blood pressure control, and reduces the risk of cardiovascular complications. Mobile applications for self-monitoring of blood pressure encourage active patient participation in disease management, increase treatment adherence, and provide clinicians with real-world data for therapy adjustment. Online services for ordering

antihypertensive medications ensure rapid and convenient access to essential medicines without the need to visit a pharmacy, thereby promoting regular medication intake, reducing the risk of missed doses, and improving the effectiveness of blood pressure control. Collectively, these digital solutions contribute to improved quality of medical and pharmaceutical care, optimization of health care resources, and effective implementation of public health strategies.

Supporting a patient-centered approach through educational programs and the development of self-monitoring skills is essential for effective management of arterial hypertension. Educating patients on blood pressure measurement, symptom recognition, and the correct use of antihypertensive medications enhances their responsibility for their own health. Motivation to adopt lifestyle modifications – including balanced nutrition, regular physical activity, stress reduction, and decreased salt intake – contributes to blood pressure stabilization, reduction of cardiovascular risk, and improvement in the quality of life of patients with arterial hypertension.

Thus, the optimal direction for the development of hypertension management at the primary health care level involves the integration of a team-based approach, telemedicine and telepharmacy tools, and patient self-management. This integrated model is consistent with contemporary public health strategies and the principles of sustainable development of the health care system.

The practical recommendations proposed for optimizing the management of patients with arterial hypertension at the primary care level in Ukraine are presented in Figure 2.

The conducted analysis of organizational models for managing patients with arterial hypertension at the primary health care level, combined with a comparison of existing patient routing algorithms, allowed the identification of potential intervention points for clinical pharmacists. This analysis revealed key issues in the current routing system, including barriers to accessing medical care (such as the lack of cardiologists in rural and remote regions of the country), insufficient communication between family physicians, cardiologists, and clinical pharmacists, and low patient adherence to treatment and preventive measures. In our view, the primary strategy for optimization is the implementation of structured clinical pathways for patients with arterial hypertension at the primary health care level. Such an approach is expected to reduce the incidence of cardiovascular complications and hospitalizations, optimize the utilization of health care system resources,

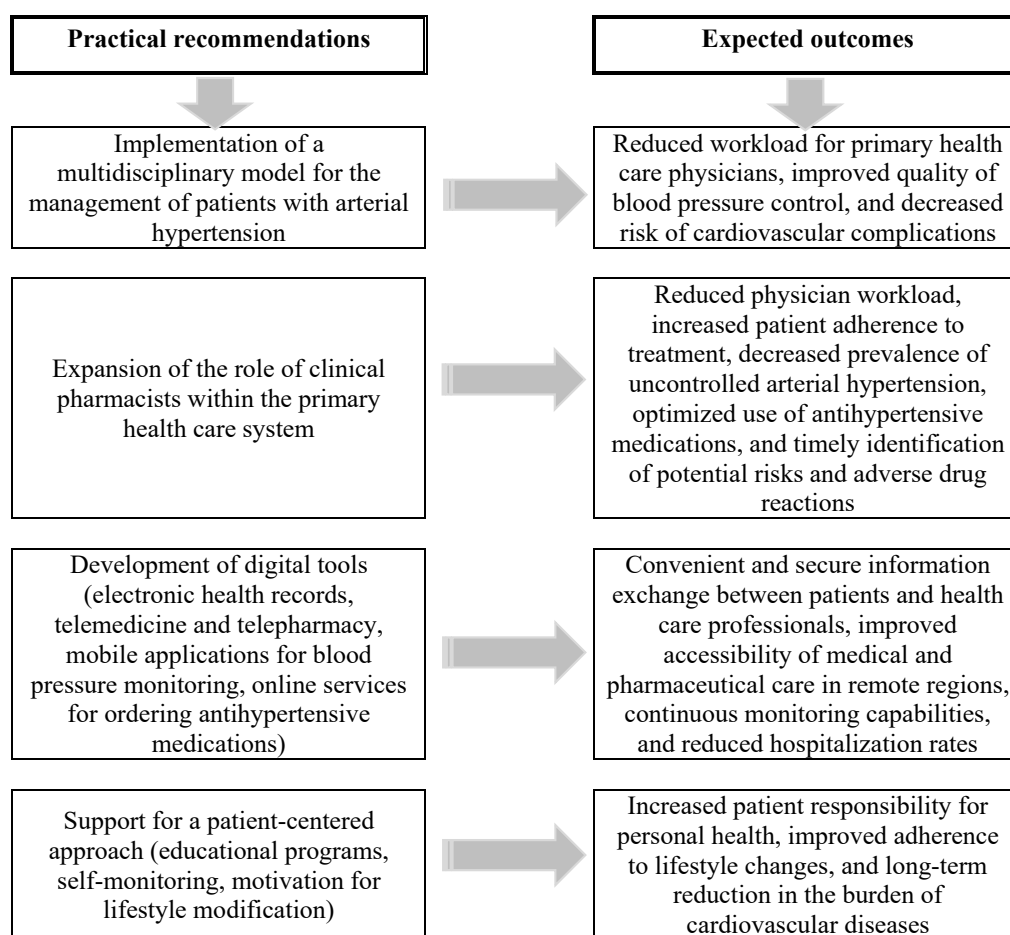


Fig. 2. Practical recommendations for optimizing the management of patients with arterial hypertension at the level of primary health care in Ukraine

and enhance the effectiveness of preventive interventions. In the long term, the adoption of clinical pathways is anticipated to contribute to a reduction in population mortality from cardiovascular diseases, including hypertensive disease, foster a culture of responsible self-care, and strengthen the resilience of the public health system. Accordingly, we have developed a clinical pathway for patients with arterial hypertension at the primary health care level (Figure 3), which integrates a multidisciplinary team approach, telemedicine and telepharmacy, as well as patient self-management.

The optimization of patient pathways for arterial hypertension at the primary health care level involves a transition from the traditional physician-centered model to more comprehensive approaches that integrate a multidisciplinary team, digital technologies, and active patient engagement. The involvement of a clinical pharmacist in the routing of patients with arterial hypertension within primary care is expected to enhance the effectiveness of blood pressure control, pharmacotherapy, and preventive interventions; reduce the risk of cardiovascular

complications, hospitalizations, and mortality; improve patients' quality of life; optimize the use of healthcare system resources; promote a culture of patient responsibility for their own health; and strengthen the resilience of the socio-economic determinants of the national public health system [27].

4. Conclusions and prospects for further research:

1. The scientific and practical rationale for involving clinical pharmacists in the management of pharmacotherapy for hypertensive disease (arterial hypertension) and their integration into primary healthcare for patients has been substantiated.

2. The main roles and functional directions of clinical pharmacists in managing medication therapy, enhancing patient adherence, and improving blood pressure control have been analyzed.

3. The feasibility of involving clinical pharmacists in optimizing patient pathways for arterial hypertension at the primary healthcare level has been justified, and practical

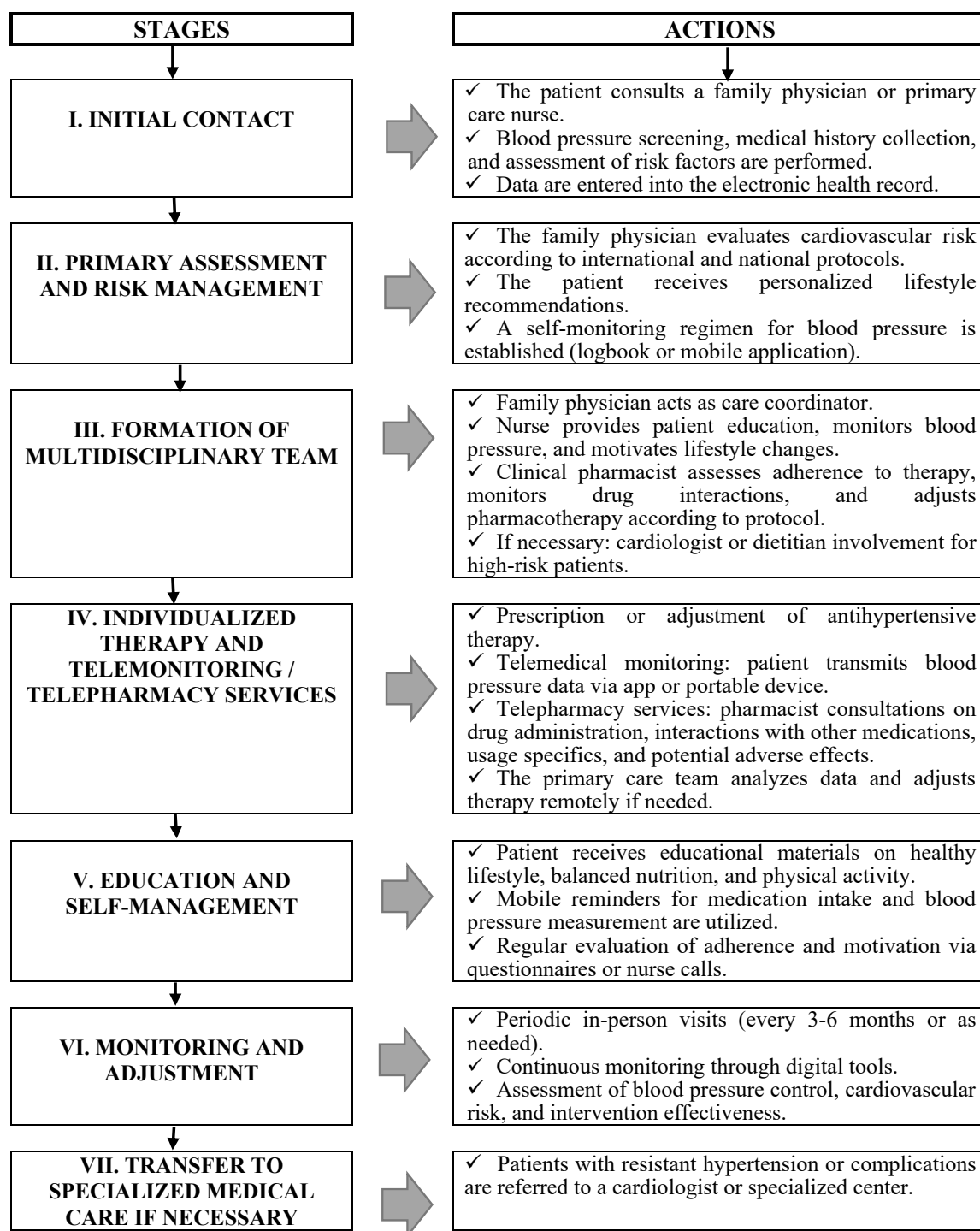


Fig. 3. Clinical pathway for patients with arterial hypertension at the primary care level

recommendations for integrating pharmaceutical care have been proposed.

4. Prospects for further research include the development and testing of systematic approaches to integrate clinical pharmacists into primary healthcare, including regional collaboration protocols, digital platforms for coordinating pharmacotherapy, and interprofessional training programs. It is advisable to assess the impact of such models on clinical, economic, and

social outcomes, including the reduction of hypertension-related complications, increased patient satisfaction, and the efficiency of resource utilization within the national healthcare system.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці та апробації системних підходів до інтеграції клінічних фармацевтів у первинну медичну допомогу, включно з регіональними протоколами співпраці, цифровими платформами для координації

фармакотерапії та міжпрофесійними навчальними програмами. Доцільно оцінити вплив таких моделей на клінічні, економічні та соціальні показники, включно зі скороченням ускладнень гіпертонії, підвищенням задоволеності пацієнтів та ефективністю ресурсів національної системи охорони здоров'я.

Обмеження дослідження. Проведене дослідження має обмеження, яке слід враховувати при інтерпретації отриманих результатів. Застосований метод анкетного опитування пацієнтів з артеріальною гіпертензією може бути пов'язаний із ризиком суб'єктивності їх відповідей. Незважаючи на зазначені обмеження, отримані результати мають практичну цінність для обґрунтування доцільності інтеграції клінічного фармацевта у систему первинної медичної допомоги та подальшого вдосконалення маршрутизації пацієнтів з артеріальною гіпертензією.

Конфлікт інтересів
Відсутній.

Використання штучного інтелекту

З метою перевірки граматики, стилістичного редагування матеріалу в процесі підготовки статті було використано інструмент штучного інтелекту. Застосування штучного інтелекту обмежувалося редагування тексту та не впливало на інтерпретацію наукових даних, формулювання висновків або змістовну частину дослідження.

Первинні дані та матеріали

Інформаційні ресурси включали бази даних PubMed, Cochrane та Embase, а також національні та міжнародні нормативно-правові й клінічні джерела. Зокрема, використано клінічну настанову, засновану на доказах «Артеріальна гіпертензія» (КН 2024-1581), уніфікований клінічний протокол первинної та спеціалізованої медичної допомоги «Гіпертонічна хвороба (артеріальна гіпертензія)» (ГС 2024-1581), накази Міністерства охорони здоров'я України, а також міжнародні клінічні настанови та рекомендації Європейського товариства кардіологів/Європейського товариства гіпертензії (ESC/ESH), Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO) та Міжнародного товариства гіпертензії (ISH).

Інформація про фінансування

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

Внесок авторів:

Анжела ОЛЬХОВСЬКА: А, В, С, D, Е, F.

Костянтин СОКОЛ: А, С, F.

Олена КУПІНА: В, С, D.

Андрій БЕРЕЗНЯКОВ: В, С.

А – концепція та дизайн дослідження; В – збір даних; С – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; Е – редагування статті; F – остаточне затвердження статті.

REFERENCES

1. Aleksandruk, N. (2023). Rekomendatsii ESH-2023 shchodo vedennia patsiientiv z arterialnoiu hipertenziiu. Chastyna 1. Patofiziologhiia, klasyfikatsiia ta diagnostyka [ESH-2023 recommendations for the management of patients with arterial hypertension. Part 1. Pathophysiology, classification and diagnosis]. Medychna hazeta "Zdorovia Ukrainy 21 storichchia", 15(551), 10–11.
2. Bilousova, N. (2024). Obgruntuvannia rozshyrennia funktsii farmatsevtu pry profilaktytsi ishemichnoi khvorozy sertsia na vtorynnomu ta tretynnomu rivniakh medychnoi dopomohy [Justification for expanding pharmacists' functions in the prevention of coronary heart disease at the secondary and tertiary levels of medical care]. Suchasna medytsyna, farmatsiia ta psykhologichne zdorovia, 3(17), 41–50.
3. Babak, O. Ya., Vizir, M. O., Panchenko, H. Yu. et al. (Comp.). (2019). Vedennia khvorocho z arterialnoiu hipertenziiu (suchasna praktyka vnutrishnoi medytsyny z nevidkladnymy stanamy): metod. vkaz. dlia studentiv ta likariv-interniv [Management of patients with arterial hypertension (modern practice of internal medicine with emergency conditions): methodological guidelines for students and medical interns]. Kharkiv: KhNMU.
4. WHO Regional Office for Europe. (2023). HEARTS: tekhnichniy paket zakhodiv dlia vedennia patsiientiv iz sertsevo-sudynnykh zakhvoriuvanniamy na rivni pervynnoi medychnoi dopomohy: komandnyi pidkhid do vedennia patsiientiv [HEARTS: Technical package for cardiovascular disease management in primary health care: team-based care]. URL: <https://surl.li/prnbkn>
5. WHO Regional Office for Europe. (2023). HEARTS: tekhnichniy paket zakhodiv dlia vedennia patsiientiv iz sertsevo-sudynnykh zakhvoriuvanniamy na rivni pervynnoi medychnoi dopomohy: posibnyk iz realizatsii [HEARTS: Technical package for cardiovascular disease management in primary health care: implementation guide]. URL: <https://surl.li/iseqqg>.
6. WHO Regional Office for Europe. (2023). HEARTS: tekhnichniy paket zakhodiv dlia vedennia patsiientiv iz sertsevo-sudynnykh zakhvoriuvanniamy na rivni pervynnoi medychnoi dopomohy: systemy monitorynhu [HEARTS: Technical package for cardiovascular disease management in primary health care: monitoring systems]. URL: <https://surl.li/cgreth>.

7. Huz, V. S. (2023). Vyvchennia poinformovanosti ta uchasti farmatsevtiv v uriadovii prohrami “Dostupni Liky” [Study of pharmacists’ awareness and participation in the government program “Affordable Medicines”]. *Sotsialna farmatsiia v okhoroni zdorovia*, 9(3), 50–56. DOI <https://doi.org/10.24959/sphhcj.23.296>.
8. Datsenko, I. S., Kabachna, A. V., & Hulpa, V. S. (2022). Orhanizatsiia farmatsevychnoho zabezpechennia khvorykh na lehenevu hipertenziiu v Ukraini na prykladi m. Kyieva [Organization of pharmaceutical provision for patients with pulmonary hypertension in Ukraine on the example of Kyiv]. *Farmatsevychnyi zhurnal*, 2, 3–14. DOI <http://doi.org/10.32352/0367-3057.2.22.01>.
9. Kireiev, I. V., & Zhabotynska, N. V. (2022). Vyvchennia vplyvu dotrymannia suchasnykh rekomendatsii shchodo antyhipertenzyvnoi terapii na komplans patsientiv z arterialnoiu hipertenziiu [Study of the influence of adherence to modern antihypertensive therapy recommendations on compliance of patients with arterial hypertension]. *Sotsialna farmatsiia v okhoroni zdorovia*, 8(1), 27–33. DOI <http://doi.org/10.24959/sphhcj.22.248>.
10. Kireiev, I. V., Zhabotynska, N. V., Tsemenko, K. V., Bakumenko, M. H., & Olishechuk, I. A. (2023). Rol klinichnoho farmatsevtu v realizatsii suchasnykh rekomendatsii z farmakoterapii arterialnoi hipertenzii [The role of the clinical pharmacist in implementing modern recommendations for pharmacotherapy of arterial hypertension]. *Sotsialna farmatsiia v okhoroni zdorovia*, 9(4), 31–38. DOI <https://doi.org/10.24959/sphhcj.23.303>.
11. Maksymovych, N. M., & Zaliska, O. M. (2024). Analiz asortymentu likarskykh zasobiv dla terapii arterialnoi hipertenzii pid chas vahitnosti [Analysis of the assortment of medicines for the treatment of arterial hypertension during pregnancy]. *Farmatsevychnyi zhurnal*, 1, 3–12. DOI <https://doi.org/10.32352/0367-3057.1.24.01>.
12. Mararash, H. H., & Boreiko, L. D. (2021). Otsinka efektyvnosti navchannia khvorykh na arterialnu hipertenziiu [Evaluation of the effectiveness of education for patients with arterial hypertension]. *Visnyk medychnykh i biolohichnykh doslidzhen*, 1, 21–28. DOI <https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2021.1.11918>.
13. Ministry of Health of Ukraine. (2024). Arterialna hipertenzia: Klinichna nastanova, zasnovana na dokazakh [Arterial hypertension: Evidence-based clinical guideline]. State Expert Center of the Ministry of Health of Ukraine. URL: <https://surli.cc/lbtudx>.
14. Ministry of Health of Ukraine. (2024). Unifikovanyi klinichniy protokol pervynnoi ta spetsializovanoi medychnoi dopomohy “Hipertonichna khvoroba (arterialna hipertenzia)” [Unified clinical protocol of primary and specialized medical care “Hypertensive disease (arterial hypertension)”]. URL: <https://surli.li/dscqvw>.
15. Nemchenko, A. S., Popova, I. A., & Demchenko, N. V. (2024). Doslidzhennia farmatsevychnoho zabezpechennia khvorykh na sertsevo-sudynni zakhvoriuvannia v ramkakh prohramy “Dostupni liky” [Study of pharmaceutical provision for patients with cardiovascular diseases within the framework of the “Affordable Medicines” program]. *Health & Education*, 1, 121–130. DOI <https://doi.org/10.32782/health-2024.1.16>.
16. Ustinov, O. V. (2022). MOZ naholoshuie na neobkhidnosti pravylnoi marshrutyzatsii patsientiv z insul'tom [The Ministry of Health emphasizes the need for proper routing of stroke patients]. *Ukrainskyi medychnyi chasopys*. URL: <https://surli.lu/ovwqio>.
17. Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. (2021). Sertsevo-sudynni zakhvoriuvannia – holovna prychna smerti ukraintsiv. Vysnovky z doslidzhennia Hlobalnogo tiaharia khvorob u 2019 rotsi [Cardiovascular diseases are the leading cause of death among Ukrainians. Findings from the Global Burden of Disease Study 2019]. <https://surli.li/dpuwww>.
18. Alshahrani, A. M. et al. (2021). Hypertensive Patient Compliance with Pharmacist Intervention: A Systematic Review. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 33(39B), 85–97. <https://doi.org/10.9734/jpri/2021/v33i39b32182>.
19. Brouwers, S. et al. Arterial hypertension (2021). *The Lancet*, 398(10296), 249–261. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)00221-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00221-x).
20. Burnier, M., Egan, B. M. (2019). Adherence in Hypertension. *Circulation Research*. 124(7), 1124–1140. <https://doi.org/10.1161/circresaha.118.313220>.
21. Carter B. L. et al. (2009). The Potency of Team-Based Care Interventions for Hypertension. *Archives of Internal Medicine*, 169(19). <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.316>.
22. Gastens, V. et al. (2022). Pharmacist care in hypertension management: systematic review of randomized controlled trials. *European Journal of Public Health*, 32(3), 465–466. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac131.132>.
23. Gastens, V. et al. (2022). Pharmacist interventions to improve hypertension management: protocol for a systematic review of randomised controlled trials. *BMJ Open*, 12(5), e059399. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-059399>.
24. Gastens, V. et al. (2025). Pharmacists delivering hypertension care services: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2025.1477729>.
25. Gonchar, A., Sholoiko, N., Kosyachenko, K., Komarida, O. (2025). Research on the consumption of two-component fixed combinations of medicines for the treatment of arterial hypertension in Ukraine in the period from 2020–2023 and the use of the results in the context of optimization of pharmaceutical assistance and the prospects of their inclusion in state reimbursement programs. *ScienceRise: Pharmaceutical Science*, 3(55), 4–19. <http://doi.org/10.15587/2519-4852.2025.336898>.
26. Khaira, M. et al. (2020). The Evolving Role and Impact of Integrating Pharmacists into Primary Care Teams: Experience from Ontario, Canada. *Pharmacy*, 8(4), P. 234. <https://doi.org/10.3390/pharmacy8040234>.

27. Olkhovska, A.B., Kupina, O.V., Tolmachova, I.M. (2025). The role of a clinical pharmacist in the routing of patients with arterial hypertension at the level of primary medical care. *Актуальні питання клінічної фармакології та клінічної фармації (Topical issues of clinical pharmacology and clinical pharmacy): матеріали наук.-практ. Інтернет-конф. з міжнар. участю. м. Харків, 28 жовт. 2025 р. Харків: НФаУ, 2025. С. 69–70.*
28. Santschi, V., Tsuyuki, R. T., Paradis, G. (2015). Evidence for pharmacist care in the management of hypertension. *Canadian Pharmacists Journal / Revue des Pharmaciens du Canada*, 148(1), 13–16. <https://doi.org/10.1177/1715163514560564>.
29. Sookaneknun, P. et al. (2004). Pharmacist involvement in primary care improves hypertensive patient clinical outcomes. *Annals of Pharmacotherapy*, 38(12), 2023–2028. <https://doi.org/10.1345/aph.1d605>.
30. Strand, L. et al. (2004). The Impact of Pharmaceutical Care Practice on the Practitioner and the Patient in the Ambulatory Practice Setting: Twenty-five Years of Experience. *Current Pharmaceutical Design*, 10(31), 3987–4001. <https://doi.org/10.2174/1381612043382576>.
31. Sustainable Development Goals. *World Health Organization (WHO)*. URL: <https://surl.li/jcaexn>.
32. The realities of hypertension management in Ukraine. (2022). *BJGP Life*. <https://surl.li/rxyjlt>.
33. Vrijens, B. et al. (2012). A new taxonomy for describing and defining adherence to medications. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 73(5), 691–705. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04167.x>.
34. WHO: Hypertension. (2025). *World Health Organization fact sheets*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>.
35. Williams, B. et al. (2018). 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *European Heart Journal*, 39(33), 3021–3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>.
36. Zhou, B. et al. (2021). Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. *The Lancet*, 398(10304), 957–980. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)01330-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)01330-1).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Olkhovska Anzhela

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor,
Professor at the Department of General Pharmacy
*National Technical University «Kharkiv
Polytechnic Institute»*
angela.olkhovskaya@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0237-574

Sokol Konstantin

PhD of Medical Sciences, Professor, Professor at
the Department of Public Health and Healthcare
Management
Kharkiv National Medical University
sokol@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6849-579X

Kupina Olena

Higher Education Applicant at the Department of
Public Health and Healthcare Management
Kharkiv National Medical University
kupinakupina2002@gmail.com
ORCID: 0009-0003-7075-0683

Berezniakov Andriy

PhD of Pharmaceutical Sciences, Associate
Professor, Associate Professor at the Department of
Clinical Pharmacology IPKSF
National University of Pharmacy
an-ber@ukr.net
ORCID: 0000-0002-0898-7298

Укр.

Ольховська Анжела

доктор фармацевтичних наук, професор,
професор кафедри загальної фармації
*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»*
angela.olkhovskaya@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0237-574

Сокол Костянтин

кандидат медичних наук, професор, професор
кафедри громадського здоров'я та управління
охороною здоров'я
*Харківський національний медичний
університет*
sokol@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6849-579X

Купіна Олена

здобувач вищої освіти кафедри громадського
здоров'я та управління охороною здоров'я
*Харківський національний медичний
університет*
kupinakupina2002@gmail.com
ORCID: 0009-0003-7075-0683

Березняков Андрій

кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент
кафедри клінічної фармакології ІПКСФ
Національний фармацевтичний університет
an-ber@ukr.net
ORCID: 0000-0002-0898-7298

Дата надходження статті: 14.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 30.03.2026

Дата прийняття статті: 07.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

TREATMENT OF MASTITIS IN COWS: AN OVERVIEW OF THE PHARMACEUTICAL MARKET FOR THE MOST COMMON INJECTABLE THERAPIES

Taras Fediuk, Andriy Mylyanych

ЛІКУВАННЯ МАСТИТУ У КОРІВ, ОГЛЯД ФАРМАЦЕВТИЧНОГО РИНКУ НАЙПОШИРЕНІШИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ІН'ЄКЦІЙНОЇ ТЕРАПІЇ

Федюк Т., Миляннич А.

Abstract

Background. Mastitis is one of the most common diseases of dairy cows and causes significant economic losses due to reduced productivity, deterioration in milk quality, and increased veterinary costs. Under current conditions, the analysis of the availability and structure of the market for injectable drugs used in mastitis therapy is of particular importance. **Purpose.** To analyze the range of injectable medicinal products available on the modern pharmaceutical market of Ukraine for the treatment of mastitis in cows, evaluate their availability and pricing policy, and determine the prospects for expanding production and developing new products. **Materials and Methods.** The assortment analysis was carried out using the data of the State Register of Medicinal Products of Ukraine as of January 2026, the Compendium reference source, information from open sources, and veterinary pharmacy networks. Statistical, logical, and graphical methods of analysis were used. **Results.** It was established that the Ukrainian market is dominated by injectable antibiotics based on enrofloxacin, amoxicillin, ceftiofur, oxytetracycline, and cloxacillin. Non-steroidal anti-inflammatory drugs and immunomodulators also occupy a significant market share. Domestic manufacturers provide more than half of the market supply, while mono-drugs remain the predominant product type. The most common packaging format is 100 ml vials. An insufficient representation of combined products and injectable sulfonamides was identified. **Conclusions.** The market of injectable drugs for the treatment of mastitis in Ukraine is characterized by the dominance of classical antibiotics, a stable presence of supportive agents, and promising prospects for the development of combined and prolonged-release formulations. The obtained results can be used to optimize veterinary support for dairy farms and to plan the production of new medicinal products.

Key words: mastitis, injectable drugs, veterinary medicinal products, pharmaceutical market of Ukraine, marketing analysis.

Анотація

Актуальність. Мастит є одним із найпоширеніших захворювань молочних корів та спричиняє значні економічні втрати через зниження продуктивності, погіршення якості молока та підвищення витрат на ветеринарне забезпечення. У сучасних умовах особливого значення набуває аналіз доступності та структури ринку ін'єкційних препаратів для лікування маститу. **Мета роботи.** Провести аналіз асортименту ін'єкційних лікарських препаратів, представлених на сучасному фармацевтичному ринку України, які застосовуються для лікування маститу у корів, оцінити їх доступність та цінову політику, а також визначити перспективи розширення виробництва й розробки нових засобів. **Матеріали і методи.** Аналіз асортименту препаратів здійснювався на основі даних Державного реєстру лікарських засобів України станом на січень 2026 року, довідника «Компендіум», інформації з відкритих джерел та ветеринарних аптечних мереж. У роботі використано статистичний, логічний та графічний методи аналізу. **Результати та їх обговорення.** Встановлено, що на українському ринку переважають ін'єкційні антибіотики на основі енрофлоксацину, амоксициліну, цефтіофуру, окситетрацикліну та клоксациліну. Значну частку також займають нестероїдні протизапальні препарати та імуномодулятори. Вітчизняні виробники забезпечують понад половину ринку, а основним типом продукції залишаються монопрепарати. Найпоширенішим пакуванням є флакони по 100 мл. Виявлено недостатню представленість комбінованих препаратів та ін'єкційних сульфаніламідів. **Висновки.** Ринок ін'єкційних препаратів для лікування маститу в Україні характеризується домінуванням класичних антибіотиків, стабільною присутністю підтримуючих засобів та перспективністю розвитку комбінованих і пролонгованих форм. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації ветеринарного забезпечення молочних господарств і планування виробництва нових лікарських засобів.

Ключові слова: мастит, ін'єкційні препарати, ветеринарні лікарські засоби, фармацевтичний ринок України, маркетинговий аналіз.

1. Introduction

The dairy industry is a strategic sector of Ukraine's agricultural economy. According to the State Statistics Service, in 2024, milk production amounted to approximately 7.7 million tons, accounting for over 30% of all livestock revenues (State Statistics Service of Ukraine, 2025). Dairy products constitute a significant share of agricultural exports and are also an important source of income for farms and cooperatives. High productivity in the dairy sector directly affects the country's food security and the competitiveness of Ukrainian products in the European market (Food and Agriculture Organization, 2023). In addition to its economic significance, dairy farming has a social role – it supports employment in rural areas and provides the population with essential food products. At the same time, the stability of this sector directly depends on the health status of the herd, as cow productivity is determined not only by genetic potential but also by the level of veterinary control and treatment.

Diseases in cows, among which mastitis ranks among the most prevalent, significantly affect the efficiency of milk production. According to international studies, mastitis can reduce milk yields by 15–20%, with economic losses reaching 200–300 euros per cow annually (Bradley, 2002). In Ukraine, the prevalence of mastitis in high-yield herds is quite high, reaching up to 30–40%, which leads to significant milk losses and increased bacterial contamination (Koreiba, Suslova, & Chumak, 2025). Mastitis in cows is a multifactorial inflammation of the mammary gland tissue, the development of which depends on pathogens, the state of udder defense mechanisms, and the conditions of animal husbandry. The etiology of mastitis includes more than 140 microorganisms, among which the most common are *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli*, and *Streptococcus uberis* (Krömker & Leimbach, 2017).

Such a diversity of pathogens complicates the selection of effective treatment regimens, while therapy costs and milk withdrawal periods after drug administration further reduce the volume of marketable products. As a result, mastitis becomes not only a veterinary problem but also a factor affecting the economic stability of dairy farms.

Thus, the dairy industry occupies a significant place in the Ukrainian economy, but its development is limited by various factors, among which livestock diseases, particularly mastitis, are key. Preventing this disease, timely diagnosis, and the use of modern drugs contribute

to maintaining herd productivity and ensuring the stable quality of Ukrainian dairy products on domestic and international markets.

Purpose. To analyze the range of injectable medicinal products available on the modern pharmaceutical market of Ukraine used for the treatment of mastitis in cows, assess their availability and pricing policies, and identify prospects for production expansion and the development of new products.

2. Materials And Methods

The analysis of the product range was carried out based on data from the State Register of Medicines of Ukraine (as of January 2026) and information from open sources regarding retail prices and availability in veterinary pharmacy networks. Statistical, logical, and graphical methods of analysis were used in the study.

3. Results and discussion

The treatment of mastitis in dairy cows is a complex, multi-component process that requires a combination of antibiotic therapy, anti-inflammatory agents, supportive therapy, and strict milk quality control. The primary goal of treatment is the rapid elimination of the infectious agent, reduction of inflammation, restoration of udder function, and prevention of complications. Drug selection should be based on the results of bacteriological milk testing, as empirical use of antibiotics without confirming pathogen susceptibility may contribute to resistance development, which is one of the major threats in modern veterinary medicine (Oliver & Murinda, 2012).

Injectable antibiotics remain the main method for treating severe forms of mastitis, when the infection extends beyond a single quarter of the udder and is accompanied by systemic manifestations. The most widely used are ceftiofur, amoxicillin (with or without clavulanic acid), enrofloxacin, cloxacillin, and oxytetracycline. Ceftiofur, a third-generation cephalosporin, has a broad spectrum of action and a short milk withdrawal period, making it a drug of choice for acute mastitis (Farmvisit, 2025). Amoxicillin is affordable and cost-effective, particularly effective against streptococci and staphylococci, and its combination with clavulanic acid allows overcoming resistance in β -lactamase-producing pathogens (Farmvisit, 2025). Cloxacillin demonstrates high activity against *Staphylococcus aureus*, making it important for treating staphylococcal mastitis (Sadivnytskyi, 2025). Enrofloxacin, a fluoroquinolone, penetrates udder tissues well and is used in severe and resistant infections

(Oliver & Murinda, 2012). Oxytetracycline serves as a reserve drug for mixed infections but has a longer milk withdrawal period, limiting its use in high-yield herds (ZVK, 2021).

Intramammary preparations are effective in localized mastitis cases, when the infection is confined to a single udder quarter. They ensure high concentrations of the active substance directly at the site of infection, allowing rapid suppression of the inflammatory process. These suspensions include penicillins, cephalosporins, aminoglycosides, and their combinations (Bradley, 2002). Their advantage is local action without systemic burden on the animal, but in severe cases, they have limited effectiveness and require combination with systemic therapy.

Sulfonamides occupy a separate place in mastitis treatment. Sodium sulfathiazole and sodium sulfadimethoxine, as well as their combinations with trimethoprim (co-trimoxazole), are most commonly used. Sulfonamides are primarily effective against streptococci and staphylococci but less effective against Gram-negative bacteria such as *Escherichia coli*. Their advantages include accessibility, relatively low cost, and the possibility of combination with other antibiotics or anti-inflammatory agents. They also have a longer duration of action compared to some classical antibiotics. Disadvantages include lower effectiveness compared to modern cephalosporins or fluoroquinolones, risk of resistance development, and potential toxicity in case of overdose (Oliver & Murinda, 2012).

Thus, injectable sulfonamides occupy an auxiliary role in mastitis treatment schemes. They can be useful in mild to moderate cases, particularly caused by streptococci and staphylococci, and as part of combination therapy with antibiotics or anti-inflammatory components to enhance treatment efficacy and reduce resistance risk.

The analysis of the range of injectable medicinal products for mastitis treatment in cows on the Ukrainian pharmaceutical market was conducted based on official data from the State Register of Medicines of Ukraine (State Register of Medicinal Products of Ukraine, n.d.), the Compendium directory (Compendium, 2026), and data from Tabletki.ua (Tabletki.ua, 2026) and websites of certain veterinary drug manufacturers (Brovapharma, 2026). The analysis considered trade names, composition, manufacturers, country of origin, and packaging types (vial volumes).

A literature review showed that, as of February 2026, the Ukrainian market mainly offers antibiotics (ceftiofur, amoxicillin, enrofloxacin, cloxacillin, oxytetracycline), as well as supportive

agents – NSAIDs and immunomodulators. Injectable sulfonamides for mastitis treatment in cows are virtually absent from the state veterinary drug register, although sulfadimethazine, sulfathiazole, and sulfadimethoxine are primarily used in oral forms (powders, tablets, boluses) or as components of combination products, but not as injectable solutions.

An important complement to antibiotic therapy is the use of anti-inflammatory drugs, particularly flunixin meglumine and meloxicam, which reduce inflammation, pain, and fever, improve the general condition of the animal, and promote faster recovery (Koreiba, Suslova, & Chumak, 2025). In severe cases of mastitis, infusion therapy is applied to combat intoxication, as well as immunomodulators and vitamin complexes to support overall resistance (Koreiba, Suslova, & Chumak, 2025). The duration of mastitis treatment typically ranges from three to eight days, depending on the severity and the type of pathogen. The milk withdrawal period after administration of injectable antibiotics and sulfonamides is three to five days, requiring strict control to prevent drug residues in products (Farmvisit, 2025).

Thus, mastitis treatment in cows is a multi-component process combining antibiotic therapy, anti-inflammatory, and supportive agents. Injectable antibiotics remain the primary method for severe forms, intramammary preparations for mild and subclinical cases, and NSAIDs provide additional efficacy and treatment comprehensiveness. It should be noted that the current market situation for injectable mastitis treatments in Ukraine is affected by wartime conditions, meaning import supplies may be unstable, prices remain high, and availability of certain brands is limited.

The analysis (Table 1) showed that, as of January 2026, more than twenty injectable drugs for the treatment of mastitis in cows were registered on the Ukrainian pharmaceutical market. The study allows conclusions regarding market structure, dominant active substances, production geography, drug types, and packaging features. As shown in Table 1, the most represented groups of active substances are antibiotics: enrofloxacin, amoxicillin, ceftiofur, oxytetracycline, cloxacillin; nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs); and immunomodulators. Each group has specific pharmacological characteristics, spectrum of action, milk withdrawal period, and economic accessibility, which determine their role in veterinary practice.

As of the beginning of 2026, the market for injectable drugs used in the treatment of mastitis in

Table 1

Injectable solutions used for the treatment of mastitis on the pharmaceutical market of Ukraine as of January 2026

Active substance	Trade name	Manufacturer	Country	Type	Packaging
Ceftiofur	Excenel RTU	Zoetis	USA	Mono	Vials 50 ml, 100 ml, 250 ml
	Brovacef	Brovapharma	Ukraine	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
	Ceftivet	Norbrook	United Kingdom	Mono	Vials 100 ml
Amoxicillin	Amoxinject	Livisto	Spain	Mono	Vials 100 ml
	Brovamox	Brovapharma	Ukraine	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
	Amoxivet	Norbrook	United Kingdom	Mono	Vials 100 ml
	Amoxiclav Vet	Biofarm	Ukraine	Combination	Vials 100 ml
	Amoxilong	Biofarm	Ukraine	Mono (prolonged-release)	Vials 100 ml
Cloxacillin	Brovamast	Brovapharma	Ukraine	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
	VetClox	Intervet	Netherlands	Mono	Vials 100 ml
Enrofloxacin	Baytril 5%	Bayer	Germany	Mono	Vials 50 ml, 100 ml, 250 ml
	Enroflon 5%	Brovapharma	Ukraine	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
	Brovaflok	Brovapharma	Ukraine	Mono	Vials 100 ml
	Enroxil	Krka	Slovenia	Mono	Vials 100 ml
	Enrovet	Ukrzoovetprompostach	Ukraine	Mono	Vials 100 ml
	Enrolong	Brovapharma	Ukraine	Mono (prolonged-release)	Vials 100 ml
Oxytetracycline	Oxytetracycline 200	Norbrook	United Kingdom	Mono	Vials 100 ml
	TetraVet 200	Ukrzoovetprompostach	Ukraine	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
	OxytetraVet	Livisto	Spain	Mono	Vials 100 ml
NSAIDs	Flunixin inj.	Intervet	Netherlands	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
	Flunivet	Norbrook	United Kingdom	Mono	Vials 100 ml
	Meloxicam Vet	Biofarm	Ukraine	Mono	Vials 50 ml, 100 ml
Immunomodulators	Imunovit Vet	Brovapharma	Ukraine	Combination	Vials 100 ml
	ImmunoVet	Biofarm	Ukraine	Combination	Vials 100 ml

cows in Ukraine has developed into a distinct and relatively stable segment of veterinary pharmacy. It has a clear structure, well-defined leaders among active substances and manufacturers, and demonstrates a certain level of maturity. At the same time, the market is not static: it requires further development, diversification, and adaptation to current challenges, particularly the issue of antimicrobial resistance and the need for a comprehensive approach to treatment.

Antibiotics form the basis of the market (Fig. 1), with amoxicillin and enrofloxacin accounting for the largest shares. Together, they represent almost half of the total assortment (approximately 46%). This can be explained by their versatility, availability, and effectiveness against the main causative agents of mastitis. Amoxicillin, especially in prolonged-release formulations and in combination with clavulanic

acid, is effective in the treatment of streptococcal and staphylococcal infections. Enrofloxacin, as a representative of fluoroquinolones, has a broad spectrum of activity, including Gram-negative flora, which makes it indispensable in many cases.

Ceftiofur accounts for approximately 12.5% of the market and is a strategic drug for severe cases of mastitis, particularly those caused by *E. coli*. Its main advantage is a short milk withdrawal period, which allows animals to return to production more quickly. Oxytetracycline and cloxacillin together make up about 21% of the market. Although they are less widely used, they remain important as alternative therapeutic options that help avoid excessive reliance on the two main antibiotic groups.

Supportive agents – nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) and

immunomodulators – play a separate role. Their share is approximately 21%. While they are not primary treatments, they ensure a comprehensive therapeutic approach by reducing inflammation and pain, improving the general condition of the animal, and enhancing overall resistance. The further development of this segment can be considered a promising direction for the future.

The market analysis by manufacturers (Fig. 2) and by country of origin (Fig. 3) showed that Ukrainian companies account for slightly more than half of the market (54.2%). The market leader is Brovapharma (Brovapharma, 2026), which covers almost one-third of the market and offers a wide range of products – from classic antibiotics to prolonged-release formulations. Biofarm

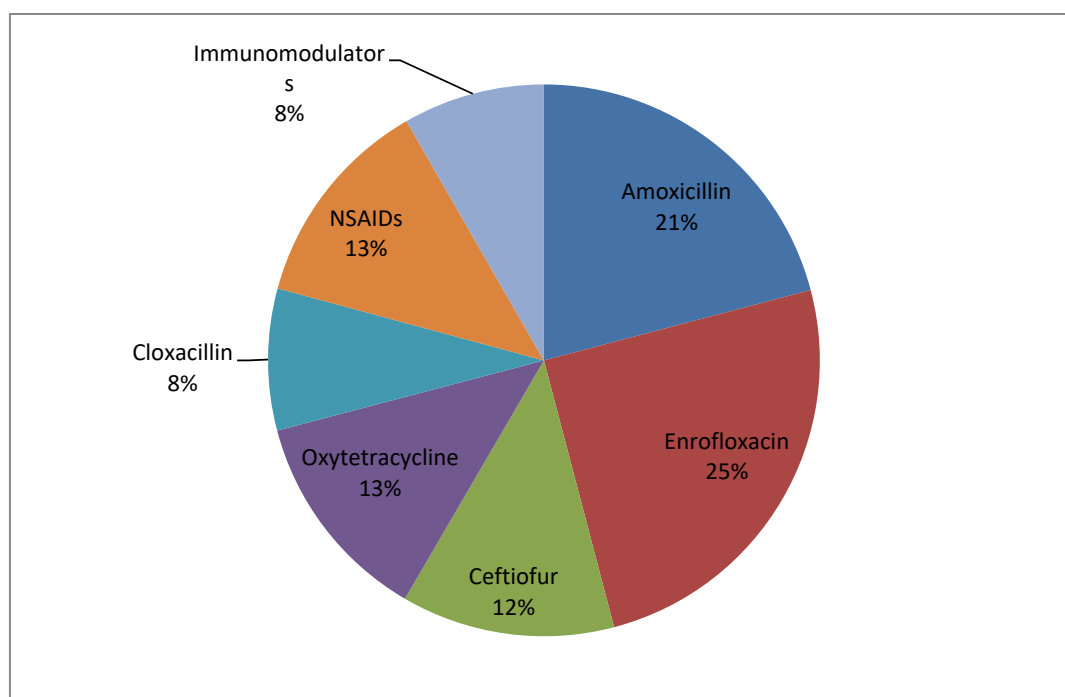


Fig. 1. Share of major groups of antibiotics and supportive agents in the market for injectable drugs used to treat mastitis in cows (January 2026)

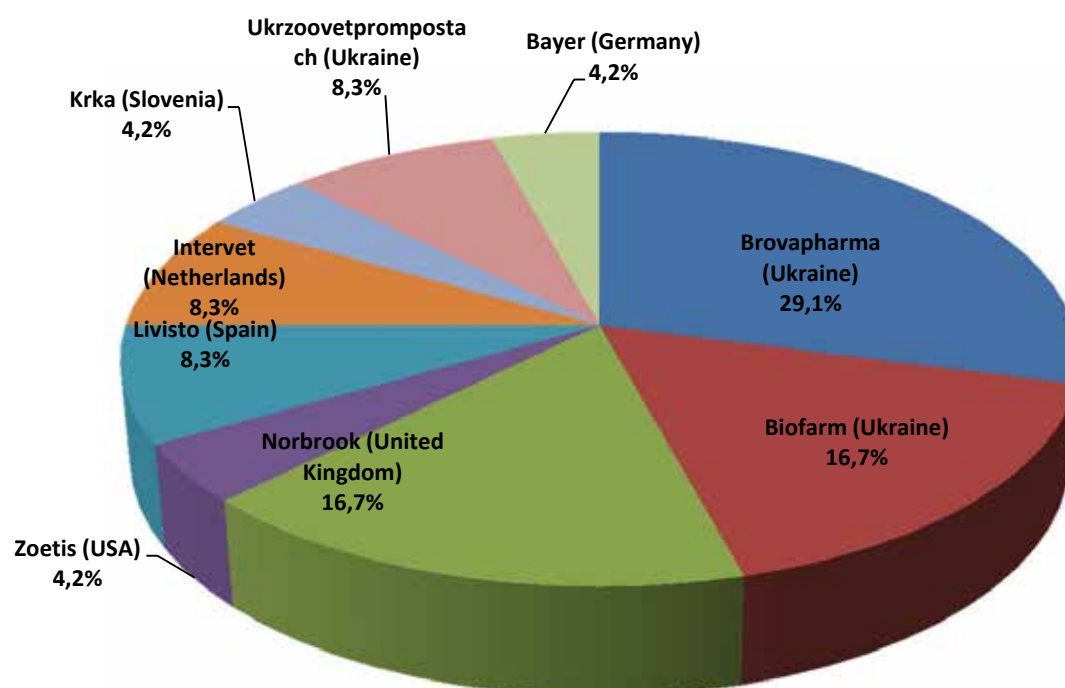


Fig. 2. Market structure by drug manufacturers

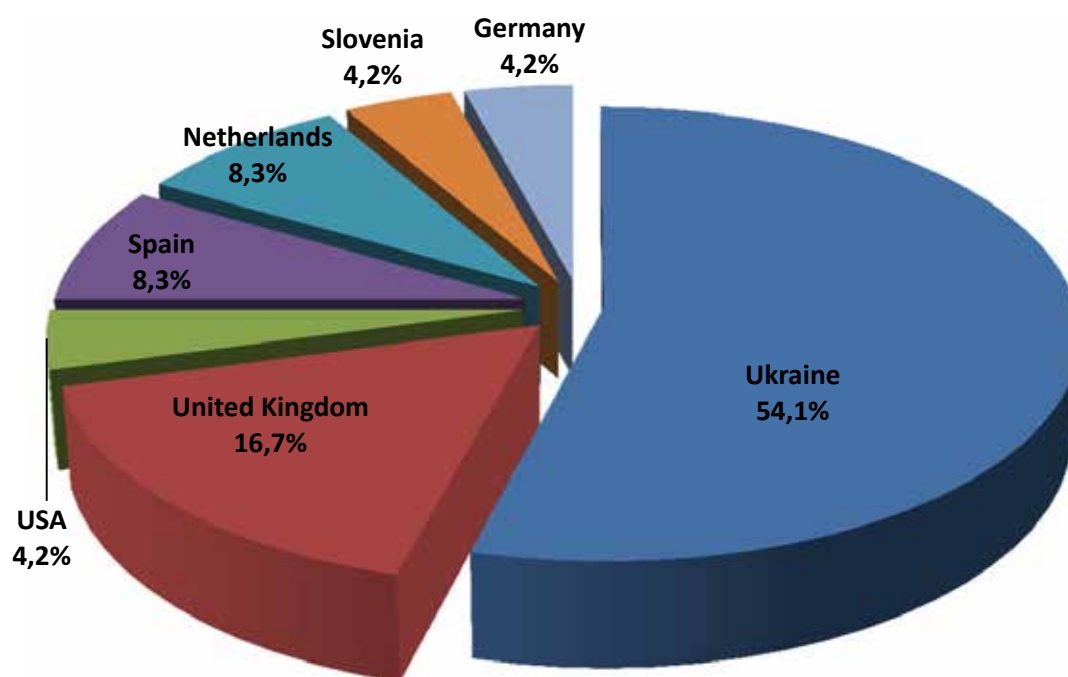


Fig. 3. Market structure of injectable drugs for the treatment of mastitis in cows by country of origin (January 2026)

holds approximately 16.7% of the market, specializing in combination drugs and NSAIDs. Ukrzoovetprompostach (Ukrzoovetprompostach PJSC, 2026), in turn, has a smaller share but provides key positions in the enrofloxacin and oxytetracycline segments.

Among international companies, the most represented are Norbrook (16.7%), Livisto (8.3%), Intervet (8.3%), KRKA (4.2%), Zoetis (4.2%), and Bayer (4.2%). Imported products occupy strategic niches, particularly in the

ceftiofur segment and premium antibiotics. They are more expensive but offer high efficacy and international recognition.

The analysis of drugs by type (Fig. 4) showed a predominance of mono-drugs, accounting for 87.5%. These are classic antibiotics and NSAIDs, which are used in most cases. Combination drugs represent only 12.5% and include Amoxiklav Vet, Immunovit Vet, and ImmunoVet. Their role is to enhance treatment efficacy and provide a comprehensive therapeutic approach.

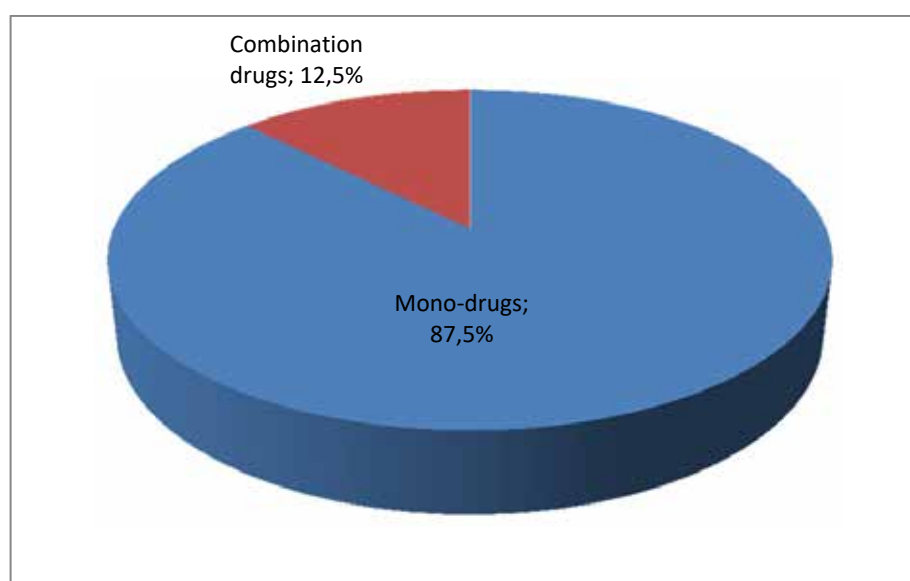


Fig. 4. Distribution of injectable drugs for the treatment of mastitis in cows by type

The review of drug packaging types showed that the standard is a 100 ml vial, which is present in all products. About one-third of the drugs are also available in 50 ml vials, which is convenient for small farms. Only two products (Baytril and Excenel) are available in 250 ml vials, aimed at large cattle herds. This packaging structure indicates a need for diversification to better meet the requirements of different consumer categories.

Drug prices also vary significantly depending on the manufacturer and country of origin. Ukrainian products are generally cheaper (200–400 UAH per 100 ml vial), making them accessible to most farmers. Imported equivalents, especially Zoetis and Bayer, are considerably more expensive (1,000–2,000 UAH per vial) but are positioned as strategic drugs for severe cases. NSAIDs and immunomodulators occupy the mid-price segment (200–500 UAH), providing a comprehensive therapeutic approach.

The conducted studies allowed the formation of a macro-outline of the target drug segment (Fig. 5) in the national pharmaceutical market, which reflects key structural characteristics: the largest drug group is enrofloxacin (25%); Brovapharma is the leading manufacturer (29.1%); Ukraine supplies the majority of the market (54.1%), where mono-drugs dominate (87.5%); and the standard packaging is the 100 ml vial, which is universal for all products in the sample.

4. Conclusions

The analysis of the injectable drug market for the treatment of mastitis in dairy cows in Ukraine as of January 2026 showed that enrofloxacin occupies the largest share (25%), followed by amoxicillin (20.8%), ceftiofur and oxytetracycline (each 12.5%), cloxacillin (8.3%), as well as supportive agents – NSAIDs (12.5%) and immunomodulators (8.3%). This structure indicates the dominance of classical antibiotics while simultaneously highlighting the growing role of supportive drugs in comprehensive therapy.

By drug type, mono-drugs dominate (87.5%), forming the basis of treatment, whereas combined formulations (12.5%) remain less numerous but promising, as they enhance treatment efficacy and reduce the risk of resistance. The leading manufacturer is Brovapharma (29.1%), covering all key antibiotic groups and offering prolonged-release formulations. Overall, domestic companies supply more than half of the market (54.1%), and their products are cheaper (200–400 UAH per 100 ml), making them more accessible to most farms compared to imported equivalents (1,000–2,000 UAH).

The standard packaging remains the 100 ml vial, which is universal for most farms. About one-third of the products are also available in 50 ml vials, convenient for small-scale farmers, while larger volumes (250 ml) are represented by only two imported products, aimed at large industrial complexes.

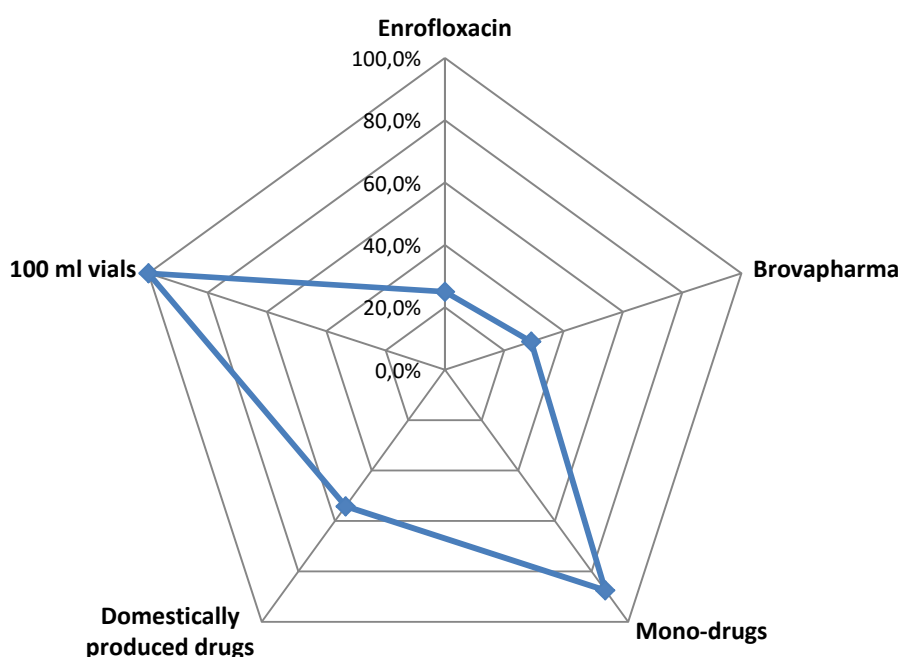


Fig. 5. Consolidated macro-outline of the injectable drug market

Thus, the injectable drug market for mastitis treatment in Ukraine is characterized by the dominance of classical antibiotics, a stable presence of supportive agents, and the gradual development of combined formulations. Future prospects lie in further expanding the range of domestic drugs, developing new combined and prolonged-release solutions, and reintroducing injectable sulfonamides, which are currently almost absent but could become an important addition to modern treatment protocols. This presents broad opportunities for Ukrainian manufacturers to strengthen their positions in the domestic market and ensure the long-term sustainability of veterinary practice.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження доцільно спрямувати на аналіз ефективності комбінованих ін'єкційних препаратів, розробку пролонгованих форм антибіотиків та оцінку перспектив використання ін'єкційних сульфаніламідів у ветеринарній практиці.

Обмеження дослідження

Дослідження базувалося на відкритих джерелах інформації та даних державних реєстрів, що може не повністю відображати фактичну доступність препаратів у різних регіонах України.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

Для початкового пошуку літератури та формування структури огляду використувався штучний інтелект ChatGPT, який допомагав систематизувати джерела за тематичними категоріями, а також використовувався для мовного редагування та структуризації тексту. Остаточний аналіз літератури та написання тексту виконано авторами самостійно.

Первинні дані та матеріали

Первинні дані дослідження доступні авторам та можуть бути надані за обґрунтованим запитом.

Інформація про фінансування

Дослідження виконано без окремого фінансового забезпечення. Витрати на публікацію матеріалів за коштів авторів.

Внесок авторів

Т. Федюк – збір матеріалів, аналіз ринку, написання тексту статті.

А. Милянч – наукове консультування, редагування та узагальнення результатів дослідження.

REFERENCES

1. Bradley, A. J. (2002). Bovine mastitis: An evolving disease. *Veterinary Journal*, 164(2), 116–128.
2. Cvetnić, L., Samardžija, M., Habrun, B., Kompes, G., & Benić, M. (2016). Microbiological monitoring of mastitis pathogens in the control of udder health in dairy cows. *Slovenian Veterinary Research*, 53, 131–140.
3. Food and Agriculture Organization. (2023). Dairy sector in Eastern Europe. <https://www.fao.org>
4. Koreiba, L., Suslova, N., & Chumak, V. (2025). Інноваційні підходи та терапевтичні засоби для лікування маститу ВРХ. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 2(38–02), 103–113. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2025-38-02-045>
5. Krömker, V., & Leimbach, S. (2017). Mastitis treatment – Reduction in antibiotic usage in dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals*, 52, 21–29. <https://doi.org/10.1111/rda.13032>
6. Oliver, S. P., & Murinda, S. E. (2012). Antimicrobial resistance in mastitis pathogens. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(2), 165–185.
7. State Statistics Service of Ukraine. (2025). Milk production in 2024. <https://ukrstat.gov.ua>
8. State Register of Medicinal Products of Ukraine. (n.d.). <https://www.drlz.com.ua>
9. Farmvisit. (2025). Antibiotics for treating mastitis in cows. <https://farmvisit.com.ua/mastitis-antibiotics>
10. Sadivnytstvo. (2025). Antimastitis treatments: Symptoms and therapy. <https://sativnytstvo.com/mastitis-treatment>
11. ZVK. (2021). Mastitis in cows: Treatment drugs, diagnosis, signs. <https://zvz.com.ua/mastitis-cows>
12. Compendium. (2026). Medical information resource for healthcare professionals. <https://compendium.com.ua/uk/>
13. Tabletki.ua. (2026). Drug catalog and pharmacy prices in Ukraine. <https://tabletki.ua>
14. Ukrzoovetprompostach PJSC. (2026). Veterinary product catalog. <https://ukrzoovet.com.ua/category/veterinari-preparati>
15. Brovapharma. (2026). Online pharmacy store. <https://brovapharma.ua/about>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Fediuk Taras

Postgraduate Student at the Department of
Technology of Biologically Active Compounds,
Pharmacy and Biotechnology

Lviv Polytechnic National University

taras.i.fediuk@lpnu.ua

ORCID: 0009-0005-1350-1263

Mylyanych Andriy

PhD in Chemistry, Associate Professor at the
Department of Technology of Biologically Active
Compounds, Pharmacy and Biotechnology

Lviv Polytechnic National University

andrii.o.mylianych@lpnu.ua

ORCID: 0000-0002-6180-9925

Укр.

Федюк Тарас

аспірант кафедри технології біологічно
активних сполук, фармації та біотехнології

Національний університет «Львівська

політехніка» taras.i.fediuk@lpnu.ua

ORCID: 0009-0005-1350-1263

Милянйч Андрій

кандидат хімічних наук, доцент кафедри
технології біологічно активних сполук, фармації
та біотехнології

Національний університет «Львівська

політехніка» andrii.o.mylianych@lpnu.ua

ORCID: 0000-0002-6180-9925

Дата надходження статті: 16.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 30.03.2026

Дата прийняття статті: 07.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-13>

УДК 547.673

ПРОГНОЗУВАННЯ ЛІКОПОДІБНОСТІ ТА ТОКСИЧНОСТІ РЯДУ ФУНКЦІОНАЛЬНО ЗАМІЩЕНИХ ПОХІДНИХ АНТРАХІНОНУ

Шупенюк В. І., Хома Р. М., Тарас Т. М., Лучкевич Є. Р., Лозинський А. В.,
Половкович С. В.

PREDICTION OF DRUG-LIKENESS AND TOXICITY OF A SERIES OF FUNCTIONALLY SUBSTITUTED ANTHRAQUINONE DERIVATIVES

Vasyl Shupeniuk, Roman Khoma, Tetiana Taras, Yevhen Luchkevych,
Andrii Lozynskyi, Sviatoslav Polovkovych

Анотація

Актуальність. Похідні антрахінону є перспективними біологічно активними сполуками з широким спектром фармакологічної дії. Використання сучасних *in silico* методів для прогнозування лікоподібності, токсичності та механізмів дії дозволяє ефективно відбирати перспективні сполуки для подальших експериментальних досліджень і створення нових лікарських засобів. **Мета роботи.** Здійснити прогнозування лікоподібності та токсичності функціонально заміщених похідних антрахінону, а також оцінити можливі механізми їх біологічної активності з використанням сучасних *in silico* підходів. **Матеріали та методи.** Дослідження проведено із застосуванням комп'ютерного скринінгу з використанням веб-ресурсів SwissADME, SwissTargetPrediction та ProTox II для оцінки лікоподібних властивостей і токсичності досліджуваних сполук. Для прогнозування можливих механізмів біологічної дії використано відповідні біоінформатичні інструменти. Аналіз здійснювали з урахуванням фізико-хімічних параметрів, біодоступності, проникності через біологічні мембрани та потенційних токсикологічних ризиків. **Результати та їх обговорення.** Встановлено, що функціонально заміщені похідні антрахінону характеризуються задовільними показниками лікоподібності, зокрема відповідністю основним фармакокінетичним критеріям, а також помірним або низьким рівнем прогнозованої токсичності. Прогнозовані механізми дії узгоджуються з виявленими таргетними профілями та свідчать про потенційний вплив на GPCR-опосередковані сигнальні шляхи й ферменти метаболічної регуляції. Отримані результати обґрунтовують перспективність досліджуваних сполук як потенційних біологічно активних агентів і доцільність подальших експериментальних досліджень для підтвердження їх механізмів дії. **Висновки.** Отримані результати свідчать про перспективність функціонально заміщених похідних антрахінону як потенційних біологічно активних сполук із сприятливим профілем лікоподібності та токсичності. Проведене дослідження створює підґрунтя для подальшої оптимізації структури сполук та їх експериментального вивчення з метою розробки нових лікарських засобів.

Ключові слова: антрахінони, лікоподібність, токсичність, *in silico*, SwissADME, SwissTargetPrediction, ProTox II, біологічна активність.

Abstract

Background. Anthraquinone derivatives are promising biologically active compounds with a broad spectrum of pharmacological activities. The use of modern *in silico* methods for predicting drug-likeness, toxicity, and mechanisms of action enables the efficient selection of promising compounds for further experimental studies and the development of new therapeutic agents. **Purpose.** This study aimed to predict the drug-likeness and toxicity of functionally substituted anthraquinone derivatives, as well as to evaluate the possible mechanisms of their biological activity using modern *in silico* approaches. **Materials and Methods.** The study was performed using computational screening based on the web resources SwissADME, SwissTargetPrediction, and ProTox-II to assess the drug-likeness and toxicity profiles of the investigated compounds. Relevant bioinformatics tools were applied to predict potential mechanisms of biological action. The analysis included evaluation of physicochemical parameters, bioavailability, membrane permeability, and potential toxicological risks. **Results.** It has been established that functionally substituted anthraquinone derivatives are characterized by satisfactory drug-likeness parameters, in particular compliance with key pharmacokinetic criteria, as well as moderate to low predicted toxicity. The predicted mechanisms of action are consistent with the identified target profiles and indicate a potential influence on GPCR-mediated signaling pathways and metabolic regulatory enzymes. The obtained results substantiate the perspective of the studied compounds as potential biologically active agents and justify further experimental studies to confirm their mechanisms of action. **Conclusions.** The obtained results indicate that functionally substituted anthraquinone derivatives are promising biologically active compounds with a favorable drug-likeness and toxicity profile. The present study provides a basis for further structural optimization and experimental validation aimed at the development of new therapeutic agents.

Key words: anthraquinones, drug-likeness, toxicity, *in silico*, SwissADME, SwissTargetPrediction, ProTox-II, biological activity.



1. Вступ

Похідні антрахінону є важливим класом природних і синтетичних органічних сполук, які привертають значну увагу дослідників завдяки широкому спектру біологічної активності. Історично інтерес до цієї групи речовин сформувався на основі їх природного походження, передусім із лікарських рослин, що здавна використовувалися в традиційній медицині різних народів [1].

Основними рослинними джерелами антрахінонових сполук є представники родин *Rhamnaceae*, *Polygonaceae*, *Fabaceae* та *Rubiaceae*. Зокрема, такі рослини як ревіль (*Rheum spp.*), жостір (*Rhamnus spp.*), крушина (*Frangula alnus*), сенна (*Senna alexandrina*) та марена красильна (*Rubia tinctorum*) містять значні кількості антрахінонових глікозидів [2]. Ці сполуки виконують захисні функції у рослинах, а для людини мають фармакологічну цінність, зокрема як послаблювальні засоби, що діють шляхом стимуляції перистальтики кишечника та впливу на водно-електролітний баланс [3].

На основі природних антрахінонів створено низку лікарських засобів, які широко застосовуються у медичній практиці. Найбільш відомими є препарати сеннозидів (сенаде, сенадексин), екстракти крушини та ревеню, що використовуються як проносні засоби. Окрім цього, окремі похідні антрахінону демонструють протизапальну, антибактеріальну, протівірусну та протипухлинну активність. Важливим прикладом є антрациклінові антибіотики (зокрема доксорубіцин, даунорубіцин), які є потужними протипухлинними препаратами та широко використовуються в онкології [4].

Сучасний етап розвитку фармацевтичної хімії характеризується активним синтезом нових похідних антрахінону з метою підвищення їх біологічної активності та зменшення токсичності. Синтетичні модифікації антрахінонового ядра дозволяють отримувати сполуки з різноманітними фармакологічними властивостями, включаючи антиоксидантну, антимікробну, протипухлинну та

інгібуючу дію щодо ферментів і сигнальних шляхів клітини [5]. Особливу увагу приділяють створенню сполук із селективною цитотоксичністю до пухлинних клітин, а також дослідженню їх механізмів дії на молекулярному рівні [6].

Таким чином, похідні антрахінону становлять перспективний напрям сучасних фармацевтичних досліджень, поєднуючи природне походження, доведену фармакологічну активність і широкі можливості для хімічної модифікації з метою створення нових ефективних лікарських засобів.

Метою дослідження є прогнозування лікоподібності та токсичності функціонально заміщених похідних антрахінону, а також оцінка можливих механізмів їх біологічної дії із застосуванням сучасних *in silico* підходів.

2. Матеріали та методи дослідження

Для прогнозування параметрів «лікоподібності» використано ряд функціонально заміщених похідних антрахінону (рис. 1), синтез та фізико-хімічні характеристики яких були описані раніше [7]. Оцінювання молекулярних дескрипторів, що визначають лікоподібність сполук, здійснювали з використанням веб-ресурсу SwissADME, тоді як прогнозування потенційних біологічних мішеней проводили за допомогою сервісу SwissTargetPrediction (Швейцарський інститут біоінформатики) [8,9].

Прогнозування токсикологічного профілю досліджуваних сполук виконували із застосуванням платформи ProTox-II (Charité – Universitätsmedizin Berlin), що дозволяє оцінювати ймовірні токсичні ефекти *in silico* [10].

3. Результати

У ході дослідження було здійснено комплексний *in silico* аналіз функціонально-заміщених похідних антрахінонів (сполуки 1–5) з метою оцінки їх фізико-хімічних, фармакокінетичних властивостей, параметрів ADME та характеристик лікоподібності. Отримані результати свідчать про суттєві відмінності між досліджуваними структурами,

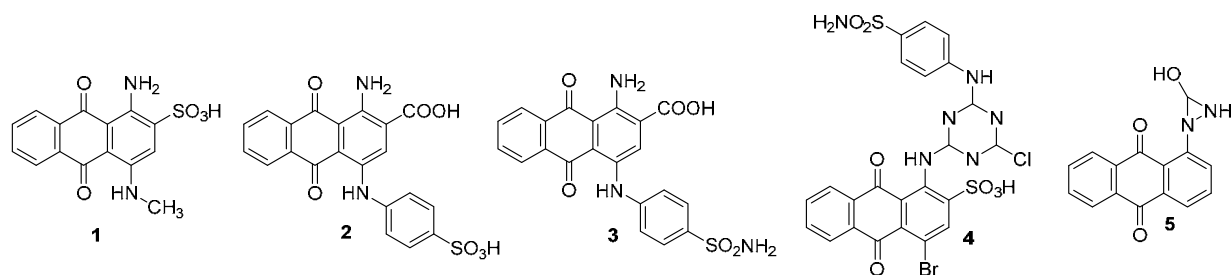


Рис. 1. Структури досліджуваних сполук

що зумовлено як їх молекулярною будовою, так і ступенем функціонального заміщення (табл. 1). Далі наведено узагальнений аналіз фізико-хімічних показників та біофармацевтичних характеристик сполук 1–5.

Молекулярна маса досліджуваних сполук варіює в межах від 265.24 до 668.90 г/моль, при цьому лише сполука 4 перевищує рекомендовані межі, що узгоджується з порушенням правила Ліпінського. Кількість важких атомів (20–40) та ароматичних фрагментів (12–18) вказує на високий ступінь ароматичності, характерний для антрахінонового ядра. Число зв'язків, що обертаються (1–6), свідчить про відносно обмежену конформаційну гнучкість більшості сполук.

Полярні характеристики представлені значеннями TPSA у діапазоні 79.09–189.49 Å², що суттєво впливають на біодоступність та проникність через біологічні мембрани. Зокрема, сполуки 2–4 мають підвищені значення TPSA (>170 Å²), що корелює з їх низькою гастроінтестинальною абсорбцією. Натомість сполуки 1 і 5 демонструють кращий баланс полярності та ліпофільності (log Po/w 1.46 та 0.90 відповідно), що сприяє їх високій абсорбції.

Аналіз донорно-акцепторних властивостей показав, що кількість донорів протону (4–11) та акцепторів (1–4) загалом відповідає вимогам лікоподібності, за винятком сполуки 4, яка має надлишкову кількість донорних центрів. Узгоджена ліпофільність (log Po/w) для більшості сполук знаходиться у прийнятному діапазоні, тоді як для сполуки 4 спостерігається

аномально низьке значення (-6.47), що вказує на її високу гідрофільність і потенційно обмежену мембранну проникність.

Фармакокінетичний аналіз показав, що лише сполуки 1 та 5 характеризуються високою гастроінтестинальною абсорбцією, тоді як інші сполуки мають низьку біодоступність, що підтверджується відповідними значеннями параметра біодоступності (0.11–0.17). Жодна зі сполук не проникає через гематоенцефалічний бар'єр. Водночас сполуки 4 і 5 ідентифіковані як субстрати P-*gp*.

Показники шкірної проникності (Log K_p) знаходяться в межах від -6.24 до -9.91 cm/s.

Додатковий аналіз емпіричних правил лікоподібності (Lipinski, Ghose, Veber, Egan, Muegge) показав, що сполуки 1 та 5 повністю відповідають усім зазначеним критеріям (з незначним винятком для сполуки 1 за правилом Egan). Натомість для сполук 2 та 3 зафіксовано порушення правил Veber, Egan та Muegge, тоді як сполука 4 не відповідає жодному з основних критеріїв лікоподібності.

Показники біодоступності для сполук 1 і 5 становлять близько 0.55–0.56, тоді як для сполук 2–4 – 0.11–0.17. Аналіз медико-хімічних фільтрів виявив наявність PAINS-індикаторів для всіх сполук. Водночас сполука 5 характеризується профілем без Brenk-індикаторів.

Критерій лікоподібності виконується для сполук 1 та 5. Показники синтетичної доступності (3.0–5.1) свідчать про загалом

Таблиця 1
Фізико-хімічні показники, параметри ADME, фармакокінетичні властивості, параметри лікоподібності сполук 1-5

	1	2	3	4	5
Фізико-хімічні властивості					
Молекулярна маса	332.33	438.41	437.43	668.90	265.24
Число важких атомів	23	31	31	40	20
Число ароматичних важких атомів	12	18	18	18	12
Число зв'язків, що обертаються	2	4	4	6	1
Число донорів протону	5	7	7	11	4
Число акцепторів протону	3	4	4	4	1
Молярна рефрактерність	83.32	110.52	111.65	155.99	76.89
TPSA Å ²	134.94	172.24	178.03	189.49	79.09
Узгоджена log Po/w	1.46	1.88	1.62	-6.47	0.90
Правило Ліпінського	Так	Так	Так	Ні	Так
Фармакокінетичні параметри					
Гастроінтестинальна абсорбція	Висока	Низька	Низька	Низька	Висока
Проникність через ГЕБ	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні
P- <i>gp</i> субстрат	Ні	Ні	Ні	Так	Так
Log K _p (SP) (cm/s) (шкірна проникність)	-6.24	-6.77	-6.90	-9.91	-6.32
Параметр біодоступності	0.56	0.11	0.11	0.17	0.55

прийнятну складність синтезу, за винятком сполуки 4.

Продовжуючи вивчення функціонально-заміщених антрахінонів, нами було проведено оцінку потенційних біологічних мішеней для сполук 1–5 із використанням *in silico* підходу за допомогою веб-сервісу SwissSimilarity. Отримані результати свідчать про суттєві відмінності у таргетному профілі досліджуваних сполук (табл. 2).

Для сполук 1–3 встановлено наявність узгодженого поліфармакологічного профілю з переважною взаємодією з рецепторами родини G-білок-спряжених рецепторів, зокрема пуринергічними рецепторами P2Y12 та P2Y1, а також ендотеліновими

рецепторами типу А та В. Найвища ймовірність взаємодії спостерігається для P2Y12-рецептора. Окрім цього, для окремих сполук виявлено взаємодію з ферментами FBP1, PFKFB3 та карбоангідразою II.

Для сполуки 4 значущих біологічних мішеней не виявлено. Аналогічно, для сполуки 5 не встановлено достовірних біологічних мішеней.

Прогнозування пероральної токсичності досліджуваних сполук було здійснено з використанням веб-сервісу ProTox-II. Отримані результати (табл. 3) свідчать, що сполуки 1–5 належать до V–VI класів токсичності згідно з класифікацією OECD, із розрахунковими значеннями LD₅₀ у межах 3350–6700 мг/кг.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз прогнозованих біологічних мішеней для сполук 1–5 (SwissSimilarity)

Сполука	Домінуючий напрям дії	Ключові мішені	Клас мішеней	Загальний профіль
1	Пуринергічна система	P2Y12, P2Y1, ENTPD1	сигнальні GPCR-рецептори та ферментні системи	Пуринергічний/антиагрегантний тип
2	G-білок-спряжена рецепторна сигналізація та метаболічна регуляція	P2Y12, FBP1, PFKFB3, CA2	GPCR-залежні сигнальні білки та метаболічні ферменти	Змішаний GPCR-метаболічний профіль
3	G-білок-спряжена рецепторна сигналізація, пов'язана з регуляцією судинного тону	P2Y12, EDNRA, EDNRB, ADAMTS4	GPCR-залежні сигнальні білки та протеолітичні ферменти	Кардіоваскулярний/ендотелін-залежний профіль
4	Слабкий кіназний сигнал	MAP2K1, FLT3, CHEK2 (0.0)	кіназні мішені з низькою ймовірністю взаємодії	Гіпотетичний антипроліферативний профіль
5	Розрізнений профіль з низькою прогноною достовірністю	CXCR3, MAOA, CYP1A2	Змішані ферменти/рецептори	Неспецифічний/поза доменом моделі

Таблиця 3

Результати прогнозування токсичності сполук 1-5 сервісом ProTox II

		1	2	3	4	5
LD ₅₀ (мг/кг)		3350	6700	3660	6700	5000
Клас токс.		5	6	5	6	5
Тип токсичності	Гепатотоксичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна
	Нейротоксичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна	Активна
	Нефротоксичність	Неактивна	Активна	Активна	Активна	Активна
	Респіраторна токсичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна	Активна
	Кардіотоксичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Неактивна
	Імунотоксичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна	Неактивна
	Мутагенність	Активна	Активна	Неактивна	Неактивна	Активна
	Цитотоксичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна
	Екотоксичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна
	Клінічна токсичність	Активна	Активна	Активна	Неактивна	Активна
	Нутритивна токсичність	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Неактивна	Активна

Найменш токсичними виявилися сполуки **2** та **4** ($LD_{50} = 6700$ мг/кг, VI клас), тоді як для інших сполук характерні дещо нижчі значення LD_{50} (V клас). Аналіз профілю органоспецифічної токсичності показав, що нефротоксичність прогнозується для більшості досліджуваних сполук (**2–5**), тоді як нейротоксичність і респіраторна токсичність характерні переважно для сполук **4** і **5**. Мутагенний потенціал виявлено для сполук **1**, **2** та **5**.

Особливої уваги заслуговує сполука **5**, яка демонструє найширший спектр прогнозованих токсичних ефектів, включаючи гепато-, нейро-, нефро- та респіраторну токсичність, а також цитотоксичність і екотоксичність.

4. Обговорення

Отримані результати свідчать, що функціонально-заміщені похідні антрахінонів характеризуються різними фізико-хімічними та фармакокінетичними властивостями, що визначаються ступенем функціонального заміщення та полярністю молекул. Підвищені значення TPSA для сполук **2–4** корелюють із низькою гастроінтестинальною абсорбцією та біодоступністю, тоді як сполуки **1** і **5** демонструють більш сприятливий баланс полярності та ліпофільності.

Порушення емпіричних правил лікоподібності для сполуки **4** узгоджується з її високою молекулярною масою, значною полярністю та несприятливими фармакокінетичними параметрами. Натомість відповідність сполук **1** та **5** основним критеріям лікоподібності вказує на їх перспективність як вихідних структур для подальшої оптимізації.

Встановлена взаємодія сполук **1–3** з GPCR-рецепторами, зокрема P2Y₁₂ та P2Y₁, може свідчити про потенційну антиагрегантну активність досліджуваних сполук. Наявність мішеней, пов'язаних із регуляцією судинного тону (EDNRA, EDNRB), дозволяє припустити можливий вплив на кардіоваскулярну систему. Виявлення взаємодії з ферментами, залученими до метаболічних процесів, може свідчити про потенційний вплив сполук на енергетичний обмін клітин.

Для сполуки **4** серед потенційних білків переважають кінази (MAP2K1, CHEK2, FLT3), а також ферменти, пов'язані з процесами синтезу ДНК та регуляції клітинного циклу. Це може вказувати на можливу спрямованість сполуки на проліферативні процеси, однак такі результати мають виключно гіпотетичний характер і потребують подальшого експериментального підтвердження.

Відсутність узгодженого таргетного профілю для сполуки **5** може свідчити про структурну новизну сполуки або її низьку подібність до відомих біологічно активних молекул.

Варто відзначити, що афінність антрахінонів до GPCR-опосередкованих сигнальних шляхів певною мірою підтверджується експериментальними даними, згідно з якими G-білки беруть участь у регуляції біосинтезу антрахінонів у *Rubia tinctorum* L. через активацію PLC/PKC, PI3K, MAPK та Ca²⁺-залежних сигнальних каскадів. Показано, що агоністи G-білків індукують накопичення антрахінонів, тоді як їх інгібітори блокують цей ефект, що вказує на участь G-білок-залежної трансдукції сигналу [11].

Загалом, отримані результати свідчать про відносно сприятливий профіль гострої токсичності досліджуваних сполук, однак наявність окремих видів потенційної токсичності обґрунтовує доцільність подальших експериментальних досліджень *in vitro* та *in vivo* для підтвердження їх безпечності.

5. Висновки

За результатами комплексного *in silico* аналізу, що включав оцінку фізико-хімічних параметрів, ADME-характеристик, фармакокінетичних властивостей і показників лікоподібності, а також ймовірних механізмів фармакологічної дії, встановлено, що досліджувані сполуки характеризуються перспективним біологічним профілем. Отримані результати обґрунтовують доцільність подальших поглиблених досліджень функціоналізованих похідних антрахінону як потенційних лікоподібних молекул.

Перспективи подальших досліджень. Отримані *in silico* результати створюють підґрунтя для подальшого експериментального підтвердження біологічної активності функціонально-заміщених похідних антрахінону. Перспективним є проведення *in vitro* досліджень для валідації прогнозованих молекулярних мішеней. Доцільним є також структурне вдосконалення сполук з метою покращення їх ADME-профілю та зниження полярності для підвищення біодоступності.

Обмеження дослідження. Дослідження базується виключно на *in silico* підходах, що обмежує можливість прямого екстраполювання результатів на біологічні системи *in vivo*. Прогнозовані показники лікоподібності, токсичності та таргетної взаємодії мають ймовірнісний характер і потребують експериментального підтвердження. Також обмеженням

є залежність результатів від доступних навчальних вибірок алгоритмів SwissADME, SwissTargetPrediction та ProTox-II.

Конфлікт інтересів

Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту

У процесі підготовки роботи елементи штучного інтелекту використовувалися для допоміжного редагування наукового тексту. Штучний інтелект не застосовувався для генерації первинних наукових даних, розрахунків або отримання результатів *in silico* аналізу, які були виконані із використанням спеціалізованих веб-ресурсів та інструментів.

Первинні дані та матеріали

Первинні дані дослідження були отримані в результаті *in silico* аналізу функціонально-заміщених похідних антрахінону із використанням веб-сервісів SwissADME, SwissTargetPrediction та ProTox-II. Вхідними матеріалами були хімічні структури досліджуваних сполук (SMILES-формат). Усі розрахункові показники (ADME-параметри,

прогноз токсичності та таргетні взаємодії) базуються на результатах роботи зазначених алгоритмічних платформ і були систематизовані та проаналізовані автором.

Інформація про фінансування

Ця робота була підтримана Національним фондом досліджень України в межах проєктів № 2023.05/0021, 2025.02/0014, 2025.05/0026; науково-дослідним (дослідно-конструкторським) проєктом № 0125U003375; Міністерством освіти і науки України (реєстраційний номер: 0125U001794), Міністерством охорони здоров'я України (реєстраційні номери: 0126U001771, 0126U001827).

Внесок авторів

Концепція: Василь Шупенюк, Тетяна Тарас, Євген Лучкевич, Андрій Лозинський, Святослав Половкович.

Збирання та опрацювання даних: Василь Шупенюк, Роман Хома.

Написання статті: Роман Хома, Андрій Лозинський.

Редагування та затвердження остаточного варіанту статті: Роман Хома, Андрій Лозинський.

REFERENCES

1. Diaz-Munoz, G., Miranda, I. L., Sartori, S. K., de Rezende, D. C., & Diaz, M. A. (2018). Anthraquinones: An overview. *Studies in Natural Products Chemistry*, 58, 313–338. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64056-7.00011-8>
2. Wang, P., et al. (2024). Plant anthraquinones: Classification, distribution, biosynthesis, and regulation. *Journal of Cellular Physiology*, 239(10), e31063. <https://doi.org/10.1002/jcp.31063>
3. Malik, E. M., & Müller, C. E. (2016). Anthraquinones as pharmacological tools and drugs. *Medicinal Research Reviews*, 36(4), 705–748. <https://doi.org/10.1002/med.21391>
4. Siddamurthi, S., et al. (2020). Anthraquinone: A promising scaffold for the discovery and development of therapeutic agents in cancer therapy. *Future Medicinal Chemistry*, 12(11), 1037–1069. <https://doi.org/10.4155/fmc-2019-0198>
5. Lozynskiy, A., et al. (2021). Synthesis and biological activity evaluation of polyfunctionalized anthraquinonehydrazones. *Letters in Drug Design & Discovery*, 18(2), 199–209. <https://doi.org/10.2174/1570180817999200802032844>
6. Malik, M. S., et al. (2021). Journey of anthraquinones as anticancer agents – a systematic review of recent literature. *RSC Advances*, 11(57), 35806–35827. <https://doi.org/10.1039/D1RA05686G>
7. Shupeniuk, V. I. (2023). *Synthesis and properties of 4-substituted derivatives of 9,10-anthracenedione* (Doctoral dissertation). Lviv Polytechnic National University.
8. Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). SwissADME: A free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific Reports*, 7, 42717. <https://doi.org/10.1038/srep42717>
9. Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2019). SwissTargetPrediction: Updated data and new features for efficient prediction of protein targets of small molecules. *Nucleic Acids Research*, 47(W1), W357–W364. <https://doi.org/10.1093/nar/gkz382>
10. Banerjee, P., et al. (2018). ProTox-II: A webserver for the prediction of toxicity of chemicals. *Nucleic Acids Research*, 46(W1), W257–W263. <https://doi.org/10.1093/nar/gky318>
11. Vasconsuelo, A., et al. (2006). Involvement of G-proteins in chitosan-induced anthraquinone synthesis in *Rubia tinctorum*. *Physiologia Plantarum*, 128(1), 29–37. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00717>
12. Wilhelm, K. P., & Maibach, H. I. (2012). OECD guidelines for testing of chemicals. In *Dermatotoxicology* (pp. 509–511). CRC Press. <https://doi.org/10.3109/9781841848570>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Shupeniuk Vasyl

Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor

Vasyl Stefanyk Carpathian National University

vasyl.shupeniuk@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3965-2201

Khoma Roman

Postgraduate Student

State Nonprofit Company Danylo Halytsky Lviv

National Medical University

elektromet@elektromet.com.ua

ORCID: 0009-0007-5076-6628

Taras Tetiana

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Vasyl Stefanyk Carpathian National University

tatiana.taras@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-5801-1285

Luchkevych Yevhen

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Vasyl Stefanyk Carpathian National University

yevhen.luchkevych@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3007-8437

Lozynskyi Andrii

Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor

State Nonprofit Company Danylo Halytsky Lviv

National Medical University

lozynskyiandrii@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7151-2159

Sviatoslav Polovkovych,

Doctor of Chemical Sciences, Professor

Lviv Polytechnic National University

spolovkovych@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7143-6931

Укр.

Шупенюк Василь Ігорович

кандидат хімічних наук, асистент

Карпатський національний університет

імені Василя Стефаника

vasyl.shupeniuk@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0003-3965-2201

Хома Роман Михайлович

аспірант

Державне некомерційне товариство

«Львівський національний медичний

університет імені Данила Галицького»

elektromet@elektromet.com.ua

ORCID: 0009-0007-5076-6628

Тарас Тетяна Миколаївна

кандидат хімічних наук, доцент

Карпатський національний університет

імені Василя Стефаника

tatiana.taras@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-5801-1285

Лучкевич Євген Романович

кандидат хімічних наук, доцент

Карпатський національний університет

імені Василя Стефаника

yevhen.luchkevych@pnu.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3007-8437

Лозинський Андрій Володимирович

доктор фармацевтичних наук, професор

Державне некомерційне товариство

«Львівський національний медичний

університет імені Данила Галицького»

lozynskyiandrii@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7151-2159

Половкович Святослав Володимирович

доктор хімічних наук, професор

Національний університет

«Львівська політехніка»

spolovkovych@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7143-6931

Дата надходження статті: 16.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 30.03.2026

Дата прийняття статті: 07.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

МЕДИЧНА ПСИХОЛОГІЯ

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2026-1-14>
 УДК 616.89:614:159.98

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО РЕЗИЛЬЄНТНОСТІ ЯК ІНТЕГРАТИВНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕНТАЛЬНОГО ЗДОРОВ'Я

Пономарьова Л. І., Євдокименко В. В., Цукор Н. Г.

SYSTEMIC ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO RESILIENCE AS AN INTEGRATIVE CHARACTERISTIC OF MENTAL HEALTH

Liliya Ponomaryova, Vladlena Yevdokymenko, Nataliia Tsukor

Анотація

Актуальність. Сучасні соціальні виклики, зокрема глобальні кризи, військові конфлікти та економічна нестабільність, актуалізують проблему збереження ментального здоров'я населення. У цьому контексті особливого значення набуває феномен резильєнтності як здатності особистості ефективно адаптуватися до стресових впливів та відновлюватися після них. **Мета дослідження.** Проведення комплексного аналізу сучасних підходів до резильєнтності, визначення її ролі у структурі ментального здоров'я. **Матеріали та методи.** У роботі використаний теоретичний аналіз наукових джерел, методи систематизації та узагальнення сучасних концепцій. Для оцінки впливу зовнішніх факторів проведено PESTLE-аналіз, для визначення сильних і слабких сторін сучасних підходів до резильєнтності, а також можливостей і загроз їх реалізації використовувався SWOT-аналіз. **Результати.** Встановлено, що сучасні підходи до розуміння резильєнтності еволюціонували від її трактування як стабільної особистісної риси до багаторівневого динамічного процесу, що формується у взаємодії біологічних, психологічних і соціальних чинників у межах біопсихосоціальної парадигми. Резильєнтність виконує системоутворювальну функцію, забезпечуючи взаємодію когнітивних, емоційних і соціальних компонентів, визначаючи здатність до адаптації й відновлення в умовах стресу, виступаючи інтегративною характеристикою ментального здоров'я. Інтеграція PESTLE-та SWOT-аналізу дозволила сформувати цілісну модель, що підтверджує залежність ефективності інтервенцій від урахування соціальних детермінант і умов макросередовища. Обґрунтовано необхідність впровадження комплексних, міждисциплінарних і стандартизованих підходів до розвитку резильєнтності в системі громадського здоров'я.

Ключові слова: резильєнтність, ментальне здоров'я, адаптація, інтегративний підхід, біопсихосоціальна модель, громадське здоров'я.

Abstract

Introduction. Contemporary social challenges, including global crises, armed conflicts, and economic instability, highlight the importance of preserving population mental health. In this context, the concept of resilience has gained particular significance as the ability of an individual to effectively adapt to stressors and recover from adverse experiences. **Objective.** To conduct a comprehensive analysis of modern approaches to resilience and determine its role within the structure of mental health. **Materials and methods.** The study employed a theoretical analysis of scientific sources, as well as methods of systematization and synthesis of contemporary concepts. A PESTLE analysis was conducted to assess the impact of external factors, while a SWOT analysis was used to identify the strengths and weaknesses of modern approaches to resilience, as well as opportunities and threats related to their implementation. **Results.** It was established that modern approaches to understanding resilience have evolved from viewing it as a stable personal trait to a multilevel dynamic process formed through the interaction of biological, psychological, and social factors within the biopsychosocial paradigm. Resilience performs a system-forming role by ensuring the interaction of cognitive, emotional, and social components, determining the capacity for adaptation and recovery in the face of stress, and acting as an integrative characteristic of mental health. The integration of PESTLE and SWOT analyses made it possible to develop a comprehensive model, confirming that the effectiveness of interventions depends on consideration of social determinants and macro-environmental determinants. The necessity of implementing comprehensive, interdisciplinary, and standardized approaches to resilience development within the public health system has been substantiated.

Key words: resilience, mental health, adaptation, integrative approach, biopsychosocial model, public health.



1. Вступ

У сучасних умовах глобальних трансформацій, соціально-економічної нестабільності, тривалих кризових ситуацій, воєнних конфліктів та пандемій, проблема збереження ментального здоров'я набуває особливої актуальності. Підвищений рівень стресу, невизначеність та вплив травматичних подій спричиняють зростання поширеності психічних і поведінкових розладів, що створює значне навантаження на систему охорони здоров'я. [3, 19, 23, 28]. Саме резильєнтність розглядається як один із ключових факторів, що забезпечує здатність особистості та спільноти протистояти несприятливим умовам, адаптуватися до них і відновлюватися після негативних впливів. [24, 26]. Сучасні наукові підходи трактують резильєнтність не як статичну рису, а як багатовимірний і динамічний процес, який формується в результаті взаємодії багатьох чинників, що підкреслює необхідність комплексного аналізу її детермінант [2, 12].

Існує потреба інтеграції різних теоретичних підходів до розуміння резильєнтності з урахуванням впливу макросередовища на формування адаптаційного потенціалу особистості та суспільства [18]. Тому є доцільним використання інструментів стратегічного аналізу, зокрема PESTLE- та SWOT-аналізу, які дозволяють поєднати оцінку зовнішніх детермінант із внутрішніми характеристиками сучасних підходів до розвитку резильєнтності.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю формування інтегративної аналітичної моделі, що поєднує різні рівні впливу на ментальне здоров'я та дозволяє комплексно оцінити роль резильєнтності як основного ресурсу індивідуальної та популяційної стійкості в умовах сучасних викликів.

2. Метою дослідження було проведення системного аналізу сучасних підходів до резильєнтності та визначення її ролі у структурі ментального здоров'я.

3. Матеріали та методи

Методологічну основу дослідження становили методи теоретичного аналізу наукових джерел, систематизації та узагальнення сучасних концепцій із метою виявлення та структурування основних наукових підходів до резильєнтності. Проведено порівняльний аналіз моделей резильєнтності з оцінкою їх наукової та практичної значущості у межах інтегративного підходу до ментального здоров'я. Для оцінки впливу зовнішніх

політичних, економічних, соціальних, технологічних, правових та екологічних факторів проведено PESTLE-аналіз. Для визначення сильних і слабких сторін сучасних підходів до формування резильєнтності, а також можливостей і загроз їх реалізації використовувався SWOT-аналіз. Метод узагальнення та синтезу застосований для формування інтегрованої аналітичної моделі PESTLE–SWOT аналізів.

4. Результати та обговорення

Аналіз досліджень показав, що поняття резильєнтності еволюціонувало від вузького розуміння індивідуальної стійкості до комплексного багаторівневого феномена, від трактування резильєнтності як стабільної риси до її розуміння як динамічного процесу адаптації. Встановлено, що сучасний етап характеризується інтеграцією різних наукових підходів і переходом до системного бачення резильєнтності [2, 24].

У межах трейтового підходу (**трейтова модель**) резильєнтність розглядається як відносно стабільна особистісна характеристика, що визначається такими рисами, як оптимізм, самоконтроль, емоційна стабільність та впевненість у власній ефективності. Основний акцент робиться на індивідуальних психологічних властивостях як детермінантах адаптації. Обмеженням цієї моделі є недостатнє врахування ролі соціального середовища та контекстуальних чинників, що впливають на прояви резильєнтності [15].

Процесуальний підхід (процесуальна модель) трактує резильєнтність як динамічний і багаторівневий процес взаємодії особистості з середовищем. Вона проявляється через послідовні етапи: оцінку стресової ситуації, вибір і застосування копінг-стратегій, адаптаційні зміни та відновлення функціонування. Підхід підкреслює її мінливість, розвиток упродовж життя та залежність від досвіду, соціальної підтримки й умов середовища [12].

Ресурсний підхід (ресурсна модель резильєнтності) фокусується на сукупності внутрішніх і зовнішніх ресурсів, які забезпечують здатність особистості ефективно справлятися зі стресом. До внутрішніх ресурсів відносять психологічні, когнітивні та фізіологічні характеристики, тоді як зовнішні ресурси включають соціальну підтримку, економічні умови та доступ до медичних і соціальних послуг. У цьому контексті резильєнтність визначається як здатність мобілізувати та оптимально використовувати наявні ресурси для подолання складних життєвих ситуацій [6, 25].

Екологічний підхід (екологічна модель) розглядає резильєнтність як результат взаємодії різних рівнів функціонування - від індивідуального до суспільного. Він підкреслює роль сім'ї, соціальних зв'язків, культурних норм і суспільних інституцій у формуванні адапційного потенціалу. У цій моделі резильєнтність має колективний вимір і розглядається як характеристика не лише індивіда, а й спільноти, що особливо важливо для досліджень у сфері громадського здоров'я [9, 18].

Інтегративний підхід (**біопсихосоціальна модель**) об'єднує основні положення попередніх підходів і розглядає резильєнтність як результат взаємодії біологічних, психологічних і соціальних чинників. Біологічні механізми включають нейрофізіологічні процеси адаптації, психологічні - когнітивні та емоційні процеси, а соціальні - вплив середовища та міжособистісних взаємодій. Такий підхід дозволяє найбільш повно відобразити складну природу резильєнтності та її роль у забезпеченні ментального здоров'я, оскільки враховує багатовимірність людського функціонування [4, 16].

Згідно сучасним науковим підходам, резильєнтність є інтегративним механізмом, що забезпечує взаємодію когнітивних, емоційних і соціальних компонентів ментального здоров'я та відображає її багатовимірний, мультидименсійний характер. Вона функціонує не ізольовано, а через складну систему взаємозв'язків між психічними процесами та соціальним контекстом [16, 21]. Когнітивний компонент визначає адаптивну інтерпретацію подій і впливає на емоційні реакції та поведінкові стратегії. Самоефективність і когнітивна гнучкість виступають медіаторами між стресом і психологічним благополуччям, забезпечуючи більш ефективне подолання труднощів [22].

Емоційний компонент тісно пов'язаний із когнітивним через механізми емоційної регуляції. Резильєнтність опосередковує взаємозв'язок між емоційним інтелектом і задоволеністю життям, знижуючи рівень сприйнятого стресу що свідчить про роль когнітивної обробки у стабілізації емоційного стану [20, 21].

Формування резильєнтності значною мірою зумовлюється впливом соціальних детермінант, зокрема рівнем освіти, соціально-економічним статусом, доступом до медичних і соціальних послуг, наявністю і якістю соціальної підтримки та культурним контекстом, який формує уявлення про стратегії подолання труднощів, норми поведінки та способи реагування на кризові ситуації [25,

27]. Зазначені чинники впливають не лише на індивідуальний рівень резильєнтності, але й визначають потенціал спільнот до адаптації та відновлення. Соціальний компонент виступає важливим зовнішнім ресурсом, який посилює дію когнітивних і емоційних механізмів. Соціальна підтримка та міжособистісні зв'язки не лише прямо впливають на психічне здоров'я, але й опосередковують зв'язок між резильєнтністю та рівнем тривоги, депресії та стресу, формуючи складні медіаційні моделі впливу на ментальне здоров'я та виступаючи взаємодоповнюючими факторами [10, 17]. На рівні спільнот інтеграція цих компонентів набуває мультисистемного характеру, охоплюючи індивідуальні, сімейні та суспільні рівні, де соціальні зв'язки, культурні ресурси та інституційна підтримка визначають ефективність адаптації [16]. В Україні це проявляється у феномені колективної резильєнтності, де соціальна згуртованість і спільні цінності сприяють подоланню кризових впливів війни [1, 5].

Резильєнтність є основним фактором збереження ментального здоров'я в умовах тривалого стресу, зокрема під час війни, знижуючи ризик розвитку психічних розладів і підтримуючи психологічне благополуччя. Вона визначає здатність особистості ефективно реагувати на стресові впливи, адаптуватися до змін і відновлюватися після кризових ситуацій [7, 19]. У межах інтегративного підходу резильєнтність розглядається як системоутворювальний механізм, що забезпечує узгоджену взаємодію компонентів ментального здоров'я, поєднуючи внутрішні ресурси з впливами зовнішнього середовища та сприяючи адаптивності й стабільності психічного функціонування [16, 18].

Розширення біопсихосоціального підходу можливе через застосування PESTLE-аналізу як інструменту оцінки макросередовища. Він дозволяє систематизувати зовнішні детермінанти формування резильєнтності як компонента ментального та громадського здоров'я, виходячи за межі індивідуального рівня, враховуючи вплив суспільних і глобальних процесів. Згідно з сучасними дослідженнями, резильєнтність формується у взаємодії індивіда з середовищем і значною мірою залежить від соціально-економічного контексту, політичної стабільності та доступності ресурсів підтримки [11, 16].

Політичні фактори (Political) визначають інституційні умови системи психічного здоров'я, включаючи доступність допомоги, пріоритетність відповідних програм і стабільність системи охорони здоров'я. В умовах

сучасних криз, зокрема воєнних конфліктів, державна політика є як фактором ризику, так і ресурсом формування індивідуальної та колективної резильєнтності [28].

Економічні детермінанти (Economic) відображають вплив матеріальних умов життя на психічне здоров'я та адаптаційні можливості населення. Економічна нестабільність, зниження рівня доходів, обмежене фінансування системи охорони здоров'я асоціюються зі зростанням психоемоційного навантаження, тривожних і депресивних розладів та зниженням резильєнтності. Водночас інвестиції у сферу ментального здоров'я сприяють покращенню як індивідуального, так і суспільного благополуччя [11].

Соціальні фактори (Social) є ключовими детермінантами формування резильєнтності, оскільки саме через соціальні зв'язки реалізуються механізми підтримки та адаптації. Рівень соціальної підтримки, соціальний капітал (довіра та взаємодія в громаді), культурні норми, освіта та ступінь стигматизації психічних розладів безпосередньо впливають на здатність до подолання стресових ситуацій і підтримання ментального благополуччя [27].

Технологічні чинники (Technological) відображають вплив цифровізації на доступність і якість психічної допомоги. Використання телемедицини, онлайн-платформ і мобільних застосунків розширює можливості отримання підтримки ментального здоров'я, сприяє персоналізації інтервенцій і знижує бар'єри звернення за допомогою. Водночас важливими залишаються проблеми цифрової нерівності, рівня цифрової грамотності та якості наданих послуг [14].

Правове регулювання (Legal) формує нормативно-інституційні умови функціонування системи психічного здоров'я, визначаючи стандарти надання допомоги, захист прав пацієнтів і механізми забезпечення конфіденційності. Ефективна правова база є важливою передумовою створення безпечного середовища, необхідного для підтримки психологічної стабільності [28].

Екологічні фактори (Environmental), включаючи вплив кліматичних змін, урбанізації та наслідків воєнних дій, формують додаткове психоемоційне навантаження та сприяють розвитку хронічного стресу. Це, у свою чергу, впливає на адаптаційні механізми та може знижувати рівень резильєнтності населення [13].

Таким чином, застосування PESTLE-аналізу доповнює сучасні психологічні моделі та дозволяє системно охарактеризувати зовнішні фактори, що впливають на формування резильєнтності. Отримані результати

підтверджують, що резильєнтність є багатовимірним феноменом, який формується внаслідок складної взаємодії індивідуальних ресурсів і макросоціальних детермінант, що визначають стан ментального та громадського здоров'я.

У межах дослідження проведено SWOT-аналіз, який дозволив системно оцінити внутрішні характеристики сучасних підходів до формування резильєнтності, визначити їх сильні та слабкі сторони, а також зовнішні можливості й загрози впровадження у практику.

Сильні сторони (Strengths) сучасних підходів полягають у їх інтегративності та науковій обґрунтованості. Резильєнтність розглядається як багатовимірний феномен, що формується в межах біопсихосоціальної моделі, яка поєднує психологічні, соціальні та біологічні чинники [4, 16]. Важливою перевагою є наявність доказової бази ефективності основних інтервенцій, зокрема когнітивно-поведінкових підходів і практик усвідомленості [12]. Крім того, ці підходи характеризуються мультидисциплінарністю, що забезпечує комплексний вплив на різні аспекти ментального здоров'я та можливість їх адаптації до різних цільових груп населення [25].

Водночас слабкі сторони (Weaknesses) пов'язані з низкою концептуальних і практичних обмежень. Зокрема, відсутність уніфікованого визначення резильєнтності ускладнює стандартизацію досліджень і порівняння результатів, а значна варіативність методів її оцінки знижує валідність отриманих даних. Додатковою проблемою є нерівномірний доступ до психосоціальних інтервенцій, особливо в умовах обмежених ресурсів або кризових ситуацій [28]. Також слід відзначити недостатню інтеграцію програм розвитку резильєнтності у первинну ланку медичної допомоги та залежність ефективності втручань від рівня підготовки фахівців [7, 8].

Можливості (Opportunities) сучасного розвитку підходів до резильєнтності пов'язані з глобальними тенденціями у сфері ментального здоров'я. Передусім це стрімкий розвиток цифрових технологій, що відкриває перспективи для впровадження онлайн-інтервенцій, мобільних застосунків і дистанційної психотерапії. Зростання суспільної уваги до психічного здоров'я сприяє зниженню стигматизації та підвищенню рівня звернень за допомогою. Важливим чинником є також інтеграція резильєнтності в системи громадського здоров'я та освітні програми, а також розширення міжнародної підтримки та фінансування відповідних ініціатив [8].

Разом із тим, існують суттєві загрози (Threats), які можуть обмежувати ефективність сучасних підходів. До них належать воєнні конфлікти, соціально-економічна нестабільність та зростання рівня хронічного стресу в суспільстві [7, 19]. Значним бар'єром залишається стигматизація психічних розладів, що знижує готовність населення звертатися по допомогу. Крім того, перевантаження системи охорони здоров'я та дефіцит кваліфікованих кадрів можуть обмежувати доступність інтервенцій. У цифровому середовищі додатковими ризиками виступають інформаційне перевантаження та нерівний доступ до технологій.

Таким чином, результати SWOT-аналізу свідчать, що сучасні підходи до формування резильєнтності мають значний потенціал,

однак їх ефективна реалізація потребує подолання системних обмежень і врахування зовнішніх викликів. Комплексний характер виявлених факторів підтверджує необхідність подальшого розвитку інтегративних моделей у сфері ментального здоров'я.

Інтеграція PESTLE- та SWOT-аналізу дозволяє сформувати цілісну аналітичну модель, що поєднує оцінку зовнішнього середовища з внутрішніми характеристиками підходів до формування резильєнтності, забезпечує системний аналіз чинників впливу на ментальне здоров'я, визначає напрями стратегічного планування в системі громадського здоров'я (табл. 1).

Синтез результатів обох методів показав, що політичні та економічні фактори

Таблиця 1

Інтегрована PESTLE–SWOT модель оцінки детермінант резильєнтності

PESTLE-фактор	Strengths (S) Сильні сторони	Weaknesses (W) Слабкі сторони	Opportunities (O) Можливості	Threats (T) Загрози
Political (P) Політичні	Державні програми підтримки ментального здоров'я, його інтеграція у національні стратегії; міжнародна співпраця	Недостатня реалізація політик; фрагментарність програм; низька міжсекторальна координація	Реформи системи охорони психічного здоров'я; розвиток МНПСС-програм; посилення державної уваги до резильєнтності	Воєнні дії; політична нестабільність; зміна пріоритетів державної політики
Economic (E) Економічні	Інвестиції у сферу психічного здоров'я; економічна ефективність профілактичних програм; підтримка донорів	Обмежене фінансування; нерівний розподіл ресурсів; висока вартість психотерапії	Міжнародні гранти; розвиток страхових моделей; інтеграція психічного здоров'я в первинну допомогу	Бідність; економічні кризи; безробіття; зниження доступності послуг
Social (S) Соціальні	Соціальна підтримка; розвиток громад; підвищення ролі сім'ї; зростання уваги до ментального здоров'я	Стигматизація; низька психологічна грамотність; соціальна нерівність; бар'єри звернення	Освітні програми; антистигматизаційні кампанії; розвиток community-based підходів; зростання обізнаності населення	Соціальна ізоляція; травматизація населення; зростання тривожності та депресії
Technological (T) Технологічні	Цифрові інтервенції; телемедицина; доступність онлайн-ресурсів; швидке поширення інформації	Цифрова нерівність; відсутність регуляції якості; низька цифрова грамотність частини населення	Штучний інтелект; розвиток e-mental health платформ; персоналізовані інтервенції; масштабування допомоги	Інфодемія; кіберризики; залежність від технологій; поширення недостовірної інформації
Legal (L) Правові	Захист прав пацієнтів; розвиток нормативної бази; міжнародні стандарти; регулювання конфіденційності	Недосконалість законодавства; слабкий контроль якості послуг; правові прогалини у цифровій сфері	Гармонізація з міжнародними стандартами; розвиток правових механізмів захисту	Порушення прав пацієнтів; дискримінація; недостатній захист персональних даних
Environmental (E) Екологічні	Адаптаційні механізми; розвиток кризової психології; досвід реагування на надзвичайні ситуації	Хронічний стрес; несприятливі умови життя; високе психоемоційне навантаження	Розвиток кризових інтервенцій; програми підтримки в умовах катастроф	Природні катастрофи; війна; кліматичні зміни; тривалі стресові впливи

безпосередньо впливають на реалізацію сильних і слабких сторін системи; соціальні фактори визначають ефективність інтервенцій; технологічні інновації здатні компенсувати частину слабких сторін, зокрема нерівний доступ до допомоги; водночас зовнішні загрози можуть нівелювати потенційні переваги сучасних підходів за відсутності системних реформ.

Отже, формування резильєнтності потребує комплексного, міждисциплінарного підходу, що поєднує індивідуальні, соціальні та інституційні рівні впливу. Перспективним є розробка стандартизованих моделей оцінки резильєнтності та інтеграція відповідних інтервенцій у систему громадського здоров'я з урахуванням сучасних глобальних викликів.

5. Висновки

1. Встановлено, що сучасні підходи до розуміння резильєнтності еволюціонували від її трактування як стабільної особистісної риси до багаторівневого динамічного процесу, що формується у взаємодії біологічних, психологічних і соціальних чинників у межах біопсихосоціальної парадигми. Резильєнтність виконує системоутворювальну функцію, забезпечуючи взаємодію когнітивних, емоційних і соціальних компонентів, визначаючи здатність до адаптації й відновлення в умовах стресу, що підкреслює її інтегративний характер у структурі ментального здоров'я.

2. Інтеграція PESTLE- та SWOT-аналізу дозволила сформувати цілісну аналітичну модель, що відображає взаємозв'язок між зовнішніми умовами та внутрішніми характеристиками підходів до формування резильєнтності. Доведено, що ефективність інтервенцій що ефективність інтервенцій залежить від їх адаптації до макросередовища та врахування соціальних детермінант ментального здоров'я. Формування резильєнтності потребує комплексного, міждисциплінарного

підходу, що поєднує індивідуальні, соціальні та інституційні рівні впливу.

3. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка стандартизованих моделей оцінки резильєнтності та інтеграція відповідних інтервенцій у систему громадського здоров'я з урахуванням сучасних глобальних викликів.

Конфлікт інтересів

Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Рукопис не має пов'язаних даних.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи.

Внесок авторів

Пономарьова Л.І. – формування ідеї та цілей дослідження, розробка методології та дизайну дослідження, аналіз та інтерпретація даних, написання первинного тексту статті, наукове керівництво та контроль виконання роботи, редагування та доопрацювання рукопису;

Євдокименко В.В. – формування ідеї та цілей дослідження, збір даних, надання матеріалів, аналіз та інтерпретація даних, написання первинного тексту статті;

Цукор Н.Г. – збір даних, аналіз та інтерпретація даних, написання первинного тексту статті, створення таблиць.

REFERENCES

1. Zlobina, O. (2024). Dynamika sotsialno-psykholohichnoi rezylientnosti naselennia Ukrainy pid chas viiny [Dynamics of socio-psychological resilience of the population of Ukraine during the war]. *Demography and Social Economy*, 4(58), 148–164. <https://doi.org/10.15407/dse2024.04.148>
2. Kredentser, O. (2024). Osnovni pidkhody do analizu poniattia «rezylientnist» v suchasnii orhanizatsiinii psykholohii [Main approaches to the analysis of the concept of resilience in modern organizational psychology]. *Organizational Psychology. Economic Psychology*, 3–4(33), 124–136. <https://doi.org/10.31108/2.2024.3.33.11>
3. Osmanova, A. M. (2026). Rol rezylientnosti v zapobihanni eskalatsii konfliktiv v umovakh sotsialnoi nestabilnosti [The role of resilience in preventing conflict escalation under conditions of social instability]. *Mental Health*, 1, 163–167. <https://doi.org/10.32782/3041-2005/2026-1.26>
4. Priba, H. A., & Beheza, L. Ye. (Eds.). (2025). Psykhichne zdorovia ta rezylientnist osobystosti [Mental health and individual resilience]. *Akademiia pratsi, sotsialnykh vidnosyn i turyzmu*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14765840>
5. Chystovska, Yu. Yu., & Kulish, O. V. (Eds.). (2024). Psykholohichna rezylientnist osobystosti v umovakh viiny [Psychological resilience of personality under conditions of war]. Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi.

6. Savina, M. V., Vasylovskyi, O. T., & Pukasiuk, R. V. (2026). Psykholohichni resursy rezyliantnosti veteraniv ta chleniv yikhnikh rodyn: Resursotsentrychnyi pidkhid [Psychological resilience resources of veterans and their family members: A resource-centered approach]. *Psychiatry, Neurology and Medical Psychology*, 13(1), 170–184. <https://doi.org/10.26565/2312-5675-2026-33-11>
7. Chaban, O. S., & Khaustova, O. O. (2022). Medyko-psykholohichni naslidky dystresu viiny v Ukraini: Shcho my ochikuemo ta shcho potribno vrakhovuvaty pry nadanni medychnoi dopomohy? [Medical and psychological consequences of war-related distress in Ukraine: What do we expect and what should be considered in providing medical care?]. *Ukrainian Medical Journal*, 4(150), 1–11. <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.150.232297>
8. Chorna, V. V. (2024). Zberezhennia ta zmitsnennia psykhichnoho zdorovia – peredumova staloho hromadskoho zdorovia suspilstva [Preservation and strengthening of mental health as a prerequisite for sustainable public health of society]. Nilan-LTD.
9. Chernobrovkina, V. A., & Chernobrovkin, V. M. (2020). Fenomen rezyliens u konteksti sotsioekolohichnoho pidkhodu i dyskursu [The phenomenon of resilience in the context of socio-ecological approach and discourse]. *Psychology and Psychosocial Interventions*, 3, 59–67. <https://doi.org/10.18523/2617-2348.2020.3.59-66>
10. Aivalioti, I., & Pezirkianidis, C. (2020). The role of family resilience on parental well-being and resilience levels. *Psychology*, 11, 1705–1728. <https://doi.org/10.4236/psych.2020.1111108>
11. Barrett, A. M., Hogreve, J., & Brügger, E. C. (2021). Coping with governmental restrictions: The relationship between stay-at-home orders, resilience, and functional, social, mental, physical, and financial well-being. *Frontiers in Psychology*, 11, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.577972>
12. Bonanno, G. A., Chen, S., & Galatzer-Levy, I. R. (2023). Resilience to potential trauma and adversity through regulatory flexibility. *Nature Reviews Psychology*, 2(11), 663–675. <https://doi.org/10.1038/s44159-023-00233-5>
13. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023 synthesis report. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
14. Fattahipour, R., Sharififar, S., Teymouri, F., et al. (2025). Mental health promotion in disasters: Exploring the synergy of artificial intelligence, spirituality, and psychology: A SWOT analysis. *Discover Psychology*, 5, Article 41. <https://doi.org/10.1007/s44202-025-00371-2>
15. Fisher, J., & Jones, E. (2024). The problem with resilience. *International Journal of Mental Health Nursing*, 33(1), 185–188. <https://doi.org/10.1111/inm.13220>
16. Heinz, S. S., O'Brien, A. J., Walker, C., et al. (2025). Mediating pathways between resilience, mental health and wellbeing: A scoping review of individual, social, and systemic factors. *BMC Public Health*, 25, Article 3758. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-24897-1>
17. Kalaitzaki, A., Tsouvelas, G., & Koukouli, S. (2021). Social capital, social support and perceived stress in college students: The role of resilience and life satisfaction. *Stress and Health*, 37(3), 454–465. <https://doi.org/10.1002/smi.3008>
18. Krieger, N. (2021). Ecosocial theory, embodied truths, and the people's health. In *Ecosocial theory, embodied truths, and the people's health* (pp. 129–176). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197510728.003.0003>
19. Martsenkovskyi, D., Shevlin, M., Ben-Ezra, M., et al. (2024). Mental health in Ukraine in 2023. *European Psychiatry*, 67(1), e27, 1–8. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.12>
20. Elliott, M. V., Sheri, L., et al. (2023). Emotion-related impulsivity and risky decision-making: A systematic review and meta-regression. *Clinical Psychology Review*, 100, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2022.102232>
21. Park, C. L., Kubzansky, L. D., Chafouleas, S. M., et al. (2023). Emotional well-being: What it is and why it matters. *Affective Science*, 4(1), 10–20. <https://doi.org/10.1007/s42761-022-00163-0>
22. Rohner, S. L., Bernays, F., Maercker, A., & Thoma, M. V. (2023). Early-life adversity and later-life mental health: A conditional process analysis of sense of coherence and resilience-related resources. *Frontiers in Child and Adolescent Psychiatry*, 2, Article 1213142. <https://doi.org/10.3389/frcha.2023.1213142>
23. Salminen, S., Perttula, P., & Puro, V. (2020). Psychological resilience and occupational injuries. *Psychology*, 11, 461–466. <https://doi.org/10.4236/psych.2020.113031>
24. Song, S., Yang, X., Yang, H., et al. (2021). Psychological resilience as a protective factor for depression and anxiety among the public during the outbreak of COVID-19. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 618509. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.618509>
25. Tseliou, F., & Ashfield-Watt, P. (2022). The association between resilience resources, contextual factors and mental health status: A national population-based study. *BMC Public Health*, 22(1), Article 602. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13013-2>
26. Walker, B. (2020). Resilience: What it is and is not. *Ecology and Society*, 25(2), Article 11. <https://doi.org/10.5751/ES-11647-250211>
27. Wickramaratne, P. J., Yangchen, T., Lepow, L., Patra, B. G., et al. (2022). Social connectedness as a determinant of mental health: A scoping review. *PLoS ONE*, 17(10), e0275004. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275004>

28. World Health Organization. (2022). World mental health report: Transforming mental health for all. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/375820>

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Англ.

Liliya Ponomaryova

PhD, Senior Researcher, Associate Professor at the Department of Hygiene and Social Medicine
V. N. Karazin Kharkiv National University
liponomaryova@karazin.ua
ORCID: 0000-0002-2300-0922

Vladlena Yevdokymenko

Practical Psychologist
Dnipropetrovsk Center for Vocational and Technical Education of the State Employment Service
vvlada720@gmail.com
ORCID: 0009-0001-9676-7809

Nataliia Tsukor

Assistant of department of hygiene and social medicine
V. N. Karazin Kharkiv National University
nataliia.tsukor@karazin.ua
ORCID: 0009-0005-1529-793X

Укр.

Пономарьова Лілія Іванівна

кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, доцент закладу вищої освіти кафедри гігієни та соціальної медицини
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
liponomaryova@karazin.ua
ORCID: 0000-0002-2300-0922

Євдокименко Владлена В'ячеславівна

практичний психолог
Дніпропетровський центр професійно-технічної освіти Державної служби зайнятості,
vvlada720@gmail.com
ORCID: 0009-0001-9676-7809

Цукор Наталія Григорівна

асистент кафедри гігієни та соціальної медицини
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
nataliia.tsukor@karazin.ua
ORCID: 0009-0005-1529-793X

Дата надходження статті: 22.03.2026

Дата надходження виправленої версії статті: 10.04.2026

Дата прийняття статті: 17.04.2026

Дата публікації статті: 05.06.2026

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**СУЧАСНА МЕДИЦИНА,
ФАРМАЦІЯ ТА ПСИХОЛОГІЧНЕ ЗДОРОВ'Я**

**MODERN MEDICINE, PHARMACY
AND PSYCHOLOGICAL HEALTH**

**ВИПУСК 1 (23)
ISSUE 1 (23)**

2026

Коректура
Ірина Чудеснова

Комп'ютерна верстка
Вікторія Гайдабрус

Дата розміщення онлайн: 05.06.2026. Дата друку: 12.06.2026.
Формат 60x84/8. Папір офсет. Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 13,02.
Замов. № 0526/570. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.